



УДК 664.951: 597.554.3

Технология переработки водных биоресурсов

Пищевая и биологическая ценность продукции из воблы

М.В. Сытова, Н.Ю. Терпугова

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187
E-mail: m_sitova@vniro.ru

SPIN-код: М.В. Сытова – 1439-0116; Н.Ю. Терпугова – 5485-9250

Цель работы: оценка показателей качества продукции из воблы (*Rutilus rutilus caspicus*) для установления пищевой и биологической ценности.

Используемые методы: аналитические методы исследования в области обеспечения качества, пищевой и биологической ценности продукции из гидробионтов в международных и российских базах данных. Физико-химические исследования проведены по стандартным методикам. Для определения биохимических показателей продукции из воблы использованы инструментальные методы исследований, в том числе масс-спектрометрия, газовая хроматография и др.

Новизна: определены современные биохимические показатели продукции из воблы, характеризующие её биологическую ценность и полезность.

Результаты: определён ассортимент выпускаемой продукции из воблы в многолетнем аспекте. Проведена оценка литературных данных и результатов собственных исследований по элементному составу мышечной ткани свежей и вяленой воблы. Проведены исследования, в которых представлены результаты по аминокислотному и жирнокислотному составу мышечной ткани свежей и вяленой воблы.

Практическая значимость: сбор актуальных данных о качестве продукции из воблы имеет важное значение для оценки её пищевой и биологической ценности, несмотря на введённый мораторий на добычу воблы в Волго-Каспийском регионе для восстановления её запасов. Результаты проведённых исследований станут основой для последующего мониторинга физиолого-биохимического состояния воблы и оценки пищевой ценности продукции из неё.

Ключевые слова: вобла *Rutilus rutilus caspicus*, продукция, пищевая ценность, биологическая ценность, аминокислотный и жирнокислотный составы, микро- и макроэлементы.

Food and biological value of products from Caspian roach

Marina V. Sytova, Nadezhda Yu. Terpugova

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), 19, Okružhnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

The purpose of the work: assessment of the quality indicators of roach (*Rutilus rutilus caspicus*) to determine its nutritional and biological value.

Methods used: analytical research methods in the field of ensuring the quality, nutritional and biological value of products from hydrobionts in international and Russian databases. Physical and chemical research was conducted using standard methods. Instrumental research methods, including mass spectrometry, gas chromatography, and others, were used to determine the biochemical parameters of Caspian roach products.

Novelty: modern biochemical indicators of Caspian roach products have been determined, which characterize their biological value and usefulness.

Practical significance: collecting up-to-date data on the quality of Caspian roach products is essential for assessing their nutritional and biological value, despite the moratorium on Caspian roach harvesting in the Volga-Caspian region to restore its stocks. The results of these studies will form the basis for subsequent monitoring of the physiological and biochemical state of Caspian roach and assessing the nutritional value of Caspian roach products.

Keywords: Caspian roach *Rutilus rutilus caspicus*, products, nutritional value, biological value, amino acid and fatty acid compositions, micro- and macroelements.

ВВЕДЕНИЕ

Продукция из водных биологических ресурсов играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности страны. Она становится всё более популярной в стране, растёт уровень её потребления среди различных слоёв населения, что обусловлено не только пищевой и биологической ценностью, особенностями химического состава, но и уникальностью органолептических свойств [Ким и др., 2019; Сытова, 2019].

Основными компонентами пищевых рыбных продуктов, которые оказывают пользу для организма человека при употреблении в рекомендуемых количествах, согласно установленной суточной потребности, являются белки, жиры, углеводы, а также биологически значимые вещества, такие как витамины, макро- и микроэлементы, ряд других соединений.

Волго-Каспийский регион всегда славился изобилием своих ресурсов – осетровыми видами рыб, сельдями, килькой, воблой, которые являлись основой национального питания.

Вобла (*Rutilus rutilus caspicus* (Jakowlew, 1870)) – эндемик Каспийского моря обитает преимущественно в мелководной прибрежной зоне и почти по всей акватории Северного Каспия, а также в низовьях впадающих в него рек. Основной промысел каспийской воблы осуществляют в дельте Волги (Астраханская область), в основном в весенний период [Иванов и др., 2023; Терпугова, Сытова, 2024].

Запасы воблы за последние несколько десятилетий резко снизились, современное состояние можно охарактеризовать как крайне негативное, что связано с регулированием Волги и изменениями её водности, чрезмерной нагрузкой браконьерского и любительского промысла. В 2024–2025 гг. были введены законодательные ограничительные меры на добычу воблы для восстановления популяции [Барабанов и др., 2022; Иванов и др., 2023; Сытова и др., 2025]. Ранее, в целях сохранения запасов воблы, правилами рыболовства для Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна был ограничен минимальный промысловый размер длины рыбы – 17 см, менее которого добыча (вылов) запрещена¹.

Из воблы в соответствии с современными стандартами и техническими условиями, вплоть до 2025 г. до введения запрета на промысел, изготавливали различные виды продукции в промышленных условиях,

а также вели переработку для личных нужд кустарным способом [Терпугова, Сытова, 2024]:

- охлаждённая;
- мороженая (неразделанная, потрошёная с головой, потрошёная обезглавленная, тушка);
- солёная (малосолёная, слабосолёная, среднесолёная, крепкосолёная; неразделанная и различных видов разделки);
- вяленая (1 и 2 сорта; всех видов разделки; с использованием и без использования стабилизирующих и вкусо-ароматических ингредиентов; в вакуумной упаковке; со специями и пряностями – ароматная, острая);
- сушено-вяленая (неразделанная, филе);
- сушёная и солёно-сушёная (в том числе в пряностях);
- холодного копчения;
- горячего копчения;
- подкопчёная, копчёно-вяленая, копчёно-про-весная, сушено-копчёная.

Также изготавливалась продукция из икры воблы: икра пробойная солёная (так называемая «тарاما»), икра ястычная (в том числе с пряностями и ароматизированная), икра вяленая [Сборник технологических..., 1991; Терпугова, Сытова, 2024]. Вытяжка из икры воблы использовалась в косметической промышленности для изготовления антивозрастных кремов и укрепляющих средств для волос².

В последние годы большим спросом у населения пользовалась вяленая, сушёная, сушено-копчёная и копчёная продукция из воблы в виде снеков (сломки, палочек, ломтиков, брусочков, кусочков, филе, чипсов, стружки, хвороста и других видов мелкой разделки (в вакууме и без вакуума)).

При оценке потребительских свойств продукции осуществляют исследования органолептических, физико-химических, биохимических и микробиологических показателей, устанавливают их абсолютные количественные значения и интервалы, а также их изменения, обусловленные природными свойствами сырья и влиянием технологических процессов при переработке. Определение физико-химических и биохимических показателей пищевой продукции (содержание влаги, жира, белка, аминокислотный и жирнокислотный составы и др.) является важнейшим аспектом изучения биологических и пищевых свойств для оценки качества сырья и пищевой пригодности для последующей переработки.

По литературным источникам вобла является источником белков, незаменимых аминокислот, по-

¹ Приказ Минсельхоза России от 13.10.2022 г. №695 (ред. от 26.04.2023) «Об утверждении правил рыболовства для Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна». <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202211290035>

² <https://m.dom-eda.com/ingredient/item/vobla.html> 15.10.2025.

линенасыщенных жирных кислот, микро- и макроэлементов (фтора, фосфора, серы, хлора, калия, натрия, хрома, кальция, магния, никеля, молибдена, железа), витаминов (рибофлавина, тиамина, ниацина, никотиновой кислоты, аскорбиновой кислоты, ретинола).

При этом необходимо отметить, что сведения по биологически активным компонентам, определяющим пищевую и биологическую ценность продукции из воблы, освещены в научных источниках крайне недостаточно и носят крайне фрагментарный характер, что обуславливает актуальность настоящего исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Образцами для исследований была вобла-сырец, выловленная в рамках экспедиционных работ и при научном лове в р. Волга и Каспийском море в 2017-2024 гг., а также вобла вяленая неразделанная, упакованная под вакуумом, промышленного изготовления, приобретённая в торговой сети в 2023-2025 гг. Кроме того, в сентябре 2024 г. в рамках научного лова была изъята для дополнительных исследований вобла возраста 2+ – 3+. Для проведения исследований образцы были заморожены в морозильной камере для обеспечения сохранности и хранились при температуре минус 18 °С до момента проведения испытаний.

Оценка органолептических показателей осуществлялась: воблы свежей на соответствие требованиям ГОСТ 814-2019³ и ГОСТ 1551-93⁴.

Отбор и подготовку проб к анализам осуществляли по стандартным методикам, определение физико-химических показателей и пищевой ценности проводили в соответствии с общепринятыми методиками по ГОСТ 7636-85⁵ и ГОСТ 31339-2006⁶.

Аминокислотный состав белков определяли с помощью автоматического аминокислотного анализатора Aracus (membraPure, Германия) методом пост-колоночной дериватизации с нингидрином с фотометрическим детектированием на 440 нм и 570 нм. Аминокислотный скор рассчитывали по стандартной методике в сравнении с содержанием аминокислот в эталонном белке, утверждённым FAO/ВОЗ [Dietary protein quality ..., 2013].

Для определения жирнокислотного состава липидов в образцах предварительно экстрагировали жир хлороформом, после чего подвергали его прямому метилированию с использованием раствора гидроксида калия в метаноле в соответствии

с ГОСТ 31665-2012⁷. Полученные метиловые эфиры жирных кислот анализировали на хроматографе «Кристалл 5000.2» («Хроматэк») по ГОСТ 31663-2012⁸ на капиллярной колонке CR-FAME 100 м × 0,25 мм × 0,2 мкм («Хроматэк»). Идентификацию проводили сравнением со стандартной смесью (Supelco 37 component FAME MIX). При обработке результатов измерений использовали метод внутренней нормализации.

Определение холестерина осуществляли с использованием газового хроматографа 7890A (Agilent Technologies, USA) с пламенно-ионизационным и масс-спектрометрическим детектором 7000B (Agilent Technologies, USA) в ФИЦ питания и биотехнологий.

Элементный состав определяли на анализаторе PlasmaMS 300 (Производитель NCS Testing Technology Co., Ltd, Китай) АНО «ЦБМ» методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргонной плазмой.

Энергетическую ценность рассчитывали по стандартным методикам с использованием коэффициентов Рубнера с учётом усвоения питательных веществ [Мезенова, Мезенова, 2021; Битютская, Лавриненко, 2024].

При проведении исследований также были использованы аналитический метод систематизации научной информации, требования законодательных актов Российской Федерации, документы по стандартизации различных уровней, нормативные и технические документы.

Статистический анализ проводили с использованием программного обеспечения StatSoft Statistica 10. Применяли однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) для сравнения средних значений между тремя и более группами. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ физико-химических показателей воблы свежей и вяленой

Выход съедобной части воблы в среднем от товарной массы составляет: для свежей, охлаждённой, мороженой – 58%, для вяленой – 50% [Химический состав ..., 2002], что подтверждается результатами настоящих исследований. Для свежей воблы выход съедобной части составил 47,6-50,4% (без учёта массы икры и молока), вяленой воблы – 47,7-49,4%. Выход икры для свежей воблы составил 13,5-20,1% в весен-

³ https://rosgosts.ru/file/gost/67/120/gost_814-2019.pdf

⁴ https://rosgosts.ru/file/gost/67/120/gost_1551-93.pdf

⁵ https://rosgosts.ru/file/gost/67/120/gost_7636-85.pdf

⁶ https://rosgosts.ru/file/gost/67/120/gost_31339-2006.pdf

⁷ https://rosgosts.ru/file/gost/67/200/gost_31665-2012.pdf

⁸ https://rosgosts.ru/file/gost/67/200/gost_31663-2012.pdf

ний период и 6,1-8,3% в осенний период лова, выход молок в среднем – 1,2-1,8%.

Содержание белков, жиров и влаги в мышечной ткани биологического объекта варьирует в зависимости от разных условий: периода вылова, стадии зрелости, условий обитания, видовой принадлежности и др.

Результаты сравнительного анализа современных данных по химическому составу мышечной ткани и различных частей тела свежей воблы при сопоставлении с данными 1927-1939 гг., 1970-1990 гг. и 2020-2024 гг. представлены в табл. 1.

Сравнительный анализ показал следующее. Мышечная ткань свежей воблы характеризуется высоким содержанием влаги (около 75-78%, особи воблы возраста 2+-3+ – около 80%), что свойственно для большинства пресноводных рыб.

Содержание белка свежей воблы, являющегося основным показателем, по которому оценивается пищевая ценность, варьирует в пределах 15-18%, у воблы возраста 2+ – 3+ содержание белка составляет около 19%. Необходимо отметить, что содержание белка в мышечной ткани воблы в весенний период выше, чем в особях, вылавливаемых в осенний период (табл. 1).

Содержание жиров в мышечной ткани воблы составляет от 1 до 6% в зависимости от периода вылова и возраста. Осенью рыба содержит большее количество жиров, чем в весенний период. В мышечной ткани воблы возраста 2+ – 3+ – содержание жира составило 0,6%.

Икра воблы представляет собой ценный продукт и превосходит мясо по своей пищевой ценности. Так, содержание белка в икре, согласно публикациям, составляет 22-28%, жира – более 5%. Белок содержит полный набор незаменимых и заменимых аминокислот. Жиры икры воблы богаты биологически активными жирными кислотами, жирорастворимыми витаминами A, D, E, F. Кроме того, в икре воблы отмечается высокое содержание кальция, серы, фосфора и других микро- и макроэлементов [Справочник по химическому ..., 1999; Ахмерова и др., 2012; Информационные сведения ..., 2013].

Требования на воблу вяленую и сушено-вяленую установлены ГОСТ 1551-93¹⁰ и ГОСТ 33803-2016⁹. Разница этих видов продукции заключается в требованиях по содержанию массовой доли влаги (для вяленой – не более 45%, для сушено-вяленой – 20-30%) и массовой доли поваренной соли (для вяле-

Таблица 1. Химический состав частей тела свежей воблы, %
Table 1. Chemical composition of fresh Caspian roach body parts, %

Объект исследования	Влага			Жир			Белок			Зола		
	1927-1939 ¹	1999-2003 ²	2020-2024	1927-1939 ¹	1999-2003 ²	2020-2024	1927-1939 ¹	1999-2003 ²	2020-2024	1927-1939 ¹	1999-2003 ²	2020-2024
Целая рыба	75,7	72,4	77,6-78,9	0,97-5,88	5,0	1,9-2,8	17,2-18,0	18,2-18,4	18,0-19,0	1,53-1,92	1,2-3,5	1,0-1,5
Мясо			74,0-78,9		2,4-2,5	1,0-4,0			17,6-18,4			0,9-1,0
		77,9	весна		весна	весна		18,4	весна		1,4	весна
			77,7-78,5		5,0-5,1	5,9-6,0			14,7-15,2			0,9-1,0
			осень		осень	осень			осень			осень
Икра		66,1	67,5-70,6		2,9	4,2-4,6		25,5	24,6-25,1		1,4	1,4-1,5
Молоки		77,6			7,3			13,8			1,8	
Внутренности (без гонад и печени)		68,6			15,3			13,9			1,9	
Печень		72,5			2,6			21,9			1,6	
Голова		68,6			7,1			15,7			8,1	
Кости и плавники		66,7			6,0			18,8			8,6	
Кожа		65,1			9,8			27,8			1,3	
Чешуя		51,4			0,3			30,2			18,7	
Плавательный пузырь		66,5			5,7			27,8			1,3	

Примечания: 1 – Дементьева Т.Ф. [1939]; Елисеев Д.С. [1934]; 2 – Справочник по химическому составу и технологическим свойствам рыб внутренних водоемов [1999]; Информационные сведения о пищевой ценности ... [2003, 2013].

⁹ https://rosgos.ru/file/gost/67/120/gost_33803-2016.pdf

ной – от 6 до 15%, для сушёно-вяленой – 6-13%). Необходимо отметить, что ряд предприятий изготавливал продукцию из воблы по разработанным техническим условиям, устанавливая при этом требования по показателям качества и безопасности, которые могли несколько отличаться от требований государственных стандартов.

Результаты проведённых исследований физико-химического состава вяленой воблы представлены в табл. 2.

кроэлементами, многие из которых являются эссенциальными (железо, йод, медь, цинк, кобальт, хром, молибден, марганец и др.). По данным И.Я. Клейменова [1971] в весенней вобле калия, кальция и магния несколько больше (на 15,8%, 8,0% и 2,9% соответственно), чем в рыбе, выловленной в осенний период, а железа и фосфора, наоборот, в осенней вобле несколько больше, чем весной (на 10,3% и 1,2% соответственно). Сообщается, что в 100 г вяленой воблы содержится 1/3 дневной нормы потребности в железе и никоти-

Таблица 2. Данные физико-химических исследований вяленой воблы
Table 2. Data from physical and chemical studies of dried Caspian roach

Параметры	Норма	Результаты
Массовая доля влаги, %	не более 45	43,2±1,11
Массовая доля жира, %	не нормируется	6,5±0,13
Массовая доля белка, %	не нормируется	38,5±0,42
Массовая доля углеводов, %	не нормируется	0
Содержание золы, г/100г продукта	-	9,73±0,04
Массовая доля поваренной соли, %	от 6 до 15	8,7±1,23

Органолептическая оценка исследуемых образцов свежей воблы показала их соответствие нормативным требованиям, отклонений и порочащих признаков отмечено не было.

Исследуемые образцы вяленой воблы по органолептическим и физико-химическим показателям соответствовали требованиям ГОСТ 1551-93¹⁰. Отмечена положительная органолептическая оценка вяленой воблы по внешнему виду, цвету, консистенции, вкусу и запаху.

Анализ содержания микро- и макроэлементов, витаминов и иных биохимических показателей в вобле и продукции из неё

Информация по макро- и микроэлементам, витаминам в свежей и вяленой вобле носит исключительно фрагментарный характер.

Как свежая, так и вяленая вобла содержит ряд важных для организма человека витаминов, микро- и макроэлементов. Также для сведения представлена информация по их содержанию в вобле холодного копчения (табл. 3) [Химический состав ..., 2002; Клейменов, 1971; Информационные сведения о пищевой ..., 2003; Химический состав пищевых..., 2002; Ким и др., 2020; Чаплыгин, 2019, Вобла,^{10,11}].

Согласно литературным данным (табл. 3), вобла в свежем и переработанном виде богата макро- и ми-

новой кислоте, участвующих в процессе кроветворения [МЗР¹²; Клейменов, 1971]. При этом следует указать, что употребление вяленой и сушёной продукции из воблы должно быть ограничено из-за значительного содержания в ней соли, что требует осторожности для людей, страдающих гипертонией, заболеваниями сердечно-сосудистой системы и почек¹³.

Надо отметить, что в табл. 3 для сравнения приведены данные по публикациям более чем 20-летней давности, современные данные в научной литературе отсутствуют. Это вызвало необходимость проведения исследований по установлению в образцах мышечной ткани свежей и вяленой воблы содержания макро- и микроэлементов.

Химические элементы попадают в организм живых объектов в основном из воды и пищи. Знание элементного химического состава рыбы крайне значимо, так как определение макро- и микроэлементов позволяет судить о полноценности рыбы при использовании её в пищу для участия в процессах обмена веществ. В живых организмах макро- и микроэлементы входят в состав гормонов, ферментов, витаминов и других жизненно важных соединений, которые необходимы для питания человека. Так, кальций и магний требуются для нормального функционирования сердечных и скелетных мышц.

¹⁰ <https://myfoodbro.ru/food/all/vobla/> 15.10.2025.

¹¹ <https://myfoodbro.ru/food/all/vobla-kaspiyskaya-vyalenaya/> 17.10.2025.

¹² https://health-diet.ru/base_of_food/sostav/58.php 17.10.2025.

¹³ <https://rskrf.ru/tips/eksperty-obyasnyayut/vobla-polza-i-vred/> 17.10.2025.

Таблица 3. Содержание витаминов, макро- и микроэлементов, иных биохимических характеристик в вобле и продукции из неё

Table 3. Content of vitamins, micro- and macroelements and other biochemical characteristics in Caspian roach and products made from it

Показатель	Вид продукции			Допустимое потребление (не более) / физиологическая потребность в сутки** (СанПиН 2.3.2.1078-01 ¹⁴ / МР 2.3.1.0253-21 ¹⁵)
	Вобла свежая	Вобла вяленая	Вобла холодного копчения	
Холестерин, мг/100 г	83,0±17,0* 55,0	129,0±26,0*	133,0	не более 300 мг
Насыщенные жирные кислоты, г/100 г	0,6	1,69*	1,5	не более 10% от суточной калорийности суточного рациона
Витамины				
Витамин А (ретинол), мг/100 г	20,0		30,0	900 / 800 мкг
Витамины группы В:				
В ₁ , тиамин, мг/100 г	0,12	0,08	0,07	1,5 мг
В ₂ , рибофлавин, мг/100 г	0,14	0,078	0,09	1,8 мг
В ₃ (РР, ниацин), мг/100 г	3,2-6,6	0,33	4,9	20 мг
Витамин D, мг/100 г	0,1			15 мкг
Витамин С, мг/100 г	1,0	0,011		100 мг
Витамин Е, мг/100 г	0,6-0,1	0,04		15 мг
Макроэлементы				
Натрий, Na, мг/100 г	27,466±2,747* 60,0	888,157±88,816*	4546,0	1300 мг
Кальций, Ca, мг/100 г	51,811±5,181* 40,0-52,0	144,113±14,411*	189,0	1000 мг
Калий, K, мг/100 г	55,415±5,541* 160,0-260,0	66,204±6,620*	169,0	3500 мг
Магний, Mg, мг/100 г	60,414±6,041* 25,0-36,0	49,232±4,923*	39,0	420 мг
Фосфор, P, мг/100 г	117,985±11,799* 167,5-260,0	313,846±31,384*	226,0	700 мг
Сера, S, мг/100 г	180,0			
Микроэлементы				
Железо, Fe, мг/100 г	1,945±0,195* 0,6-3,4	2,036±0,204*	2,9	10 / 14 мг
Йод, I, мкг/100 г	7,61±1,14* 50,0	36,9±4,43*		0,15 мг
Марганец, Mn, мг/100 г	0,04±0,005* 0,05-0,068	0,026±0,003*		2,0 мг
Медь, Cu, мкг/100 г	0,138±0,014* 60,0-98,0	133,1±13,3*		1,0 мг
Молибден, Mo, мкг/100 г	2,16±0,325* 4,0	2,19±0,328*		0,07 мг
Фтор, F, мкг/100 г	не определяли* 430,0	не определяли*		4 мг

¹⁴ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 14.11.2001 № 36 (ред. от 06.07.2011) «О введении в действие Санитарных правил» (вместе с «СанПиН 2.3.2.1078-01. 2.3.2. Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы», утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 06.11.2001). 15.10.2025.

¹⁵ 2.3.1.0253-21. 2.3.1. Гигиена питания. Рациональное питание. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22.07.2021). 15.10.2025.

Показатель	Вид продукции			Допустимое потребление (не более) / физиологическая потребность в сутки** (СанПиН 2.3.2.1078-01 ¹⁴ / МР 2.3.1.0253-21 ¹⁵)
	Вобла свежая	Вобла вяленая	Вобла холодного копчения	
Цинк, Zn, мг/100 г	1,763±0,176* 0,7-19,0	4,001±0,400*		12 мг
Кремний (Si), мкг/100 г	6203,3±620,3*	27038,3±2703,8*		30 мг
Бор (B), мкг/100 г	59,3±7,12*	138,0±13,8*		
Рубидий (Rb), мкг/100 г	280,1±28,0*	914,7±91,5*		
Стронций (Sr), мкг/100 г	30,8±3,69*	268,4±26,8*		
Алюминий (Al), мкг/100 г	117,9±11,8*	417,3±41,7*		
Свинец (Pb), мкг/100 г	15,5±1,86*	6,07±0,911*		
Кадмий (Cd), мкг/100 г	0,478±0,0955*	1,66±0,249*		
Ультрамикроэлементы				
Селен, (Se), мкг/100 г	31,7±3,81*	33,2±3,99*		0,07 / 0,055 мг
Кобальт, Co, мкг/100 г	2,01±0,301* 12,7-20,0	2,41±0,362*		0,01 мг
Хром, Cr, мкг/100 г	22,7±2,72* 40,0-55,0	166,4±16,6*		0,04 мг
Никель, Ni, мкг/100 г	28,2±3,39* 5,4-6,0	17,3±2,07*		
Ванадий (V), мкг/100 г	26,0±3,13*	460,8±46,1*		0,015 мг
Литий (Li), мкг/100 г	20,0±2,39*	49,5±5,95*		
Олово (Sn), мкг/100 г	3,83±0,574*	8,33±1,25*		
Германий (Ge), мкг/100 г	33,1±3,98*	48,6±6,83*		
Сурьма (Sb), мкг/100 г	0,0698±0,0209*	0,0968±0,029*		
Барий (Ba), мкг/100 г	8,87±1,33*	41,2±4,94*		
Висмут (Bi), мкг/100 г	0,0258±0,00774*	0,32±0,064*		
Галлий (Ga), мкг/100 г	2,22±0,333*	1,44±0,216*		
Лантан (La), мкг/100 г	0,0623±0,0187*	0,0757±0,0227*		
Вольфрам (W), мкг/100 г	0,155±0,031	0,118±0,0237*		
Цирконий (Zr), мкг/100 г	1,21±0,182**	3,12±0,482*		
Платина (Pt), мкг/100 г	<0,01*	0,0105±0,003*		
Серебро (Ag), мкг/100 г	0,65±0,13*	0,598±0,12*		
Золото (Au), мкг/100 г	<0,01*	0,107±0,021*		
Мышьяк (As), мкг/100 г	8,81±1,32*	69,7±8,37*		
Ртуть (Hg), мкг/100 г	3,59±0,538*	23,3±4,0*		
Таллий (Tl), мкг/100 г	0,0138±0,00414*	0,315±0,063*		
Бериллий (Be), мкг/100 г	<0,01*	0,044±0,013*		

Примечание: * – результаты собственных исследований; ** – нормы физиологической потребности представлены для взрослых (мужчины/женщины).

Магний, кальций, фосфор входят в состав костей и других тканей биологического объекта, они востребованы для питания нервной системы. Марганец способствует росту, размножению, кроветворению и обмену веществ. Железо поддерживает уровень гемоглобина в крови живого организма. Натрий и калий регулируют водный и кислотно-щелочной баланс в крови и тканях. Медь играет значительную роль

в поддержании баланса обмена железа и синтезе гемоглобина. Цинк выступает кофактором в различных ферментных системах, а также необходим в процессах размножения. При этом металлы имеют предельные концентрации, определяющие как их дефицит, так и оптимальный уровень, выше которого возможно токсическое воздействие на организм. Недостаток или избыток ряда элементов в рационе могут приве-

сти к нарушениям обмена веществ или заболеваниям [Кизеветтер, 1973; Juczycka et al., 2006; Бичаева, Мусаев, 2008; Ким и др., 2020; Скальный, 2010].

В исследуемых образцах установлено наличие биогенных элементов, таких как Ca, P, Fe, Mg, Cu, Zn, B, Si, Mo, V, Se, Cr, Ni, F, I, Sn, необходимых для жизнедеятельности живых организмов.

Взаимодействие химических элементов в организме может проявляться в виде синергетических или антагонистических результатов. Синергисты (например, кальций-фосфор, натрий-хлор, железо-медь, марганец-цинк, железо-молибден, медь-железо) функционируют на уровне тканевого и клеточного метаболизма, способствуют различным структурным процессам. Антагонисты (например, магний-фосфор, цинк-медь, кобальт-железо, кальций-цинк+магний) оказывают противоположное влияние на биохимические функции в организме или тормозят абсорбцию друг друга в пищеварительном тракте. Необходимо отметить, что важнейшими видовыми характеристиками являются соотношения биогенных элементов: кальций/магний, железо/медь, железо/марганец, медь/цинк, медь/марганец и марганец/цинк [Радыш и др., 2017; Ким и др., 2019].

Марганец обладает свойством окислять железо, поэтому значительное количество марганца затруднит усвоение железа, оптимальным считается соотношение Mn: Fe – 1:2-5. Следует отметить, что оптимальным для усвояемости кальция из пищи является его содержание в соотношении с фосфором на уровне 1:1-1:5. При недостаточном поступлении магния снижается доступность кальция из продуктов питания. Оптимальным соотношением Ca: Mg является 1:0,5-0,4, в здоровом организме поддерживается соотношение этих элементов 1:1. Микроэлементы медь и цинк, взаимодействуя друг с другом, обеспечивают оптимальное функционирование различных систем организма. Эти элементы являются антагонистами, они конкурируют друг с другом за усвоение в организме. В большинстве случаев цинк препятствует всасыванию меди в желудочно-кишечном тракте, из-за чего может возникнуть её дефицит. Оптимальное соотношение между цинком и медью в организме составляет около 10:1–15:1. Кадмий – антагонист меди и цинка. Высокое содержание железа, свинца и олова является причиной низкой усвояемости цинка [Клейменов, 1962, 1971; Радыш и др., 2017; Тармаева, Боева, 2014; Иванцова, Селезнева, 2020; mksegment.ru¹⁶; Баланси-

руем рационы...¹⁷]. Ряд соотношений вышеуказанных элементов как в свежей, так и в вяленой вобле соответствующим оптимальным, например, Ca: P и Ca: Mg.

Результаты исследований показали наличие в исследуемых образцах эссенциальных или жизненно необходимых (V, Fe, I, Co, Si, Li, Ni, Mn, Cu, Mo, As, Se, F, Cr, Zn) и условно эссенциальных (B, Cd, Pb, Sr) микроэлементов. Остановимся на некоторых из них, содержание которых в предыдущие годы не было определено, но они могут играть важную роль как в питании человека, так и для воблы – как биологического объекта.

В свежей и вяленой вобле отмечается высокое содержание кремния – около 6,2 и 27,0 мг в 100 г мышечной ткани соответственно. Данный элемент относится к эссенциальным для биологических объектов. Кремний необходим для формирования соединительной ткани (кости, хрящи, суставы и др.). Соединения кремния ускоряют обменные процессы в организме, стимулируют рост клеток кожи, выработку коллагена, эластина, кератина и гликозаминогликанов. Отмечена способность кремния очищать живые организмы. Он обладает противовоспалительным действием, важен для иммунной системы, обладает терапевтическим действием при онкологических заболеваниях [Радыш и др., 2017; Медицинская элементология, 2021; Скальный, 2010].

Из жизненно необходимых элементов установлено содержание селена в исследуемых образцах: около 32 мкг/ 100 г в свежей вобле и 33 мкг/ 100 г в вяленой вобле. Селен в организме выполняет различные функции: стимулирует обмен веществ, усиливает иммунную систему, важен при лечении кардиопатии, гепатита, панкреатита и других заболеваниях, обладает антиоксидантными свойствами [Скальный и др., 2005; Скальный, 2010].

Можно выделить содержание ванадия, являющегося условно эссенциальным ультрамикроэлементом, который в организме участвует в регуляции углеводного обмена и сердечно-сосудистой деятельности, метаболизме тканей костей [Скальный и др., 2005]. В свежей вобле содержание ванадия составляет около 26 мкг/ 100 г, в вяленой – около 460 мкг/ 100 г.

Ряд элементов, нормируемых в пищевой продукции (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк), в образцах мышечной ткани свежей и вяленой воблы содержатся в установленных нормативными документами допустимых пределах.

Можно отметить наличие в исследуемых образцах содержание малоизученных элементов (Rb, Ge, Ga, Sb,

¹⁶ <https://mksegment.ru/d/mozhno-li-odnovremenno-upotrebyat-cink-i-med-vzaimodejstvie-mikroelementov-i-ih-vliyanie-na-organizm> 17.10.2025.

¹⁷ <https://static.zzz.ru/public/article/pdf/zzr-2021-11-011.pdf> 17.10.2025.

La, W, Zr, Pt, Au) в ультрамикрочастицах. Эти элементы присутствуют в живых организмах, но их биологическая роль и степень необходимости в настоящее время недостаточно изучена или только изучается учёными.

Ряд элементов, считающихся токсичными или условно токсичными (Al, Cd, Pb, Hg, Be, Ba, Bi, Tl, F, As, Sn) в зависимости уровня содержания, представлены в исследуемых образцах в ультрамикродозах или в следовых количествах. Здесь можно привести цитату доктора медицины Парацельса (Швейцария, 1493-1541 гг.): «Всё есть яд, и всё есть лекарство; одна лишь доза делает вещество или ядом, или лекарством» [Янин, 2010].

Исследование роли химических элементов в жизнедеятельности организмов, в том числе влияние на водные биоресурсы, степень их эссенциальности или токсичности, представляет научный интерес и требует продолжения мониторинговых исследований в этом направлении. Кроме того, необходимо изучать влияние различных элементов, содержащихся в водных биоресурсах, являющихся продуктами питания, на обеспеченность ими людей с физиологической точки зрения.

Определение содержания холестерина в мышечной ткани свежей и вяленой воблы показало низкие уровни его содержания, особенно в свежем виде. При суточной норме потребления холестерина не более 300 мг, которая рекомендуется для людей с нормальным уровнем содержания холестерина, допустимо использование в пищу в сутки не более 230 г вяленой воблы в разделанном виде. Содержание холестерина в мышечной ткани свежей воблы в количестве до 350 г соответствует суточному нормативу. При этом надо отметить, что при жарке рыбы содержание холестерина будет увеличиваться, поэтому можно рекомендовать её использование в пищу в отварном или запечённом виде.

Витамины – низкомолекулярные органические вещества, как правило не синтезируемые в живом организме, а получаемые им из пищи. Они обладают определёнными специфическими функциями. Ряд витаминов образуется в организме из провитаминов (предшественников), так витамин PP синтезируется из аминокислоты триптофана, D₃ – из 7-дегидрохолестерина. Они не являются пластическим материалом или источником энергии, их основные функции – участие в работе биокатализаторов (в качестве коферментов), в регуляции (в качестве гормоноподобных соединений) и в подавлении образования свободных радикалов. Для человека основным источником витаминов являются продукты питания. Дефицит одного витамина невозможно заменить другим, отсутствие в необхо-

димом количестве витаминов в организме приводит к нарушениям и сбоям обмена веществ, серьёзным заболеваниям [Тармаева, Боева, 2014].

Имеющиеся ограниченные сведения по наличию витаминов в вобле и продукции из неё (табл. 3) уже характеризует её с положительной стороны как полноценный продукт питания, с точки зрения биологической эффективности для человеческого организма. Содержание жирорастворимых витаминов A, D, E, водорастворимых витаминов C и группы B при употреблении воблы позволяют предупредить у человека ряд патологических состояний, связанных с обменом веществ, регуляцией функциональных состояний центральной нервной системы, балансом кальция и фосфора в организме, антиоксидантной активностью и др. Однако, данные по витаминам в вобле, представленные в табл. 3, требуют серьёзного уточнения в качественном и количественном отношении.

Таким образом, необходимы дополнительные исследования для получения актуальных данных о содержании в вобле и продукции из неё биологически значимых элементов и витаминов.

Энергетическая ценность (калорийность) воблы свежей и вяленой

Исследования энергетической ценности (калорийности) воблы свежей и вяленой показали следующее. Калорические коэффициенты пищевых веществ могут исчисляться в ккал или кДж. В данном исследовании при расчётах были использованы коэффициенты Рубнера, показывающие количество энергии в килокалориях при окислении 1 г жира (9,29) и белка (4,1), с поправкой на коэффициенты усвоения организмом жира (0,91) и белка (0,96). Результаты исследования представлены в табл. 4.

Таблица 4. Энергетическая ценность мышечной ткани воблы свежей и вяленой, ккал/г

Показатель	Мышечная ткань воблы свежей	Мышечная ткань воблы вяленой
	81,909 (молодь, сентябрь 2024)	–
Калорийность	114,692 (рыба промыслового размера)	202,344

На основании полученных данных свежая вобла является низкокалорийным продуктом.

Энергетическая ценность мышечной ткани воблы вяленой высокая, более 200 ккал, что практически в два раза выше данного показателя у мышечной ткани свежей воблы (около 115 ккал).

Аминокислотный и жирнокислотный составы мышечной ткани воблы свежей и вяленой

Белки в организме играют важную роль, благодаря выполнению пластической, энергетической, каталитической, регуляторной, защитной, транспортной и других функций. Молекулы белков, являясь высокомолекулярными азотистыми соединениями, построены из остатков аминокислот. Качество белков определяется наличием полного набора незаменимых аминокислот в определённом соотношении как между собой, так и с заменимыми аминокислотами¹⁸.

Аминокислотный состав белков мышечной ткани воблы свежей и вяленой, определяющий биологическую ценность, представлен в табл. 5.

Данный показатель является одним из определяющих факторов качества, биологической эффективности, усвояемости и полезности пищевой продукции.

По результатам исследования аминокислотного состава белков мышечной ткани воблы свежей и вяленой установлено следующее. В исследованных образцах он представлен 19 аминокислотами (из них цистин и цистеин суммарно), количественный состав варьируется в зависимости от того, сырец это или вяленый продукт.

Доминирующими аминокислотами в свежей вобле являются из незаменимых – лизин (1,919 г/100 г продукта) и лейцин (1,621 г/100 г продукта), из заменимых – глутаминовая кислота (3,544 г/100 г продукта), аспарагиновая кислота (1,999 г/100 г продукта), аргинин (1,136 г/100 г продукта) и аланин (1,097 г/100 г продукта).

Таблица 5. Аминокислотный состав белков мышечной ткани воблы свежей и вяленой, г/100 г продукта
Table 5. Amino acid composition of fresh and dried Caspian roach muscle tissue proteins, g/100 g of product

Показатель	Мышечная ткань воблы свежей	Мышечная ткань воблы вяленой
Незаменимые аминокислоты		
Треонин (Thr)	0,855	1,657
Валин (Val)	0,857	1,866
Метионин (Met)	0,641	1,277
Изолейцин (Ile)	0,756	1,564
Лейцин (Leu)	1,621	3,253
Фенилаланин (Phe)	0,834	1,598
Лизин (Lys)	1,919	3,665
Триптофан (TRP)	0,124	0,284
Незаменимые аминокислоты, Σ	7,607	15,164
Условно незаменимые аминокислоты		
Аргинин (Arg)	1,136	2,208
Гистидин (His)	0,591	1,079
Условно незаменимые аминокислоты, Σ	1,727	3,287
Заменимые аминокислоты		
Аспарагиновая к-та (Asp)	1,999	3,887
Серин (Ser)	0,747	1,606
Глутаминовая к-та (Glu)	3,544	6,896
Глицин (Gly)	0,893	1,942
Аланин (Ala)	1,097	2,302
Пролин (Pro)	0,652	1,554
Тирозин (Tyr)	0,688	1,351
Цистин+Цистеин ((Cys)2)	0,093	0,450
Заменимые аминокислоты, Σ	9,713	19,988

¹⁸ МР 2.3.1.0253-21. 2.3.1. Гигиена питания. Рациональное питание. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. https://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/789/1.-mr-2.3.1.0253_21-normy-pishchevykh-veshchestv.pdf

нин (1,136 г/100 г продукта) и аланин (1,097 г/100 г продукта).

В вяленой вобле из незаменимых аминокислот наибольшее количество приходится, как и в свежей

рыбе, на лизин (3,665 г/100 г продукта) и лейцин (3,253 г/100 г продукта), из заменимых на глутаминовую кислоту (6,896 г/100 г продукта), аспарагиновую кислоту (3,887 г/100 г продукта), аланин (2,302 г/100 г продукта) и аргинин (2,208 г/100 г продукта).

Наименьшее содержание установлено у свежей воблы аминокислот: цистин + цистеин (0,093 г/100 г продукта), у вяленой – триптофан (0,284 г/100 г продукта).

Поскольку процесс вяления рыбы является щадящим в части температурного режима, влияние данного процесса обработки рыбы привело к тому, что суммарное количество как незаменимых, так и заменимых аминокислот практически удваивается.

Проведён анализ аминокислот белка свежей и вяленой воблы в сравнении с эталонным, так называемым «идеальным» белком, состав которого был утверждён ФАО/ВОЗ в 2011 г. (табл. 6) [Dietary protein quality ..., 2013].

Важным критерием при оценке биологической ценности воблы, как продукта питания, является содержание отдельных аминокислот в мышечной ткани рыбы, их статус и уровень обеспеченности, но и для мониторинга физиолого-биохимического состояния организма самой рыбы, в том числе в случае выявления патологических процессов.

Особой значимостью обладают незаменимые аминокислоты, а также ряд заменимых аминокислот, входящих по данным ФАО/ВОЗ в состав эталонного белка, согласно физиологическим потребностям человека. Представленные в табл. 6 данные показывают сбалансированность аминокислот и их высокое содержание как в свежей, так и в вяленой вобле. По удельному

весу содержания аминокислот в мышечной ткани воблы свежей и вяленой основной по значимости является глутаминовая кислота, затем следуют аспарагиновая кислота, лейцин, лизин, аланин и аргинин.

Глутаминовая кислота стимулирует рост и развитие организма. Аспарагиновая кислота, являющаяся ключевой для организма человека, поддерживает работу иммунной и нервной системы. Лейцин и изолейцин задействованы в синтезе и распаде протеина и укреплении иммунной системы организма. Лизин участвует в процессе кроветворения и выработке антител и гормонов. Наличие цистина в вобле позволяет рекомендовать её употребление в пищу при интенсивных физических нагрузках, в стрессовых ситуациях, при ослабленном иммунитете и для лиц старшего поколения. Метионин принимает участие в обмене липидов, углеводном и белковом обмене. Треонин, как синергетик, активизирует усвоение других аминокислот [Кизеветтер, 1973; Макарова и др., 2019; Энциклопедия питания ..., 2024].

Для водных биологических ресурсов аминокислоты являются основой для биосинтеза белка, ряд из них участвует в энергетическом обеспечении организма, в определённых условиях из них могут быть синтезированы углеводы и жиры. Некоторые аминокислоты и продукты их декарбоксилирования (биогенные амины) оказывают регулирующее действие на многие физиологические функции живого организма. Недостаток аминокислот ведёт к уменьшению массы тела и различным патологиям. Глутаминовая кислота участвует в синтезе белков, входит в состав гемоглобина и рибонуклеазы, её значительное содержание в вобле характерно для белков мышечной ткани

Таблица 6. Анализ содержания аминокислот в белках воблы свежей и вяленой в сравнении с эталонным белком, утверждённым ФАО/ВОЗ

Table 6. Analysis of amino acid content in fresh and dried Caspian roach proteins in comparison with the reference protein approved by FAO/WHO

Наименование аминокислота	Рекомендации ФАО/ВОЗ, г/100 г белка	Мышечная ткань свежей воблы		Мышечная ткань вяленой воблы	
		Содержание аминокислоты, г/100 г белка	Скор, %	Содержание аминокислоты, г/100 г белка	Скор, %
Гистидин	1,6	3,28	205,0	2,80	175,0
Изолейцин	3	4,20	140,0	4,06	135,3
Лейцин	6,1	9,01	147,7	8,45	138,5
Лизин	4,8	10,66	222,1	9,52	198,3
Метионин+цистеин	2,3	4,08	177,4	4,49	195,2
Фенилаланин+тирозин	4,1	4,63	112,9	7,66	186,8
Треонин	2,5	4,75	190,0	4,30	172,0
Триптофан	0,66	0,69	104,5	0,74	112,1
Валин	4	4,76	119,0	4,85	121,3

пресноводных рыб. Аспарагиновая кислота участвует в синтезе пуринов, пиримидинов, креатина, её высокое содержание свойственно для всех видов гидробионтов. Глицин является уникальной аминокислотой, участвующей в ряде синтетических процессов при образовании белков, пуриновых нуклеотидов, креатина, глутатиона и др. Так, из фенилаланина и тирозина образуется меланин, влияющий на формирование окраски рыб. Глицин и аланин играют огромную роль в обменных процессах в организме животных. Отсутствие валина в организме влияет на развитие центральной нервной системы и вызывает мышечную слабость. Цистин участвует в окислительном процессе организма рыб и влияет на их упитанность. Метионин и цистин в организме стимулируют его рост и развитие, при отсутствии метионина происходят нарушения обмена серы и задержка процессов метилирования при синтезе креатина у рыб. Лизин участвует в обмене веществ, синтезе белков. При отсутствии фенилаланина нарушается синтез адреналина [Лысыков, 2012; Кизеветтер, 1973; Джабаров, 2006; Энциклопедия питания ..., 2024].

Необходимо изучение характера изменений качественного и количественного составов аминокислот в вобле с учётом различных факторов: возраста и стадии зрелости особей, периодов нереста и вылова, характера питания рыбы, содержания аминокислот в различных тканях и органах (в том числе в половых продуктах), среды обитания в современных сложных экологических условиях в Волго-Каспийском регионе, при смене условий среды обитания (море/река), для установления аминокислотного статуса и понимания роли аминокислот в процессах, происходящих в рыбе на различных этапах её жизненного цикла, а также при переработке и производстве различных видов продукции.

Жиры – органические вещества, основную часть которых составляют жирные кислоты. Пространственная структура жирных кислот определяет их биохимические свойства. В теле воблы жир располагается тонкой плёнкой под кожей, имеются небольшие скопления прикостного, а также брюшного и спинного жира [Клейменов, 1971; Гладышев, 2012].

Жирнокислотный состав мышечной ткани воблы свежей и вяленой по результатам исследований представлен в табл. 7.

Характерной специфичностью состава липидов водных биоресурсов является преобладание ненасыщенных жирных кислот, в том числе это касается и эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), таких как арахидоновая (АРК), эйкозапентаеновая (ЭПК), докозапентаеновая, докозагексаеновая

(ДГК) и др. В пресноводных рыбах содержание мононенасыщенных жирных кислот (МЖК) преобладает над количеством полиненасыщенных. Это находит подтверждение и в результатах исследований авторов (табл. 7).

Для рыб и других живых объектов незаменимыми жирными кислотами являются 18-атомные жирные кислоты семейств омега-3 и омега-6, в которые входят линолевая и альфа-линоленовая жирные кислоты. Данные кислоты играют важную роль для живых организмов, так как они являются предшественниками эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот с 20-22 атомами углерода. Эйкозапентаеновая и докозагексаеновая жирные кислоты оказывают лечебно-профилактическое действие, улучшают функционирование органов кровообращения и нервной системы, нормализуют липидный обмен. Для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний необходимо употреблять ЭПК+ДГК около 1 г в сутки [Гладышев, 2012].

ПНЖК могут снижать уровень холестерина, тогда как насыщенные жирные кислоты (НЖК) способствуют его повышению, причем, вклад различных НЖК в повышение уровня холестерина неодинаков [Шульгина и др., 2023].

Для характеристики качества и физиологической значимости компонентов жира, обусловленных их положительным воздействием на здоровье человека, необходимо оценить пищевые индексы качества жиров или так называемые липидные индексы здоровья (health lipid indices). Учёными оцениваются такие показатели как, соотношение ПНЖК/НЖК (должно быть больше 0,45), омега-6/омега-3 (должно быть меньше 5,0), индексы атерогенности и тромбогенности, гипохолестеринемический показатель и общий индекс качества липидов продуктов, в основу которых заложено сопоставление между отдельными насыщенными и ненасыщенными жирными кислотами [Бабурина и др., 2018; Шульгина и др., 2023].

В рамках настоящего исследования были оценены некоторые показатели, характеризующие липидный профиль образцов воблы свежей и вяленой.

Соотношение ПНЖК/НЖК в вобле свежей и вяленой составляют 0,65 и 0,57 соответственно. Этот показатель даёт первичную оценку качества жира, его значения выше рекомендуемого показателя в 0,45 говорят о полезности жиров данных продуктов.

Соотношение омега-6/омега-3, являющееся индикатором пищевой ценности жира как в свежей вобле (0,32), так и в вяленой (0,46) значительно ниже рекомендуемого Международной организацией по питанию значения в 5,0. Низкий уровень данного показателя

Таблица 7. Жирнокислотный состав мышечной ткани воблы свежей и вяленой, % от суммы жирных кислот
Table 7. Fatty acid composition of fresh and dried Caspian roach muscle tissue, % of the total fatty acids

Показатель	Мышечная ткань воблы свежей	Мышечная ткань воблы вяленой
НЖК, %		
С 14:0 Миристиновая	3,97	2,35
С 15:0 Пентадекановая	1,49	0,66
С 16:0 Пальмитиновая	20,18	17,66
С 17:0 Маргариновая	1,01	0,61
С 18:0 Стеариновая	4,19	2,81
С 21:0 Генейкозановая	1,32	0,56
С 24:0 Лигноцериновая	0,74	0,36
МНЖК, %		
С 14:1 п5-с9 Миристолеиновая	0,16	0,20
С 16:1 п7-с9 Пальмитолеиновая	8,48	14,45
С 15:1 п6-с9 изо 13 Пентадеценная	0,57	0,33
С 17:1 п8-с9 Маргаринолеиновая	1,37	1,50
С 18:1 п9т Элаидиновая	1,42	0,44
С 18:1 п9с Олеиновая	25,06	35,69
С18:1 п7 Октадеценная	5,90	6,72
С 20:1 Гондоиновая	2,47	0,84
ПНЖК, %		
С 18:2 п6с Линолевая (ЛК)	2,12	1,946072
С 18:3 п6-с6, с9, с12 γ-Линоленовая	0,53	0,375713
С 18:3 п3-с9, с12, с15 альфа-линоленовая (АЛК)	1,00	0,52
С18:4 Стеаридиновая	1,51	0,41
С 20:3 п6с-8, 11, 14 Эйкозатриеновая	0,38	0,21
С 20:3 п3с-11, 14, 17 Эйкозатриеновая	0,74	0,23
С 20:4 п6с-5, с8, с11, с14 Арахидиновая (АРК)	2,17	2,00
С 20:5 п3-5, 8,11,14,17 Эйкозапентаеновая (ЭПК)	5,82	2,98
С 22:5 п3-7,10,13,16,19 Докозапентаеновая	2,77	1,38
С 22:6 п3с-4,7,10,13,16,19 Докозагексаеновая (ДГК)	4,28	4,27
Прочие ЖК	0,33	0,51
Дополнительные сведения по жирнокислотному составу и пищевые индексы качества жиров		
НЖК	32,91	25,37
МНЖК	45,61	60,22
ПНЖК	21,48	14,41
ПНЖК/НЖК	0,65	0,57
омега-3	16,12	9,80
омега-6	5,20	4,53
омега-3+омега-6	21,32	14,33
омега-9	25,70	36,07
омега-3/омега-6	3,10	2,16
омега-6/омега-3	0,32	0,46
ЭПК+ДГК	10,10	7,25
АЛК/ЛК	0,47	0,27

теля свидетельствует об эффективности в снижении риска развития сердечно-сосудистых заболеваний.

По результатам исследования жирнокислотного состава мышечной ткани воблы свежей и вяленой необходимо отметить следующее. В свежей и вяленой вобле суммарное количество физиологически значимых ЭПК и ДГК составляет порядка 10,1% и 7,25% соответственно. Чем больше данный показатель, характеризующий общий индекс качества, тем более полезен данный продукт, что говорит о большей пользе при питании свежей воблой.

По рекомендациям ВОЗ, соотношение поступающих с пищей омега-3 и омега-6 жирных кислот составлять 1:2-1:5¹⁹. Согласно табл. 7 данный показатель как в свежей, так и в вяленой вобле соответствует рекомендуемым пропорциям (3,1 и 2,2 соответственно).

Мононенасыщенные жирные кислоты омега-9 важны для поддержания здоровья человека в части снижения уровня общего холестерина, включая липопротеины низкой плотности (LDL), и повышения уровня «хорошего» холестерина высокой плотности (HDL), а также предотвращения различных серьёзных заболеваний. Причём в сочетании с омега-3 и омега-6 действие её для организма более эффективное. Основным представителем омега-9 является олеиновая кислота, в первую очередь, это касается пресноводных рыб, при этом надо отметить необходимость её умеренного потребления (10-20% от общей суточной калорийности). Олеиновая кислота способствует улучшению обмена веществ, включая липидный обмен, обладает противовоспалительными свойствами, помогает поддерживать нормальный уровень холестерина и улучшает состояние здоровья качество жизни [Елисеева, Мироненко, 2020; Johnson, Bradford, 2014; Farag, Gad, 2022]. В вобле в составе жирных кислот и МНЖ олеиновая кислота превалирует, её содержание от суммы жирных кислот и МЖК составляет в свежей вобле – 45,61% и 54,95% соответственно, в вяленой – 60,22% и 59,27% соответственно.

Соотношение альфа-линоленовой и линолевой кислот (АЛК/ЛК), относящихся к ПНЖК, важен для нормального функционирования организма, рекомендуемое соотношение – 1–2:1. Содержание в вобле АЛК и ЛК (табл. 7) свидетельствует о лимитированном уровне соотношения содержания указанных кислот в мышечной ткани вяленой рыбы. В образцах свежей воблы данная пропорция соответствует рекомендуемому значению.

В целом, для здорового человека рекомендуется потреблять в составе жиров из пищи: ПНЖК – 10-20%, МНЖК – 50-60%, НЖК – 30% [Бабурина и др., 2018]. Исследованные образцы воблы (табл. 7) практически коррелируются с указанным соотношением видов жирных кислот: для свежей воблы – 21,5% / 45,6% / 32,9%, для вяленой воблы – 14,0% / 60,2% / 25,3%.

Следует согласиться с мнением учёных [Гладышев, 2012; Махутова, Гладышев, 2020] о необходимости проведения исследований по установлению физиолого-биохимической ценности ПНЖК в абсолютных единицах (г/100 г продукта) для расчёта рекомендуемой для употребления порции рыбной продукции, поскольку в настоящее время оценка содержания жирных кислот производится в процентах от общей суммы жирных кислот.

Кроме того, нормами физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации, утверждёнными Роспотребнадзором, установлено, что полиненасыщенные жирные кислоты семейств омега-3 (ω -3) и омега-6 (ω -6) для взрослого человека должны составлять 6-10% от общей суточной калорийности пищи¹⁶. Их содержание при пересчёте на 100 продукта в вобле свежей и вяленой (табл. 7) позволяет удовлетворить суточную потребность организма человека в этих веществах при употреблении в пищу свежей воблы не менее 330 г и вяленой воблы не менее 260 г в день соответственно.

По результатам исследования жирнокислотного состава мышечной ткани свежей и вяленой воблы можно отметить, что биологическая ценность воблы как свежей, так и вяленой определяется значительным сбалансированным содержанием полиненасыщенных жирных кислот, наличием жирных кислот семейств омега-3 и омега-6, а также высоким, преобладающим в общей сумме жирных кислот, содержанием мононенасыщенных кислот. Липидные индексы здоровья также свидетельствуют о пользе продукции из воблы и определяют её высокую пищевую ценность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные виды продукции из воблы: вобла мороженая, которая идёт на переработку, вобла вяленая и сушено-вяленая (неразделанная или разделанная). Выход съедобной части свежей воблы составил 47,67-50,4%, вяленой воблы – 47,7-49,4%, что согласуется с результатами исследований прошлых лет.

По физико-химическим показателям свежая вобла – среднежирный, высокобелковый продукт, который можно рекомендовать для диетического питания. Энергетическая ценность (калорийность) свежей

¹⁹ <https://77.rosпотребнадзор.ru/index.php/press-centr/186-press-centr/11368-tri-tovarishcha-omega-3-omega-6-omega-9-29-11-2022>

воблы составила около 115 ккал, вяленой воблы – более 200 ккал. Вяленая вобла в питании должна быть ограничена за счёт значительного содержания соли.

Свежая и вяленая вобла содержит широкий спектр жизненно важных биологически активных компонентов: витаминов, макро- и микроэлементов в оптимальных для человека соотношениях. Данные по содержанию витаминов в продукции из воблы крайне ограничены в научных публикациях, что требует проведения на современном этапе дополнительных исследований по установлению их количества. Знание витаминного профиля в продуктах питания важно для разработки рекомендаций по физиологической потребности того или иного продукта для решения вопроса компенсации дефицита витаминов в рационах различных групп населения.

В продукции из воблы высокое содержание калия, фосфора, серы, магния, натрия, железа, цинка, хрома, а также иных микро- и ультрамикроэлементов, многие из которых являются эссенциальными, что свидетельствует о полноценности для участия в процессах обмена веществ. Впервые определён широкий спектр элементного состава в свежей и вяленой вобле, который требует детального изучения.

В мышечной ткани как свежей, так и вяленой воблы содержатся 19 аминокислот, в том числе все незаменимые аминокислоты и аминокислоты, входящие в состав «идеального» белка, скор которых выше 100%. Также содержится широкий спектр жирных кислот, в том числе эссенциальных (ω -3, ω -6, ω -9). Оценены пищевые индексы качества жиров («липидные индексы здоровья»), подтверждающие полезность продукции из воблы в питании. Уровень содержания холестерина низкий.

Полученные данные по биохимическому и элементному составу показывают высокую пищевую и биологическую ценность свежей и вяленой воблы и служат основой для продолжения изучения ее качества и пищевой ценности. Данные могут быть использованы при планировании оптимального питания.

Наиболее популярный, в том числе исторически традиционный вид её переработки – вяление, хоть и сохраняет все полезные свойства и биологически активные вещества, из-за значительного содержания соли, требует осторожности при употреблении определённым группам населения.

Благодарности

Авторы выражают благодарность сотрудникам департамента прикладных исследований комбикормов и научного сопровождения производств ГНЦ ФГБНУ «ВНИРО»; специалистам Автономной некоммерческой

организации «Центр биотической медицины» доктора Скального А.В.; научному сотруднику лаборатории химии пищевых продуктов ФГБНУ «ФИЦ питания и биотехнологии», кандидату фармацевтических наук Палеевой М.А., старшему научному сотруднику лаборатории химии пищевых продуктов ФГБНУ «ФИЦ питания и биотехнологии», кандидату фармацевтических наук Малинкину А.Д. за помощь в обработке образцов объекта исследования.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Выполнена в порядке личной инициативы без дополнительного финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Ахмерова Е.А., Копыленко Л.Р., Рубцова Т.Е. 2012. Пищевая ценность икры рыб // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю.А. Овчинникова. Т. 8. № 4. С. 12-20.
- Бабурина М.И., Вострикова Н.Л., Иванкин А.Н. Зенкин А.Н. 2018. Биохимическая конверсия природных липидов. Обзор // Теория и практика переработки мяса. Т. 3(3). С. 12-26. DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-3-12-26
- Барабанов В.В., Горохов М.Н., Шипулин С.В. 2022. О мерах по сохранению и восстановлению популяции воблы *Rutilus rutilus caspicus* (Jakovlev, 1870) // Рыбное хозяйство. № 5. С. 77-81. DOI: 10.37663/0131-6184-2022-5-77-81.
- Битютская О.Е., Лавриненко О.И. 2024. Технология производства рыбной продукции. Практикум. Керчь: КГМУ. 71 с.
- Бичаева О.Н., Мусаев М.А. 2008. Особенности гематологических показателей и микроэлементного состава некоторых органов прудовых рыб // Вестник АГТУ. № 3 (44). С. 71-74.
- Радыш И.В., Скальный А.В., Нотова С.В., Маршинская О.В., Казакова Т.В. 2017. Введение в элементологию. Оренбург: Оренбургский ГУ, ЭБС АСВ. 184 с.
- Гладышев М.И. 2012. Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты и их пищевые источники для человека // Журнал СФУ. Биология. Т. 5. № 4. С. 352-386.
- Дементьева Т.Ф. 1939. Распределение и миграция воблы в море // Труды ВНИРО. Т. 10. С. 81-128.
- Джабаров М.И. 2006. Аминокислотный состав тканей различных видов рыб в онтогенезе и при изменении экологических условий. М.: Изд-во ВНИРО. 215 с.
- Елисеев Д.С. 1934. Технология консервирования рыбы и других водных промысловых. М.-Л.: Снабтехиздат. 228 с.

- Елисеева Т., Мироненко А. 2020. Витамин F – описание, влияние на организм, лучшие источники // Журнал здорового питания и диетологии. № 11. С. 78-89.
- Иванов В.П., Пальцев В.Н., Шипулин С.В. 2023. Рыбные ресурсы Каспийского моря. М.: Изд-во ВНИРО. 560 с.
- Иванцова М.Н., Селезнева И.С. 2020. Основы строения и свойства бионеорганических соединений. Уральский федеральный университет. Екатеринбург. Изд-во Урал. ун-та. 148 с.
- Информационные сведения о пищевой ценности и калорийности рыбы и рыбной продукции. 2013. Выпуск 4. Качество, безопасность и методы анализа продуктов из гидробионтов. М.: Изд-во ВНИРО. 97 с.
- Информационные сведения о пищевой ценности продуктов из гидробионтов. 2003. Вып. 1. Качество, безопасность и методы анализа продуктов из гидробионтов. М.: Изд-во ВНИРО. 96 с.
- Кизеветтер И.В. 1973. Биохимия сырья водного происхождения. М.: Пищ. пром-сть, 1973. 424 с.
- Ким И.Н., Кращенко В.В., Кушнирук А.А. 2019. Безопасность продовольственного сырья и продуктов питания. Мо-репродукты. В 2 ч. Ч. 1. 2-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во Юрайт. 229 с.
- Ким И.Н., Кращенко В.В., Кушнирук А.А. 2020. Безопасность продовольственного сырья и продуктов питания. Мо-репродукты. В 2 ч. Ч. 2. 2-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во Юрайт, 208 с.
- Клейменов И.Я. 1962. Химический и весовой состав рыб водоемов СССР и зарубежных стран. М.: Изд-во Московская правда. 144 с.
- Клейменов И.Я. 1971. Пищевая ценность рыбы. М.: Пищевая пром-ть. 152 с.
- Лысиков Ю.А. 2012. Аминокислоты в питании человека // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. № 2. С. 88-105.
- Макарова Г.П., Лыкасова И.А., Мухамедьярова З.П., Мижевикина А.С. 2019. Аминокислотный состав мяса двухлеток карпа после применения кремнийсодержащего препарата // Известия Оренбургского ГАУ. № 6(80). С. 228-231.
- Махутова О.Н., Гладышев М.И. 2020. Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты в физиологии и метаболизме рыб и человека: значение, потребности, источники // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 106(5): 601-621. DOI: 10.31857/S0869813920050040
- Скальный А.В., Скальная М.Г., Киричук А.А., Тиньков А.А. 2021. Медицинская элементология. Изд. второе, испр. и доп. М.: РУДН. 199 с.
- Мезенова О.Я., Мезенова Н.Ю. 2021. Математическое моделирование в пищевой биотехнологии. Калининград: КГТУ. 103 с.
- Прозоровская Н.И. 1952. К методике определения жирности воблы по количеству жира на кишечнике // Докл. по биологии, систематике и питанию рыб, по химии моря и сетеконструированию. Вып. 1. М. Пищепромиздат. С. 75-78.
- Сборник технологических инструкций по обработке рыбы. 1992. Т. 1, 2. М.: Колос. 590 с.
- Скальный А.В. 2010. Микроэлементы: бодрость, здоровье, долголетие. М.: Эксмо. 286 с.
- Скальный А.В., Рудаков И.А., Нотова С.В., Скальный В.В., Бурцева Т.И., Баранова О.В., Губайдулина С.Г. 2005. Биоэлементология: основные понятия и термины. Оренбург: ГОУ ОГУ. 50 с.
- Справочник по химическому составу и технологическим свойствам рыб внутренних водоемов. 1999. / В.П. Быков ред. М.: Изд-во ВНИРО. 207 с.
- Сытова М.В. 2023. Методические подходы к оценке качества пищевой рыбной продукции с использованием сенсорного анализа: научный обзор // Труды ВНИРО. Т. 191. С. 124-141.
- Сытова М.В., Терпугова Н.Ю., Камшуков С.В. 2025. Результаты биолого-статистического анализа по уловам, выпуску продукции из карповых рыб, в том числе из воблы Волжско-Каспийского региона на современном этапе // Рыбохозяйственная наука в XXI веке: ключевые направления развития. Мат. III Межд. науч.-практ. конф. и V Школы молодых ученых и специалистов. М.: Изд-во ВНИРО, в 2-х томах. Том 2. С. 789-794.
- Сытова М.В. 2019. Историческая справка // Энциклопедия «Пищевые технологии». Технологии рыбной промышленности. В 2-х частях. / Л.С. Абрамова ред. М.: Изд-во ВНИРО. С. 15-39.
- Тармаева И.Ю., Боева А.В. 2014. Минеральные вещества, витамины: их роль в организме. Проблемы микронутриентной недостаточности. Иркутск: ИГМУ. 89 с.
- Терпугова Н.Ю., Сытова М.В. 2024. Вобла: продукция, качество, безопасность, паразитарная чистота // Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса. Экосистемы Голарктики в XXI веке. XII межд. науч.-практ. конф. молодых учёных и специалистов, Тюмень, 07-08 ноября 2024 года. М.: Изд-во ВНИРО. С. 137-139.
- Химический состав российских пищевых продуктов. 2002. Справочник / И.М. Скурихин, В.А. Тутельян ред. М.: ДеЛи принт. 236 с.
- Чаплыгин В.А. 2019. Тяжелые металлы в кормовых организмах и осетровых (*Acipenser persicus* и *Acipenser gueldenstaedtii*) Каспийского моря в связи с условиями обитания. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Астрахань. 23 с.
- Шульгина Л.В., Павел К.Г., Солодова Е.А., Якуш Е.В. 2023. Липидный профиль и диетическая ценность консервированных продуктов из сардины иваси // Индустрия питания. Т. 8, № 3. С. 123-133. DOI: 10.29141/2500-1922-2023-8-3-13.
- Энциклопедия питания в 10 т. Т. 6. Процессы, происходящие в продуктах при обработке. 2024. Справочное издание / А.И. Черевко, В.М. Михайлова ред. 2-е изд. стер. М.: КНОРУС. 536 с.
- Янин Е.П. 2010. Парацельс и его роль в становлении ятрохимии и токсикологии // Ртуть в биосфере: экологи-

- геохимические аспекты. Мат-лы Междунар. симп. (Россия, Москва, ГЕОХИ РАН, 7-9 сентября 2010 г.). М.: ГЕОХИ РАН. С. 76-84.
- Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO expert Consultation.* 2013. Rome: FAO. 66 p.
- Juczyska J., Markiewicz K., Jaworski J. 2006. Interspecific differences in macro- and microelements in fish muscles of six fish species from lakes of the Olsztyn Lake district (North-East of Poland) // Polish journal of food and nutrition sciences. V. 15/56, No 1, pp. 29-35. DOI: 10.4172/2153-0637.1000123
- Johnson M., Bradford C. 2014. Omega-3, Omega-6 and Omega-9 Fatty Acids: Implications for Cardiovascular and Other Diseases // J Glycomics Lipidomics 4: 123. DOI: 10.4172/2153-0637.1000123
- Farag M.A., Gad M.Z. 2022. Omega-9 fatty acids: potential roles in inflammation and cancer management // Farag and Gad Journal of Genetic Engineering and Biotechnology. DOI: 10.1186/s43141-022-00329-0
- REFERENCES**
- Akhmerova E.A., Kopylenko L.R., Rubtsova T.E. 2012. Nutritional value of fish caviar // Yu.A. Ovchinnikov Bull. of Biotechnology and physico-chemical biology. V. 8. No. 4. P. 12-20. (In Russ.).
- Baburina M.I., Vostrikova N.L., Ivankin A.N., Zenkin A.N. 2018. Biochemical conversion of natural lipids. Review // Theory and practice of meat processing. V. 3(3). P. 12-26. DOI 10.1323/2414-438X-2018-3-3-12-26. (In Russ.).
- Barabanov V.V., Gorokhov M.N., Shipulin S.V. 2022. On measures to preserve and restore the population of the roach *Rutilus rutilus caspicus* (Jakovlev, 1870) // Fisheries. No. 5. P. 77-81. DOI: 10.37663/0131-6184-2022-5-77-81. (In Russ.).
- Bityutskaya O.E., Lavrinenko O.I. 2024. The technology of fish production. Practical training. Kerch: KGMTU. 71 p. (In Russ.).
- Bichaeva O.N., Musaev M.A. 2008. Features of hematological parameters and microelement composition of some organs of pond fish // Bulletin of AGTU. No. 3 (44). P. 71-74. (In Russ.).
- Radysh I.V., Skalny A.V., Notova S.V., Marshinskaya O.V., Kazakova T.V. 2017. An introduction to elementology. Orenburg: Orenburg State University, EBS ASSV. 184 p. (In Russ.).
- Gladyshev M.I. 2012. Essential polyunsaturated fatty acids and their food sources for humans // Journal of Siberian FU. Biology. V. 5. No. 4. P. 352-386. (In Russ.).
- Dementieva T.F. 1939. Distribution and migration of roaches in the sea // Trudy VNIRO. V. 10. P. 81-128. (In Russ.).
- Jabarov M.I. 2006. Amino acid composition of tissues of various fish species in ontogenesis and under changing environmental conditions. Moscow: VNIRO Publish. 215 p. (In Russ.).
- Eliseev D.S. 1934. Technology of canning fish and other aquatic commercial products. Moscow: Ssnabtehzdat. 228 p. (In Russ.).
- Eliseeva T., Mironenko A. 2020. Vitamin F – description, effect on the body, the best sources // Journal of Healthy Nutrition and Dietetics. No. 11. P. 78-89. (In Russ.).
- Ivanov V.P., Paltingov V.N., Shipulin S.V. 2023. Fish resources of the Caspian Sea. Moscow: VNIRO Publish. 560 p. (In Russ.).
- Ivantsova M.N., Selezneva I.S. 2020. Fundamentals of the structure and properties of bio-organic compounds. Ural Federal University. Ekaterinburg. Ural FU Publish. 148 p. (In Russ.).
- Information about the nutritional value and caloric content of fish and fish products. 2013. Issue 4. Quality, safety and methods of analysis of products from aquatic organisms. Moscow: VNIRO Publish. 97 p. (In Russ.).
- Informational information about the nutritional value of products from aquatic organisms. 2003. Issue 1. Quality, safety and methods of analysis of products from aquatic organisms. Moscow: VNIRO Publish. 96 p. (In Russ.).
- Kiesewetter I.V. 1973. Biochemistry of raw materials of water origin. Moscow: Pishchevaya prom-st. 424 p. (In Russ.).
- Kim I.N., Kraschenko V.V., Kushniruk A.A. 2019. Safety of food raw materials and foodstuffs. Seafood. In 2 pts. Pt. 1. 2nd ed. Moscow: Yurayt. 229 p. (In Russ.).
- Kim I.N., Kraschenko V.V., Kushniruk A.A. 2020. Safety of food raw materials and foodstuffs. Seafood. In 2 pts. Pt. 2. 2nd ed. Moscow: Yurayt, 208 p. (In Russ.).
- Kleimenov I.Ya. 1962. Chemical and weight composition of fish in reservoirs of the USSR and foreign countries. Moscow: Moskovskaya Pravda. 144 p. (In Russ.).
- Kleimenov I.Ya. 1971. Nutritional value of fish. Moscow: Food industry. 152 p. (In Russ.).
- Lysikov Yu.A. 2012. Amino acids in human nutrition // Experimental and clinical gastroenterology. No. 2. P. 88-105. (In Russ.).
- Makarova G.P., Lykasova I.A., Mukhamedyarova Z.P., Mizhevikina A.S. 2019. Amino acid composition of two-year-old carp meat after application of a silicon-containing preparation // Izvestiya Orenburg SAU. № 6(80). P. 228-231. (In Russ.).
- Makhutova O.N., Gladyshev M.I. 2020. Essential polyunsaturated fatty acids in the physiology and metabolism of fish and humans: meaning, needs, sources // I.M. Sechenov Russian Physiol. Journal. 106(5): 601-621. DOI: 10.31857/S0869813920050040 (In Russ.).
- Skalny A.V., Skalnaya M.G., Kirichuk A.A., Tinkov A.A. 2021. Medical elementology. 2nd ed. Moscow: RUDN University. 199 p. (In Russ.).
- Mezenova O.Ya., Mezenova N.Yu. 2021. Mathematical modeling in food biotechnology. Kaliningrad: KSTU. 103 p. (In Russ.).
- Prozorovskaya N.I. 1952. On the methodology for determining the fat content of roach by the amount of fat on the intestine // Dokl. on biology, systematics and nutrition of fish, on marine chemistry and netting. Iss. 1. Moscow: Pishchepromizdat. P. 75-78. (In Russ.).
- Collection of technological instructions for fish processing. 1992. Vol. 1, 2. Moscow: Kolos. 590 p.

- Skalny A. V. 2010. Microelements: vigor, health, longevity. Moscow: Eksmo. 286 p. (In Russ.).
- Skalny A. V., Rudakov I. A., Notova S. V., Skalny V. V., Burtseva T. I., Baranova O. V., Gubaidulina S. G. 2005. Bioelementology: basic concepts and terms. Orenburg: GO OSU. 50 p. (In Russ.).
- Handbook on the chemical composition and technological properties of fish in inland waters. 1999. / V.P. Bykov ed. Moscow: VNIRO Publish. 207 p. (In Russ.).
- Sytova M. V. 2023. Methodological approaches to assessing the quality of fish food products using sensory analysis: a scientific review // Trudy VNIRO. V. 191. P. 124-141. (In Russ.).
- Sytova M. V., Terpugova N. Yu., Kamshukov S. V. 2025. The results of the biological and statistical analysis of catches, the production of products from cyprinid fish, including from the wobble of the Volga-Caspian region at the present stage // Fisheries science in the 21st century: key areas of development. Mat. III Inter. Scient. and Pract. Conf. and V Schools of Young Scientists and specialists. Moscow: VNIRO Publish. In 2 vol. V. 2. P. 789-794. (In Russ.).
- Sytova M. V. 2019. Historical background // Encyclopedia «Food technologies». Technologies of the fishing industry. In 2 pts. / L.S. Abramova, ed., Moscow: VNIRO Publish. P. 15-39. (In Russ.).
- Tarmaeva I. Yu., Boeva A. V. 2014. Minerals, vitamins: their role in the body. Problems of micronutrient deficiency. Irkutsk: IGMU. 89 p. (In Russ.).
- Terpugova N. Y., Sytova M. V. 2024. Vobla: products, quality, safety, parasitic purity // Modern problems and prospects for the development of the fisheries complex. Holarctic ecosystems in the 21st century. XII Intern. Scient. and Pract. Conf. of Young Scientists and Specialists, Tyumen, November 07-08, 2024. Moscow: VNIRO Publish. P. 137-139. (In Russ.).
- Chemical composition of Russian food products. 2002. Handbook / I.M. Skurikhin, V.A. Tutelyan, ed. Moscow: Delhi print. 236 p. (In Russ.).
- Chaplygin V. A. 2019. Heavy metals in forage organisms and sturgeons (*Acipenser persicus* and *Acipenser gueldenstaedtii*) The Caspian Sea in connection with the habitat conditions. PhD Abstr. in biology. Astrakhan. 23 p. (In Russ.).
- Shulgina L. V., Pavel K. G., Solodova E. A., Yakush E. V. 2023. Lipid profile and dietary value of canned sardine products from iwasi // Food industry. V. 8, No. 3. P. 123-133. DOI: 10.29141/2500-1922-2023-8-3-13. (In Russ.).
- Encyclopedia of nutrition in 10 vol. Vol. 6. Processes occurring in products during processing. 2024. Reference edition / A. I. Cherevko, V. M. Mikhailova ed. 2nd ed. Moscow: KNORUS. 536 p. (In Russ.).
- Yanin E. P. 2010. Paracelsus and his role in the development of iatrochemistry and toxicology // Mercury in the biosphere: ecological and geochemical aspects. Mat. Inter. simp. (Russia, Moscow, GEOHI RAS, September 7-9, 2010). Moscow: GEOHI RAS. pp. 76-84. (In Russ.).
- Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO expert Consultation. 2013. Rome: FAO. 66 p.
- Juczyska J., Markiewicz K., Jaworski J. 2006. Interspecific differences in macro- and microelements in fish muscles of six fish species from lakes of the Olsztyn Lake district (North-East of Poland) // Polish journal of food and nutrition sciences. V. 15/56, No 1, pp. 29-35. DOI: 10.4172/2153-0637.1000123
- Johnson M, Bradford C. 2014. Omega-3, Omega-6 and Omega-9 Fatty Acids: Implications for Cardiovascular and Other Diseases // J Glycomics Lipidomics 4: 123. DOI: 10.4172/2153-0637.1000123
- Farag M. A., Gad M. Z. 2022. Omega-9 fatty acids: potential roles in inflammation and cancer management // Farag and Gad Journal of Genetic Engineering and Biotechnology. DOI: 10.1186/s43141-022-00329-0

Поступила в редакцию 30.10.2025 г.
Принята после рецензий 19.12.2025 г.