

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-3-97-106>

УДК 639.212:664.955.2:641.1

© 2023



Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

Подготовка овариальной жидкости (икорного золя) осетровых рыб для использования в качестве физиологически-функциональных ингредиентов в продуктах питания нового поколения

Илья М. Чебанов, Василий Е. Тарасов,
Ирина А. Дубровская, Светлана А. Калманович*

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»;
ул. Московская, д. 2, корпус Г, г. Краснодар, 350072, Российская Федерация

Аннотация. Развитие современного рынка пищевых функциональных ингредиентов предусматривает поиск новых сырьевых источников, повышение эффективности и разработку инновационных технологических процессов их получения и введения в состав обогащаемых продуктов, разработку маркетинговых стратегий продвижения. Учитывая это, нами были проведены исследования по оценке физико-химических и технологических свойств вторичных ресурсов производства черной икры осетровых рыб, выращенных в условиях осетровых хозяйств Краснодарского края. Показано, что овариальная жидкость (икорный золь) отличается высокой биологической ценностью, которая подтверждается наличием в белках икры всех незаменимых аминокислот. Икорный золь также содержит комплекс основных макро- и микро-нутриентов. Полученные результаты подтверждают, что данный продукт является физиологически функциональным ингредиентом для производства продуктов питания нового поколения. Разработана технология обеззараживания икорного золя для увеличения его сроков годности и продуктов, полученных на его основе. Обработку овариальной жидкости (икорного золя) в анодной зоне при электролизе водного раствора поваренной соли осуществляли с последующим помещением ее с структуру множественной эмульсии соуса. Анализ микробиологических показателей свидетельствует о том, что обработка икорного золя и получение соуса в форме множественной эмульсии позволяет обеспечить микробиологические показатели готового продукта, соответствующие требованиям ТР ТС 021/2011.

Ключевые слова: икорный золь, эмульсионный продукт, технология, режимы, срок хранения, электролиз, множественная эмульсия

Для цитирования: Чебанов И.М., Тарасов В.Е., Дубровская И.А. и др. Подготовка овариальной жидкости (икорного золя) осетровых рыб для использования в качестве физиологически-функциональных ингредиентов в продуктах питания нового поколения. Новые технологии / New technologies. 2023; 19(3): 97-106. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-3-97-106>

Preparation of ovarian fluid (caviar sol) of sturgeons for the use as physiological and functional ingredients in new generation food products

Ilya M. Chebanov, Vasily E. Tarasov,
Irina A. Dubrovskaya, Svetlana A. Kalmanovich*

FSBEI HE «Kuban State Technological University»;
2 Moskovskaya str., building G, Krasnodar, 350072, the Russian Federation

Abstract. The development of the modern market for food functional ingredients involves the search for new raw materials, increasing efficiency and developing innovative technological processes for their production and introduction into fortified products, and the development of marketing promotion strategies. Considering this, we have conducted the research to assess physical, chemical and technological properties of secondary resources for the production of black caviar of sturgeon fish grown in the conditions of sturgeon farms in the Krasnodar Territory. It has been shown that ovarian fluid (caviar sol) has a high biological value, which is confirmed by the presence of all essential amino acids in caviar proteins. Caviar sol also contains a complex of basic macro- and micronutrients. The results obtained confirm that this product is a physiologically functional ingredient for the production of new generation food products. A technology has been developed for disinfecting caviar sol to increase its shelf life and of the products obtained from it. The processing of ovarian fluid (caviar sol) in the anode zone during electrolysis of an aqueous solution of table salt was carried out followed by its placement in the structure of a multiple emulsion sauce. Analysis of microbiological indicators has indicated that the processing of caviar sol and the production of sauce in the form of a multiple emulsion makes it possible to ensure microbiological indicators of the finished product that meet the requirements of TR CU 021/2011.

Keywords: caviar sol, emulsion product, technology, modes, shelf life, electrolysis, multiple emulsion

For citation: Chebanov I.M., Tarasov V.E., Dubrovskaya I.A. [et al.] Preparation of ovarian fluid (caviar sol) of sturgeons for the use as physiological and functional ingredients in new generation food products. *Novye tehnologii / New technologies*. 2023; 19(3): 97-106. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-3-97-106>

Введение. В связи с резким сокращением численности осетровых рыб естественной популяции товарное осетроводство является одним из основных направлений промышленного рыбодоводства. Падение уловов осетровых во второй половине XIX в. стимулировало начало работы по их искусственному воспроизводству [1].

Осетровые хозяйства Краснодарского края применяют метод прижизненного получения икры осетровых рыб с целью сохранения продуктивного возврата самки в течение длительного

периода времени. При получении икры прижизненными методами вторичным продуктом является овариальная жидкость (икорный золь), которая находится между икринками в полости тела рыбы, ее количество достигает до 25% от массы икры [2].

Изучение функциональных свойств овариальной жидкости (икорного золь) показало, что она представляет собой полупрозрачную мелкодисперсную коллоидную систему. Цвет от светло-бежевого до слегка сероватого и розоватого (в случае попадания кровеносных

сосудов). Содержание сухих веществ составляет около 2%, белка – от 35,1% до 56,2% (в пересчете на сухое вещество), жира – от 0,07% до 0,10% и золы – от 0,4% до 0,7%. Белковый состав представлен 19 аминокислотами, из которых 10 незаменимых, и их отношение к сумме заменимых аминокислот составляет более 0,96. Отмечено высокое содержание лизина, треонина, метионина и гистидина. Из заменимых аминокислот доминирующими являются аспарагиновая кислота, глютаминовая кислота, аланин и серин. Выявлено относительно высокое содержание витамина В1 – до 3,5 мг/100 г, а также макроэлементов, таких как К (21,5–48,3 мг/100 г) и Mg (2,1–3,2 мг/100 г) [2].

Таким образом, использование овариальной жидкости (икорного золья) в качестве эмульсионного физиологически функционального ингредиента актуально при создании отечественных продуктов нового поколения.

Среди продуктов на основе водно-жировых эмульсий наибольшее распространение получили майонезы, соусы майонезные, а также соусы на растительной основе. Необходимо отметить, что при создании продуктов данной категории, особенно диетических, наряду с получением устойчивых эмульсий необходимо обеспечить их высокую биологическую и физиологическую ценность. Наличие в составе овариальной жидкости ценных микронутриентов и витаминов позволяет использовать ее для производства различных видов эмульсионных пищевых продуктов, например соуса майонезного [3].

Однако, использование овариальной жидкости (икорного золья) в нативном состоянии не технологично в связи с активной микробиологической контаминацией при хранении.

Существует два способа наиболее эффективного регулирования качественного и количественного составов микробных загрязнений поверхности сырь:

– применение антимикробных препаратов;

– воздействие физических полей и частиц.

Однако данные способы приводят к изменению нативных свойств овариальной жидкости (икорного золья) за счет температурного или химического воздействий [4].

Таким образом, целью данной научной работы является создание способа обработки овариальной жидкости (икорного золья) осетровых рыб при прижизненном получении икры с целью снижения микробиологического загрязнения и перевод ее в физическую форму множественной эмульсии для обеспечения сохранения показателей качества более длительного срока и расширение возможного ассортимента пищевых продуктов нового поколения с улучшенными физиологически функциональными свойствами.

Объекты и методы исследований.

В качестве основного объекта исследования использовали овариальную жидкость (икорный золь), полученную при прижизненном способе получения икры осетровых пород рыб в хозяйствах Краснодарского края.

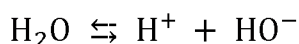
Для подготовки и обеззараживания овариальной жидкости (икорного золья), применяющейся в качестве компонента – соуса на растительной основе, использовали конструкцию электролизера, приведенную в патенте на полезную модель № 76920 [5]. Конструкция электролизера приведена на рисунке 1. В данной конструкции установки электролизера имеются три зоны, разделенные пористыми мембранами (поз 9): I – внешняя зона (анодная); II – средняя зона; III – внутренняя зона (катодная). Корпус электролизера, изготовленный из нержавеющей стали, выполняет роль отрицательного электрода, а в среднюю зону помещены графитовые электрода, выполняющие роль положительного электрода (поз. 10.). В каждую зону подается определенная

жидкость. Во внешнюю зону – I – вода; во II – зону с помощью насоса (поз. 4) из емкости (поз. 5) заданный раствор NaCl; в зону III – из емкости (поз. 1) насосом (поз. 2) подается исходная овариальная жидкость (икорный золь). Показатели pH анолита и католита регулируются скоростью прокачки жидкостей, выходящих из электролизера ротаметром (поз. 8 и 11), а скорость подачи водного раствора NaCl – ротаметром (поз. 7).

Водный раствор NaCl диссоциирует на ионы Na^+ и Cl^- , которые через фильтрующие перегородки (поз. 9) двигаются к соответствующим электродам, где встречаются с диссоциированными ионами воды H^+ и OH^- .

Таким образом, в процессе электролиза водного раствора хлорида натрия в анодной зоне образуется HCl, а в катодной зоне NaOH. Основным активным компонентом в анолите является HCl.

При диффузии ионов Cl^- в анодную зону они встречаются с ионами диссоциированной воды H^+ и HO^- .



В результате образуется



Наряду с основными компонентами в растворе анодной зоны – III образуется хлорноватистая кислота (HOCl или HClO) – это слабая кислота, которая образуется, когда хлор растворяется в воде и сам частично диссоциирует с образованием гипохлорита ClO^- . HClO и ClO^- – основные дезинфицирующие средства хлорных растворов. HClO нельзя выделить из этих растворов из-за быстрого уравнивания. Овариальную жидкость (икорный золь), подавая в анодную зону – III, обрабатывали путем электролиза в анодной зоне до величины pH 4,0–4,5. Водный раствор хлорида натрия с концентрацией 1% подавали в среднюю зону II, а в катодную зону I – воду. Электролиз осуществляли при силе тока 0,5–0,6 А, напряжении тока 36 В и скорости потока

овариальной жидкости (икорного золь) и раствора соли в соответствующих зонах 1–10 $\text{cm}^3/\text{ч}$.

Образование HClO и ClO в овариальной жидкости (икорном золе) позволяет провести его полное обеззараживание и увеличить время его хранения и хранения продуктов, полученных при использовании икорного золь.

В настоящее время продукты, основным активным ингредиентом которых является хлорноватистая кислота, одобрены для использования в пищу. В ряде исследований отечественных и зарубежных ученых было показано, что солевой гигиенический раствор, консервированный чистой хлорноватистой кислотой, значительно снижает бактериальную нагрузку без изменения разнообразия бактерий. После 20 минут обработки поверхности количество стафилококков уменьшилось более чем на 99% [6].

На следующем этапе осуществляли приготовление множественной эмульсии с включением в ее состав овариальной жидкости (икорного золь) после обеззараживания по разработанной технологии.

Комплексные системы, в которых капли дисперсной фазы содержат еще более мелкие мицеллы, называются множественной эмульсией. Это значит, что множественная эмульсия состоит как минимум из трех фаз «вода/масло/вода». Схематическое изображение множественной эмульсии представлено на рисунке 2.

На первом этапе готовится простая истинная эмульсия типа – вода в масле (в/м). Роль водной фазы выполняет овариальная жидкость (икорный золь), предварительно обработанная путем электролиза в анодной зоне до величины pH 4,0–4,5 при подаче водного раствора хлорида натрия с концентрацией 1% в среднюю зону при силе тока 0,5–0,6А, напряжении тока 36 В и скорости потока овариальной жидкости (икорного золь) и раствора хлорида натрия в соответствующих зонах 1–10 $\text{cm}^3/\text{ч}$.

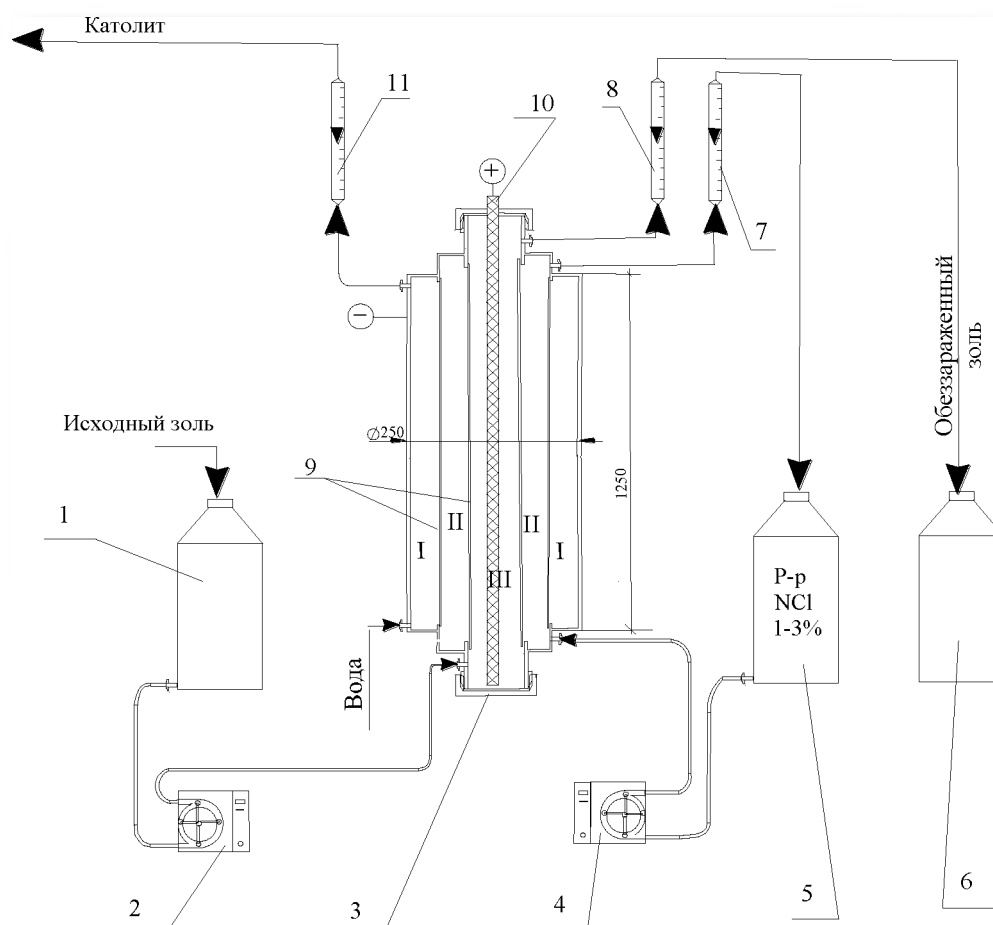


Рис. 1. Установка для обеззараживания овариальной жидкости

Fig. 1. Installation for ovarian fluid disinfection

I – внешняя зона; II – средняя зона; III – внутренняя зона.

1 – емкость для исходной овариальной жидкости; 2, 4 – перистальтический насос; 3 – электролизер; 5 – емкость для водного раствора NCl; 6 – емкость для обработанной овариальной жидкости; 7, 8, 11 – ротаметры; 9 – мембранные перегородки; 10 – графитовый электрод.

I – external zone; II – middle zone; III – internal zone.

1 – container for the initial ovarian fluid; 2, 4 – peristaltic pump; 3 – electrolyzer; 5 – container for an aqueous solution of NCl; 6 – container for processed ovarian fluid; 7, 8, 11 – rotameters; 9 – membrane partitions; 10 – graphite electrode.

Роль жировой фазы выполняют растительные масла: подсолнечное, оливковое и другие или их смеси. При создании первичной эмульсии используется эмульгатор, поэтому полученная структура будет являться истинной эмульсией типа в/м.

Жировую фазу и водную фазу на основе овариальной жидкости (икорного золь) нагревают отдельно до температуры 65–78 °С и подвергают

эмульгированию в реакторе с частотой оборотов мешалки 2850–3000 мин.⁻¹ в течение 20 мин. и с последующим охлаждением до температуры 38–40 °С. Полученная простая истинная эмульсия в дальнейшем будет выполнять роль диспергированной фазы при приготовлении множественной эмульсии.

На втором этапе идет приготовление водной фазы для эмульгирования

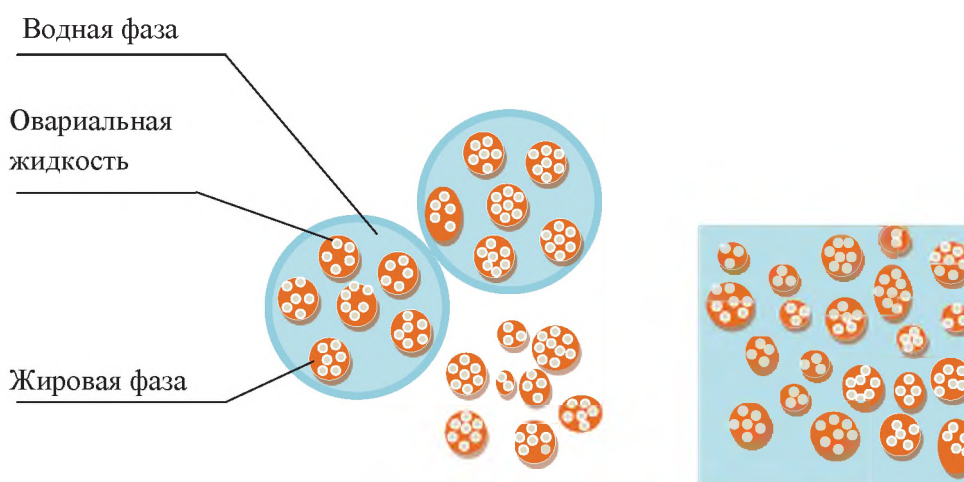


Рис. 2. Схематическое изображение множественной эмульсии

Fig. 2. Schematic representation of multiple emulsion

следующего уровня. Данная фаза выполняет роль дисперсионной среды для диспергирования в ней первичной эмульсии при получении множественной эмульсии. Водная фаза включает в себя в качестве структурообразователя альгинат натрия.

На третьем этапе первичная эмульсия вводится в водную фазу, приготовленную на втором этапе, и осуществляется образование множественной эмульсии при перемешивании с частотой оборотов мешалки от 120 до 280 мин⁻¹ в течение 10 мин. и последующее охлаждение до температуры от 22 до 24°C. При этом образуется неистинная эмульсия.

В полученной нами эмульсии во внешней водной фазе находятся диспергированные мицеллы масляной фазы, которая в свою очередь представляют собой дисперсионную среду для внутренней фазы – овариальной жидкости.

Перспективным является направление капсулирования биологически активных компонентов во внутренней фазе, которая не имеет контакта с воздухом, что предотвращает окисление. При соблюдении определенных технологических условий можно добиться получения эмульсии с внутренней водной фазой без консервантов, что снижает

общую нагрузку консервантов на весь продукт. Еще одно преимущество множественной эмульсии – капсулирование компонентов во внутренней фазе, обладающих определенным запахом, которое не нужно маскировать ароматизаторами. Применение продуктов в виде множественной эмульсии позволяет последовательное восприятие активных компонентов – сначала из внешней фазы, а затем из внутренней [6, 7].

Для оценки качества микробиологической чистоты готового продукта оценку проводили с применением следующих показателей:

- определение патогенных микроорганизмов, в т.ч. сальмонеллы в соответствии с ГОСТ 31659;
- выявление и подсчет количества дрожжей и плесневых грибов в соответствии с ГОСТ 10444.12-2013;
- определение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в соответствии с ГОСТ 10444.15-94;
- выявление и определение количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий), ГОСТ 31747-2012.

Результаты исследований и их обсуждение

Приготовление эмульсионного продукта на основе множественной эмульсии с использованием овариальной жидкости (икорного золя) осуществляли следующим способом:

1) свежеполученную овариальную жидкость (икорный золь) обрабатывали путем электролиза в анодной зоне электролизера до величины рН 4,0–4,5 при подаче водного раствора хлорида натрия с концентрацией 1% в катодную зону при силе тока 0,5–0,6А, напряжении тока 36 В и скорости потока овариальной жидкости (икорного золя) и раствора хлорида натрия в соответствующих зонах 1–10 см³/ч. В полученную водную фазу вводили эмульгатор. В качестве жировой фазы использовали подсолнечное масло. Компонентный состав смеси для приготовления первичной истинной эмульсии брали при следующем соотношении, масс. %:

- жировая фаза (подсолнечное масло) 25,0–30,0;
- овариальная жидкость 5,0–15,0;
- эмульгатор (яичный желток) 1,0–3,0;
- структурообразователь 1,5–3,5.

Жировую смесь и водную фазы нагревали до температуры от 65 до 78 °С, эмульгирование проводили в реакторе

перемешиванием с частотой оборотов мешалки 2850–3000 мин⁻¹ в течение 20 мин. и последующим охлаждением до температуры 38–40 °С;

2) параллельно готовили водную дисперсионную среду для множественной эмульсии в следующем соотношении, масс. %:

- альгинат натрия 0,15–0,20;
- хлористый кальций 0,05–0,07;
- соль поваренная 0,5–1,0;
- сахар 0,1–0,2;
- сорбат калия 0,5–0,6;
- бензоат натрия 0,5–0,6;
- лимонная кислота 0,1–0,2;
- вода до 100.

3) полученную первичную эмульсию вводили в водную дисперсионную среду и при перемешивании мешалкой с числом оборотов 120–280 мин⁻¹ в течение 10–20 мин. при температуре 38–40 °С получали множественную эмульсию.

На следующем этапе исследований была проведена оценка органолептических и физико-химических показателей соуса на растительной основе, полученного по разработанной рецептуре и технологии. Данные приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Органолептические показатели

Table 1

Organoleptic indicators

Наименование показателя	Характеристика показателя	
	Разработанный продукт	Требования ГОСТ 31755-2012
Внешний вид, консистенция	Однородный продукт, без пузырьков воздуха	Однородный продукт с видимыми кусочками/вкраплениями внесенных специй и/или вкусовых добавок или без них. Допускаются густая консистенция, единичные пузырьки воздуха.
Вкус и запах	Привкус рыбный, запах обезличенный	Характерный вкус и аромат вносимых ингредиентов (овощей, фруктов, грибов, специй, пряных трав, орехов и др.). Посторонние привкус и запах не допускаются.
Цвет	Цвет белый, однородный по всей массе	Цвет определяется цветом вводимых ингредиентов: овощей, фруктов, грибов, специй и пряных трав, орехов и других необходимых по рецептуре

Таблица 2

Физико-химические показатели

Table 2

Physical and chemical indicators

Наименование показателя	Значение показателя	
	Разработанный продукт	Требования ГОСТ 31755-2012
Массовая доля жира, %	30,0	не менее 5,0
Массовая доля влаги, %	38,0	В соответствии с техническим документом для соуса конкретного наименования
Кислотность в пересчете на уксусную кислоту, %	0,1	В соответствии с техническим документом для соуса конкретного наименования
Стойкость эмульсии, % неразрушенной эмульсии	99	не менее 97

Таблица 3

Микробиологические показатели готового продукта

Table 3

Microbiological indicators of the finished product

Наименование показателя	Значение показателя	
	Разработанный продукт	Требования ТР ТС 021/2011
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы) (БГКП), масса продукта (г), в которой не допускается	0,001	0,1
Плесени, КОЕ/г	0,1	Не более 50
Дрожжи, КОЕ/г	0,1	Не более $5 \cdot 10^2$

Влияние обработки овариальной жидкости (икорного золя) в анодной зоне электролизом водного раствора поваренной соли, а также способы получения соуса на растительной основе в форме множественной эмульсии на сохраняемость оценивали по микробиологическим показателям готового продукта, данные приведены в таблице 3.

Анализ результатов таблицы 3 показывает, что обработка овариальной жидкости (икорного золя) в анодной зоне электролизом водного раствора хлорида натрия и методы получения соуса на растительной основе в форме множественной эмульсии позволяют обеспечить микробиологические показатели готового продукта,

соответствующие требованиям ТР ТС 021/2011.

Заключение. В результате проведенных исследований предложена рецептура и разработана технология получения соуса в форме множественной эмульсии с использованием в качестве физиологически ценного ингредиента овариальной жидкости (икорного золя).

Показано, что обработка овариальной жидкости (икорного золя) в анодной зоне электролизом водного раствора поваренной соли приводит к ее полному обеззараживанию за счет воздействия HClO и ClO , что положительно влияет на микробную стойкость соуса в процессе хранения.

Рецептура и технология получения нового вида эмульсионного продукта в форме множественной эмульсии обеспечивает высокие потребительские свойства

готового продукта на протяжении установленного срока годности, а также позволяет расширить ассортимент физиологически функциональных продуктов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Харенко Е.Н., Дмитриева Е.А., Сытова М.В. Сравнительный анализ функционально-технологических свойств овариальной жидкости различных видов (пород) осетровых рыб. Рыбное хозяйство. 2011; 3: 79–85.
2. Каепкулова А.А., Лукманов С.М. Оценка побочных продуктов икорного производства осетровых рыб [Электронный ресурс]. Студенческий научный форум: материалы VII Международной студенческой научной конференции URL: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015008604> (дата обращения: 24.05.2023).
3. Чебанов И.М., Вербицкая Е.А., Калманович С.А. Исследование показателей качества нового поколения физиологически функциональных пищевых продуктов. Потребительский рынок: качество и безопасность товаров и услуг: материалы X Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Орловского государственного университета им. И.С. Тургенева (Орел, 21–22 нояб. 2019 г.). Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева; 2019: 381–384.
4. Артемов А.В., Харенко Е.Н., Арнауты М.В. Исследования функционально-технологических свойств гибридов осетровых рыб. Производство рыбной продукции: проблемы, новые технологии, качество: материалы XI Международной научно-практической конференции. Калининград: Атлант НИРО, 2017: 131–133.
5. Тарасов В.Е., Ниценко Н.А., Бондаранко Е.Ю. и др. Аппарат для получения электроактивированных жидкостей: патент на полезную модель 86952 U1 Рос. Федерация, МПК C25B 1/46; № 2009121524/22.
6. Чебанов И.М., Тарасов В.Е., Калманович С.А. Разработка технологии получения множественной эмульсии овариальной жидкости (икорного золь), достижение продолжительности ее хранения. Известия вузов. Пищевая технология. 2021; 5/6 (383/384): 37–41.
7. Chebabov I.M., Kalmanovich S.A., Tarasov V.E. Technology of disinfection of ovarian fluid. Practice Oriented Science: UAE – RUSSIA – INDIA: Proceedings of the international university scientific forum (May 6, 2022, UAE). 2022; 1: 208–214.

REFERENCES:

1. Kharenko E.N., Dmitrieva E.A., Sytova M.V. Comparative analysis of the functional and technological properties of ovarian fluid of various species (breeds) of sturgeon fish. Fisheries. 2011; 3: 79–85.
2. Kaepkulova A.A., Lukmanov S.M. Evaluation of by-products of sturgeon caviar production [Electronic resource]. Student Scientific Forum: materials of the VII International Student Scientific Conference URL: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015008604> (date of access: 24.05.2023).
3. Chebanov I.M., Verbitskaya E.A., Kalmanovich S.A. Study of quality indicators of a new generation of physiologically functional food products. Consumer market: quality and safety of goods and services: materials of the X International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of Oryol State University. I.S. Turgenyev (Orel, November 21–22, 2019). Orel: OSU named after I.S. Turgenyev; 2019: 381–384.
4. Artemov A.V., Kharenko E.N., Arnautov M.V. Research on the functional and technological properties of sturgeon hybrids. Production of fish products: problems, new technologies, quality:

materials of the XI International Scientific and Practical Conference. Kaliningrad: Atlant NIRO; 2017: 131–133.

5. Tarasov V.E., Nitsenko N.A., Bondaranko E.Yu. [et al.] Apparatus for producing electrically activated liquids: utility model patent 86952 U1 Ros. Federation, MPK S25V 1/46; No. 2009121524/22.

6. Chebanov I.M., Tarasov V.E., Kalmanovich S.A. Development of a technology for producing a multiple emulsion of ovarian fluid (caviar sol), achieving a long shelf life. News from universities. Food technology. 2021; 5/6 (383/384): 37–41.

7. Chebabov I.M., Kalmanovich S.A., Tarasov V.E. Technology of disinfection of ovarian fluid. Practice Oriented Science: UAE – RUSSIA – INDIA: Proceedings of the international university scientific forum (May 6, 2022, UAE). 2022; 1: 208–214.

Информация об авторах / Information about the authors

Илья Михайлович Чебанов, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

Василий Евгеньевич Тарасов, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

Ирина Александровна Дубровская, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

Светлана Александровна Калманович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

Илья М. Chebanov, Senior lecturer, FSBEI HE «Kuban state technological university»

Vasily E. Tarasov, Dr. Sci. (Eng.), Professor, FSBEI HE «Kuban state technological university»

Irina A. Dubrovskaya, PhD (Eng.), Associate professor, FSBEI HE «Kuban state technological university»

Svetlana A. Kalmanovich, PhD (Eng.), Associate professor, FSBEI HE «Kuban state technological university»

Поступила в редакцию 29.08.23; поступила после доработки 03.10.23; принята к публикации 04.10.23

Received 29.08.23; Revised 03.10.23; Accepted 04.10.23