

Показатели качества икры африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) в зависимости от возраста самок

В. Н. Любомирова, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Биология, экология, паразитология, водные биоресурсы и аквакультура»

Е. М. Романова✉, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой «Биология, экология, паразитология, водные биоресурсы и аквакультура»

В. В. Романов, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Информатика»

А. К. Сибгатуллова, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры «Биология, экология, паразитология, водные биоресурсы и аквакультура»

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432000, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1

✉vvr-emr@yandex.ru

Резюме. Работу выполняли с целью оценки качественных характеристик икры африканского клариевого сома в разные периоды онтогенеза самок. Для получения икры были сформированы 4 группы самок: в первую опытную группу вошли первично нерестящиеся самки в возрасте одного года, во вторую – в возрасте 2 лет, в третью – четырех лет, в четвертую – пяти лет. Исследовали содержание белка, жира, минеральных веществ, содержание воды и пищевую насыщенность икры. Икра впервые нерестящихся самок сильно обводнена. В икре годовалых самок самый низкий уровень белка 15,6 % и жира $3,2 \pm 0,6$ %, она относится к категории низконасыщенного пищевого сырья. Наиболее высокий уровень белка характерен для икры зрелых самок в возрасте от 2 до 4 лет и составляет от $22,4 \pm 1,1\%$ до $25,3 \pm 1,5$ %. У стареющих самок старше 5 лет уровень белка имеет тенденцию к снижению до $19,8 \pm 1,6$ %. Аналогичная ситуация прослеживается и по содержанию жира. Достоверных различий по содержанию минеральных веществ в икре в разные периоды онтогенеза самок не выявлено. По пищевой насыщенности икра самок африканского клариевого сома зрелого возраста превосходит показатели икры молодых самок, коэффициент у них выше на 0,21. Самки в возрасте от двух до четырех лет продуцируют наиболее качественную полноценную икру по сравнению с годовалыми и стареющими самками. До настоящего времени исследования качественных характеристик икры клариевого сома в разные периоды онтогенеза самок не проводили, полученные результаты являются новыми.

Ключевые слова: африканский клариевый сом, икра, пищевая ценность, витамины, возраст, старение.

Для цитирования: Показатели качества икры африканского клариевого сома (*CLARIAS GARIEPINUS*) в зависимости от возраста самок / В. Н. Любомирова, Е. М. Романова, В. В. Романов и др. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. №1 (69). С. 151-157. doi:10.18286/1816-4501-2025-1-151-157

Parameters of egg quality of african sharptooth catfish (*clarias gariepinus*) depending on the age of the females

V. N. Lyubomirova, E. M. Romanova✉, **V. V. Romanov, A. K. Sibgatullova**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Ulyanovsk State Agrarian University
432000, Ulyanovsk, Novyi Venets Boulevard, 1

✉vvr-emr@yandex.ru

Abstract. The work was carried out to assess the quality characteristics of the eggs of the African sharptooth catfish at different periods of the ontogenesis of females. To obtain the eggs, 4 groups of females were formed, the first experimental group included primarily spawning females aged one year, the second – aged 2 years, the third – 4 years, the fourth – 5 years. The content of protein, fat, minerals, water content and nutritional value of caviar was studied. The caviar of first-time spawning females is heavily watered. The caviar of one-year-old females has the lowest protein level of 15.6% and fat of $3.2 \pm 0.6\%$; it belongs to the category of low-saturated food raw materials. The highest protein level is typical for the caviar of mature females aged 2 to 4 years and ranges from $22.4 \pm 1.1\%$ to $25.3 \pm 1.5\%$. The protein level tends to decrease to $19.8 \pm 1.6\%$ among aging females over 5 years old. A similar situation is observed in the fat content. No reliable differences in the mineral content in caviar at different periods of female ontogenesis were found. In terms of nutritional value, the caviar of mature females of African clariid catfish exceeds the parameters of the caviar of young females; their coefficient is higher by 0.21. Females aged two to four years produce the highest quality full-fledged caviar, compared to one-year-old and aging females. Until now, no studies have been conducted on the qualitative characteristics of caviar of the clariid catfish at different periods of ontogenesis of females; the results obtained are new.

Keywords: African catfish, caviar, nutritional value, vitamins, age, aging.

For citation: Parameters of egg quality of african sharptooth catfish (*clarias gariepinus*) depending on the age of the females // V. N. Lyubomirova, E. M. Romanova, V. V. Romanov, et al. // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2025;1(69): 151-157 doi:10.18286/1816-4501-2025-1-151-157

Исследования выполняли по Программе стратегического академического лидерства «Приоритет-2030»

Введение

Рыба – источник высококачественного, легкоусвояемого белка, который содержит полный спектр незаменимых аминокислот и жирных кислот. Содержание белка в мясе рыб колеблется от 15 до 24 %. Химический состав рыб довольно близок к составу мяса наземных животных, основные компоненты: вода – 66...84 %, белки – 15...24%, липиды – 0,1...22 % [1,2].

Исследования в области диетологии доказали, что рыбный белок относится к тому же классу, что и куриный белок, и превосходит по ценности во всех отношениях говяжий белок, молочный и яичный альбумин [2, 3].

Состав мяса рыб и их икры существенно различается в зависимости от возраста, размера, стадии половой зрелости, рациона гидробионтов. Не менее значимы факторы видовой принадлежности, возраста, пола, физиологического состояния, условий среды обитания, времени и места улова [4, 5].

Известно, что по мере роста рыбы и ее старения в мясе повышается содержание жира и снижается уровень обводненности тканей. В периоды нереста и зимних миграций происходит инверсия этих показателей: доля жира сокращается, а воды увеличивается [6]. Характер распределения жира в теле рыб зависит от их видовой принадлежности: у осетровых, лососевых и сельдевых жир сосредоточен в мышцах, у тресковых, акул и скатов – в печени, у карповых – на внутренних органах, у камбалы – в соединительной ткани вокруг костей, в области позвоночника и оснований плавников, а также в головных костях [7, 8].

Минеральные вещества в теле рыб также распределены неравномерно. Они сосредоточены в основном в костях, плавниках и чешуе, а в мышечной ткани превалирует вода.

Пищевая ценность икры определяется способностью удовлетворять основные запросы организма человека в белке, жирах, минеральных веществах, обеспечивая его нормальное функционирование, поэтому определение в мясе рыбы содержания белка, жира, минеральных солей и пищевой насыщенности икры актуально и имеет особую значимость, иллюстрируя пищевую ценность продукта питания [9].

Африканский клариевый сом – *Clarias gariepinus*, принадлежащий к семейству Clariidae, является пресноводной рыбой, обитающей в теплых водоемах на мелководье. Этот вид имеет уникальный наджаберный дыхательный орган, позволяющий дышать кислородом воздуха и длительное время

выживать без воды. Такая анатомическая особенность делает этот вид привлекательным для индустриальной аквакультуры [10]. Икра клариевого сома экзотическая во всех отношениях. Она мелкая, необычного насыщенного темно-зеленого цвета, который при переработке икры не изменяется на желтый, как у других видов рыб.

Клариевый сом по своей природе – всеядный хищник. Молодь клариевого сома питается водными насекомыми, а взрослые особи – любой пищей, в частности зоопланктоном и моллюсками, но отдает предпочтение рыбе [11,12].

Клариевый сом широко распространен в аквакультуре на всех континентах и достаточно хорошо изучен, чего нельзя сказать о его икре [12]. На сегодняшний день икра клариевого сома практически не изучена. Важно отметить, что африканский клариевый сом характеризуется многопорционным нерестом и при весе самок в 1 кг способен продуцировать в течение года свыше 1 кг икры.

Икра рыб является востребованным деликатесом и обладает множеством уникальных полезных свойств. Она богата омега-3, омега-6, омега-9 жирными кислотами, которые, как известно, профилактируют сердечно-сосудистые заболевания; в ней содержится легкоусвояемый белок, который считается полноценным, поскольку содержит все незаменимые аминокислоты. Икра насыщена витаминами и минералами, такими как железо, магний, фосфор, кальций, которые поддерживают иммунитет, выработку энергии и отвечают за здоровье костной ткани [13].

Белок – наиболее ценный компонент в икре, он важен для наращивания и поддержания мышечной массы, является «строительным материалом» для выработки ферментов и гормонов, регулирующих метаболизм [14].

В 100 г мяса африканского сома содержится 18,5 г белка и всего 105 калорий. Это позволяет отнести это мясо к категории продуктов диетического питания и использовать в программах снижения веса. Поскольку в мясе клариевого сома мало жира, его можно рассматривать как практически чистый источник белка [15].

Целью работы была оценка качественных характеристик икры африканского клариевого сома в разные периоды онтогенеза самок.

Материалы и методы

Объект исследования – икра африканского сома, полученная в разные периоды их онтогенеза от самок в возрасте от одного года и до пяти лет включительно.

С целью получения икры были сформированы 4 группы самок по 10 особей в каждой. В 1 опытную группу вошли первично нерестящиеся самки в возрасте одного года средним весом 1200...1300 г, во вторую в возрасте 2 лет, средним весом 2000...2100 г, в третью – 4 года, весом 3800...3900 г, в четвертую – пяти лет, весом свыше 5000 г.

Икра для исследования была получена от самок всех возрастов с помощью гормональной стимуляции искусственного нереста. Гормональную стимуляцию для созревания икры проводили с использованием сурфагона, который готовили следующим образом: в 10 мл сурфагона добавляли 2 мл эглонила (50 мг/мл). Для рыб в возрасте 1...2 лет использовали сурфагон – 5 мкг/мл, а для рыб в возрасте 4...5 лет – 10 мкг/мл. Годовалой и двухгодовалой рыбам вводили 1,5 мл смеси сурфагона и эглонила (5 мкг/мл), а четырех- и пятилетней рыбам – 2 мл сурфагона (10 мкг/мл). Через 12 ч. после введения сурфагона отмечалось созревание икры, поскольку зрелая икра начинала вытекать из самок.

Коэффициент пищевой насыщенности (Кпн) определяли отношением суммы белков (Б), липидов (Ж) и углеводов (У) к массовой доле воды в продукте (сырье) (В) в процентах или долях единицы и рассчитывали по формуле:

$$Кпн = (Б + Ж + У) : В.$$

В зависимости от величины этого коэффициента все пищевое сырье подразделяют на: низконасыщенное – величина коэффициента пищевой насыщенности меньше 0,3; средненасыщенное – величина коэффициента пищевой насыщенности от 0,3 до 0,6; высоконасыщенное – величина коэффициента пищевой насыщенности от 0,6 до 1,5.

Исследования содержания воды, белка, жира, минеральных веществ проводили в соответствии с действующими национальными стандартами РФ: ГОСТ Р 52421-2005, «Рыба, морепродукты и продукция из них. Метод определения массовой доли белка, жира, воды, фосфора, кальция и золы спектроскопией в ближней инфракрасной области»; ГОСТ 31339-2006 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб» в учебно-научно-испытательной лаборатории ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова».

Статистическую обработку полученных результатов выполняли в MS Excel 2007. Различия между группами считали значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты

На первом этапе работы нами были проведены исследования содержания воды в икре клариевого сома (рис.1). Выявлено наличие возрастных особенностей по содержанию воды в икре у самок. Наиболее обводненной была икра годовалых самок. Содержание влаги в их икре было максимальным и составляло $79,6 \pm 1,1\%$. С возрастом у более зрелых самок обводненность икры

снижалась. У двухгодовалых самок обводненность икры снизилась до $70,5\%$, приблизительно такое же содержание воды отмечали в икре четырехлетних самок – $69,4 \pm 1,0\%$.

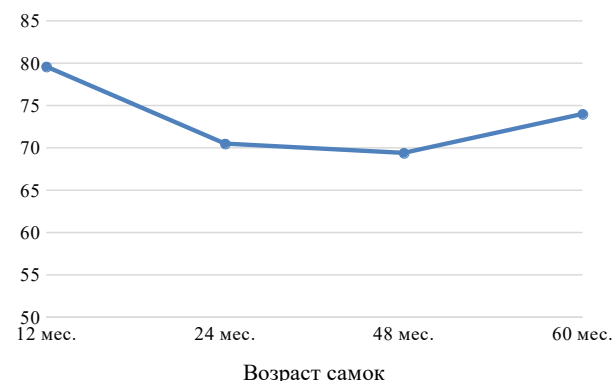


Рис. 1. Содержание воды в икре самок на разных этапах онтогенеза, %

У самок африканского клариевого сома пятилетнего возраста содержание воды в икре составляло $74 \pm 1,3\%$. Диапазон колебаний по содержанию воды в икре самок разного возраста был значительным от $69,4\%$ до $79,6\%$. На следующем этапе проводили исследование содержания белка в икре (рис. 2).

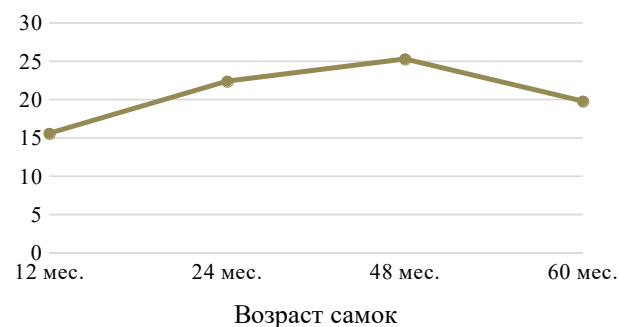


Рис. 2. Содержание белка в икре самок на разных этапах онтогенеза, %

Содержание белка в образцах икры у годовалых самок африканского клариевого сома составляло $15,6\%$. С возрастом содержание протеина возрастало. У двухлетних самок содержание протеина составило $22,4 \pm 1,1\%$. По мере роста у самок – четырехлеток содержание протеина достигало уровня $25,3 \pm 1,5\%$. У самок пятилетнего возраста содержание белка в икре имело тенденцию к снижению и составило $19,8 \pm 1,6\%$ (рис. 2).

На следующем этапе работы исследовали содержание жира в икре самок клариевого сома (рис. 3).

Полученные результаты показали, что содержание жира в икре самок первого года жизни составляло $3,2 \pm 0,6\%$. По мере взросления содержание жира в икре самок возрастало у двухлеток до $4,8 \pm 0,3\%$. У четырехлетних самок

содержание жира в икре было выше, чем у двухлеток и составляло $5,1 \pm 0,6\%$. В пятилетнем возрасте у самок содержание жира в икре, по сравнению с четырехлетними самками – понизилось до $4,3 \pm 0,4\%$ (рис. 3.).

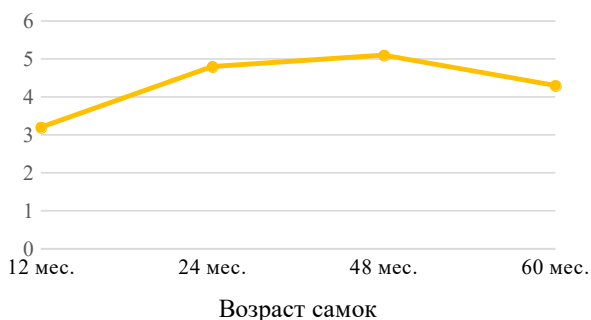


Рис. 3. Содержание жира в икре самок на разных этапах онтогенеза, %

Следующим этапом работы определение содержания в икре минеральных веществ. Результаты представлены на рисунке 4.

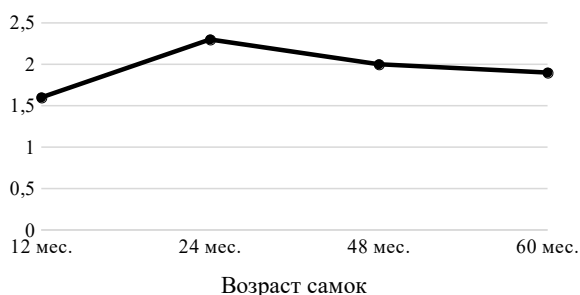


Рис. 4. Содержание минеральных веществ в икре самок в разные периоды онтогенеза, %

Минеральные вещества в икре у самок первого года жизни составляют $1,6 \pm 0,5\%$. По мере взросления в двухлетнем возрасте содержание минеральных веществ в икре возросло до $2,3 \pm 0,3\%$. В четырехлетнем возрасте у самок содержание минеральных веществ в икре было на уровне $2,0\%$. В пятилетнем возрасте содержание минеральных веществ, по сравнению с четырехлетними самками в икре практически не изменилось, хотя намечалась тенденция к снижению этого показателя (рис.4). Размах колебаний изучаемого признака был незначительным и укладывался в интервал $1,6...2,3\%$. Достоверных различий по содержанию минеральных веществ в икре самок в разные периоды их онтогенеза нет. Выявленные различия – кажущиеся.

Пищевая ценность икры характеризуется таким показателем, как коэффициент пищевой насыщенности (рис. 5).

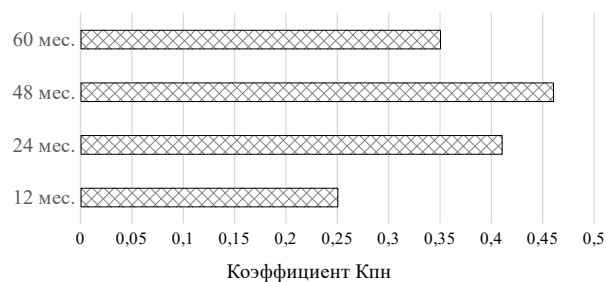


Рис. 5. Пищевая насыщенность икры клариевого сома в зависимости от возраста самок

Наиболее высокие показатели были характерны для икры самок клариевого сома в возрасте четырех – $0,46$ и в возрасте двух лет – $0,41$, чуть ниже показатели у пятилетних самок – $0,35$, что позволяет отнести все эти образцы икры к категории средненасыщенного пищевого сырья. В группе впервые нерестящихся самок коэффициент пищевой насыщенности образцов икры составил $0,25$, поэтому их икра относится к категории низконасыщенного пищевого сырья в связи с высокой обводненностью и пониженным содержанием белка и жира.

Обсуждение

Икра африканского клариевого сома – ценный пищевой продукт с высоким содержанием белка, жиров, минеральных веществ. Мы исследовали качественные показатели икры в разные периоды онтогенеза рыб: в годовалом, в двухлетнем, в четырехлетнем и пятилетнем возрастах.

Известно, что в среднем продолжительность жизни африканского клариевого сома в условиях высокотехнологичной аквакультуры составляет в среднем чуть больше 6 лет, поэтому понятно, что возраст с двух до четырех лет хорошо укладывается в понятие зрелого возраста для этого вида рыб.

Годовалый возраст – начальный возраст – период полового созревания, а пятилетний возраст – это стареющая рыба. Применяя эту временную шкалу для оценки полученных нами результатов можно провести сравнительный анализ всех качественных показателей икры, таких как вода, белок, жир, минеральные вещества.

Поскольку икра рыб является половым продуктом, состоящим из ооцитов разной стадии зрелости, понятно, что качество этих клеток зависит от функционирования гипоталамо-гипофизарного механизма, в котором возрастной аспект играет важную роль, поэтому при обсуждении результатов время жизни африканского клариевого сома стоит поделить на три периода. Первый – молодая половозрелая рыба в годовалом возрасте. Второй – самый продолжительный, – это зрелая рыба в возрасте 2...4 лет. Третий – стареющая рыба – в возрасте 5...6 лет. С этих возрастных позиций проанализируем полученные результаты.

Начнем анализ с оценки содержания в икре воды. По нашим данным более высокий уровень обводненности икры характерен для двух

возрастных периодов – для молодой рыбы, у которой идет становление половой системы, и для стареющей рыбы, у которой половые процессы начинают затухать, снижая качество половых клеток – ооцитов. В возрастном диапазоне от двух до четырех лет уровень влаги в икре оптимальный. По результатам статобработки уровень воды в икре двух- и четырехлетних самок достоверно не отличался, во всех остальных случаях отличия достоверны. Полученные результаты согласуются с данными других исследователей, которые отмечают, что у впервые нерестящихся самок икра мелкая и содержит минимальное количество сухих веществ, жировых компонентов и белка [8, 15].

Наши результаты, полученные при исследовании содержания белка и жира, согласуются с данными литературных источников [1, 7, 10]. Самый низкий уровень белка и жира отмечается у годовалых самок, самый высокий – у зрелых в возрасте от 2 до 4 лет. У стареющих самок начинает закладываться тенденция на снижение уровня белка. В период половой зрелости самок в возрасте от 2 до 4 лет различия по содержанию белка незначительны и недостоверны, даже у самок пятилетнего возраста уровень белка в икре достоверно не отличается от его содержания в икре двухлетних самок. Этот показатель ведет себя стабильно.

По содержанию жира отличия достоверны при сравнении самок первого и второго годов жизни, годовалых и четырехлетних самок.

Наши данные согласуются с результатами [8, 15], поскольку наиболее высокое содержание белка и жира характерно для самок в возрасте от двух до четырех лет. Именно в этом возрасте самки продуцируют наиболее качественную полноценную икру, отличающуюся по качеству от икры годовалых и стареющих самок.

Несколько отличается картина, полученная при исследовании содержания минеральных веществ в икре. Проведенные исследования показали, что достоверных различий по содержанию

минеральных веществ в икре самок в разные периоды их онтогенеза нет. Выявленные различия – кажущиеся.

По пищевой насыщенности икра самок зрелого возраста превосходит показатели икры молодых самок. Икра молодых, годовалых самок относится к низконасыщенному сырью.

Заключение

При выращивании рыбы в условиях аквакультуры большое внимание уделяется качеству ее мяса. Исследований, посвященных качеству икры, которая является сопутствующим продуктом производства товарной рыбы уделено крайне мало внимания. Вопросы качества икры по мере взросления и старения самок не изучены.

Между тем востребованность икры как продукта аквакультуры неизменно растет. Наши исследования качественных показателей икры продемонстрировали, что икра африканского клариевого сома является ценным пищевым продуктом диетического питания, богатым белком, жирами и углеводами. Установлено, что наиболее высокий уровень белка характерен для икры зрелых самок в возрасте от 2 до 4 лет и составляет от $22,4 \pm 1,1\%$ до $25,3 \pm 1,5\%$. У стареющих самок старше 5 лет уровень белка имеет тенденцию к снижению до $19,8 \pm 1,6\%$.

Коэффициент пищевой насыщенности икры в группах самок двух, четырех и пяти лет выше 0,3, поэтому икра этих самок относится к категории средненасыщенного пищевого сырья. В группе впервые нерестящихся самок коэффициент пищевой икры не превышал 0,25. Такая икра относится к низконасыщенному пищевому сырью.

Икра самок первого нереста и стареющих самок по качественным характеристикам уступает икре зрелых самок. До настоящего времени показатели качества икры африканского клариевого сома в разные периоды онтогенеза самок не исследовались, полученные результаты являются новыми.

Литература

1. Ахмерова Е. А., Копыленко Л. Р., Рубцова Т. Е. Пищевая ценность икры рыб // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю. А. Овчинникова. 2012. Т. 8. № 4. С. 12–20.
2. Радакова Т. Н. Икра и икорные продукты на мировом рынке // Рыбная промышленность. 2009. № 1. С. 6–7.
3. Ким Г. Н., Дементьева Н. В., Богданов В. Д. Сравнительное исследование пищевой ценности икры рыб тихоокеанского бассейна // Рыбное хозяйство. 2016. № 3. С. 102–107.
4. Дворянинова О. П., Бобрешова М. В. Современное состояние и перспективы развития икорного производства // Материалы III отчетной научной конференции за 2013 год: в 3 ч. Ч. 1 Воронеж. гос. ун-т инж. технол. Воронеж, 2014. С. 67–68.
5. Власов В. А. Выращивание клариевого сома (*Clarias gariepinus* Burchell) при различных условиях содержания и кормления // Научные основы сельскохозяйственного рыбоводства: состояние и перспективы развития. Сборник научных трудов ВНИИ ирригационного рыбоводства. 2010. С. 168–179.
6. Любомирова В. Н., Романова Е. М., Романов В. В. Возрастная динамика репродуктивной способности и качества потомства у африканского сома в условиях аквакультуры // Вестник Ульяновской государственной

сельскохозяйственной академии. 2022. № 2(58). С. 120-127. doi: 10.18286/1816-4501-2022-2-120-127. EDN DKMLHY.

7. Fish protein hydrolysates: proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: a review / M. Chalamaiah, D. Kumar, B. Dinesh, et. al. // Food Chemistry. 2012. Vol. 135. No. 4. P. 3020-3038.

8. Сравнительная характеристика пищевой ценности крупного карпа, сома, карпа и популярного карася / З. М. Арапова, О. И. Коннова, И. Ю. Алексанян и др. // Современная наука и инновации. 2023. № 1. С. 65-71. doi:10.37493/2307-910X.2023.1.6

9. Regulation of the Duration of Spawning Cycles of Catfish in Industrial Aquaculture / E. Romanova, V. Lyubomirova, V. Romanov et al. // KnE Life Sciences : DonAgro: International Research Conference on Challenges and Advances in Farming, Food Manufacturing, Agricultural Research and Education, Rostov-on-Don, 17–19 июня 2020 г. Dubai, UAE: Knowledge E, 2021. P. 566-576. EDN PUYETZ.

10. Чугунова Е. О. Оценка качества и микробиологической безопасности икры рыб семейства лососевых // Пермский аграрный вестник. 2019. № 3(27). С. 139-145. EDN SQJSPH.

11. Trade-offs between growth and reproduction in wild atlantic cod / A. Folkvord, C. Jørgensen, K. Korsbrekke, et al. // Canadian journal of fisheries and aquatic sciences. 2014. Vol. 71. No. 7. P. 1106-1112.

12. Vectors for the development of high-tech industrial aquaculture / E. M. Romanova, V. V. Romanov, V. N. Lyubomirova, et al. // Bio web of conferences. International scientific-practical conference “agriculture and food security: technology, innovation, markets, Human resources” (fies 2020). 2020. P. 132

13. Дементьева Н. В., Богданов В. Д. Исследование пищевой ценности икры промысловых видов рыб // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: Материалы V Международной научно-технической конференции. В 2-х частях, Владивосток, 22–24 мая 2018 года. Том Часть II., Владивосток: Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2018. С. 28-33. EDN YNEADB.

14. Reproductive Aging of African Catfish in Aquaculture / V. Lyubomirova, E. Romanova, V. Romanov, et al. // BIO Web of Conferences. 2021. Vol. 37. P. 00110. doi: 10.1051/bioconf/20213700110. EDN HENYIW.

15. Bledsoe G. E., Bledsoe C. D., Rasco B. Caviars and fish roe products // Crit Rev Food Sci Nutr. 2003. Vol. 43 (3). P. 317-356.

References

1. Kopylenko L. R., Rubtsova T. E. Nutritional value of fish caviar // Vestnik of biotechnology and physicochemical biology named after Yu. A. Ovchinnikov. 2012. Vol. 8. No. 4. P. 12–20.

2. Radakova T. N. Caviar and caviar products on the world market // Fish industry. 2009. No. 1. P. 6–7.

3. Kim G. N., Dementyeva N. V., Bogdanov V. D. Comparative study of the nutritional value of Pacific Ocean fish roe // Fisheries. 2016. No. 3. P. 102–107.

4. Dvoryaninova O. P., Bobreshova M. V. Current state and prospects for development of caviar production // Proceedings of the LII scientific conference for 2013: in 3 parts. Part 1 Voronezh State University of Engineering and Technology. Voronezh, 2014. P. 67–68.

5. Vlasov V. A. Growing sharptooth catfish (*Clarias gariepinus* Burchell) under various conditions of housing and feeding // Scientific foundations of agricultural fish farming: state and development prospects. Collection of scientific papers of the All-Russian Research Institute of Irrigation Fish Farming. 2010. P. 168-179.

6. Lyubomirova V.N., Romanova E.M., Romanov V.V. Age dynamics of reproductive capacity and quality of the offspring of African catfish in aquaculture conditions // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2022. No. 2(58). P. 120-127. doi: 10.18286/1816-4501-2022-2-120-127. EDN DKMLHY.

7. Fish protein hydrolysates: proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: a review / M. Chalamaiah, D. Kumar, B. Dinesh, et. al. // Food Chemistry. 2012. Vol. 135. No. 4. P. 3020-3038.

8. Comparative characteristics of the nutritional value of large carp, catfish, carp and popular crucian carp / Z. M. Arabova, O. I. Konnova, I. Yu. Aleksanyan et al. // Modern Science and Innovation. 2023. No. 1. P. 65-71. doi:10.37493/2307-910X.2023.1.6

9. Regulation of the Duration of Spawning Cycles of Catfish in Industrial Aquaculture / E. Romanova, V. Lyubomirova, V. Romanov et al. // KnE Life Sciences : DonAgro: International Research Conference on Challenges and Advances in Farming, Food Manufacturing, Agricultural Research and Education, Rostov-on-Don, June 17–19, 2020. Dubai, UAE: Knowledge E, 2021. P. 566–576. EDN PUYETZ.

10. Chugunova E. O. Assessment of the quality and microbiological safety of salmon caviar // Perm Agrarian Vestnik. 2019. No. 3(27). P. 139–145. EDN SQJSPH.

11. Trade-offs between growth and reproduction in wild atlantic cod / A. Folkvord, C. Jørgensen, K. Korsbrekke, et al. // Canadian journal of fisheries and aquatic sciences. 2014. Vol. 71. No. 7. P. 1106-1112.

12. Vectors for the development of high-tech industrial aquaculture / E. M. Romanova, V. V. Romanov, V. N. Lyubomirova, et al. // Bio web of conferences. International scientific-practical conference “agriculture and food security: technology, innovation, markets, Human resources” (fies 2020). 2020. P. 132

13. Dementyeva N. V., Bogdanov V. D. Study of the nutritional value of commercial fish roe // Current problems of development of biological resources of the World Ocean: Proceedings of the V International scientific and technical conference. In 2 parts, Vladivostok, May 22–24, 2018. Part II, Vladivostok: Far Eastern State Technical Fisheries University, 2018. P. 28–33. EDN YNEADB.

14. Reproductive Aging of African Catfish in Aquaculture / V. Lyubomirova, E. Romanova, V. Romanov, et al. // BIO Web of Conferences. 2021. Vol. 37. P. 00110. doi: 10.1051/bioconf/20213700110. EDN HENYIW.

15. Bledsoe G. E., Bledsoe C. D., Rasco B. Caviars and fish roe products // Crit Rev Food Sci Nutr. 2003. Vol. 43 (3). P. 317-356.