

Научная статья  
УДК 664.9: 664.8.039.7: 579.67: 57.083.12  
<https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-4-127-138>  
ЕДН NMUJCG

## **Верификация оптимальных условий и параметров биотрансформации мышечной ткани филе рыб бактериальными заквасочными культурами**

**Е. В. Лаврухина<sup>✉</sup>, Н. Ю. Зарубин, О. В. Бредихина, А. И. Гриневич, А. В. Межонов**

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,  
Москва, Россия, [efrolenkova13@gmail.com](mailto:efrolenkova13@gmail.com)<sup>✉</sup>*

**Аннотация.** Биотрансформация рыбного сырья бактериальными заквасочными культурами, которая входит в приоритет развивающихся направлений согласно Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г., положительно повлияет на сроки годности рыбной продукции, ее органолептические свойства и питательную ценность за счет образования метаболитов жизнедеятельности бактериальных заквасочных культур, являющихся основным фактором биоконсервирования, синтеза витаминов и других биологически активных веществ. Пробиотические свойства бактериальных заквасочных культур будут оказывать существенное влияние на оптимизацию индигенной микрофлоры желудочно-кишечного тракта, укрепляя организм человека и его иммунную систему в целом, что поддерживает принципы здорового образа жизни. Проведены исследования по изучению возможности использования бактериальных заквасочных культур для биотрансформации рыбного сырья с целью дальнейшего получения пробиотического пищевого продукта на его основе. Представлены данные по влиянию бактериальных заквасочных культур на органолептические, микроструктурные, физико-химические и функционально-технологические характеристики рыбного сырья. Выявлено количество остаточных клеток бактериальных заквасочных культур в мышечной ткани филе рыб, которое соответствует требованиям, предъявляемым к пробиотическим продуктам. Определена выживаемость под действием температур и динамика изменения численности бактериальных заквасочных культур при хранении в образцах мышечной ткани филе рыб, данные о которой будут использоваться для разработки и корректировки термических режимов обработки конечного продукта. Проанализировано влияние бактериальных заквасочных культур на изменения КМАФАнМ после биотрансформации и в процессе хранения, на основании чего обоснован эффект биоконсервирования. Результаты проведенных исследований стали основой для отбора наиболее подходящих бактериальных заквасочных культур, а также верификации оптимальных условий и параметров, спрогнозированных алгоритмами математического моделирования, для проведения биотрансформации мышечной ткани филе рыб. На следующем этапе планируется проведение исследований по изучению возможности применения обработанного бактериальными заквасочными культурами рыбного сырья в рецептурных составах продуктов «быстрого питания», содержащих функциональные компоненты.

**Ключевые слова:** филе рыб, мышечная ткань, бактериальные заквасочные культуры, пробиотики, биотрансформация, модельный раствор

**Для цитирования:** Лаврухина Е. В., Зарубин Н. Ю., Бредихина О. В., Гриневич А. И., Межонов А. В. Верификация оптимальных условий и параметров биотрансформации мышечной ткани филе рыб бактериальными заквасочными культурами // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2023. № 4. С. 127–138. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-4-127-138>. ЕДН NMUJCG.

Original article

## **Optimal conditions and parameters verification of fish fillets muscle tissue biotransformation by bacterial starter cultures**

**E. V. Lavrukina<sup>✉</sup>, N. Yu. Zarubin, O. V. Bredikhina, A. I. Grinevich, A. V. Mezhonov**

*Research Institute of Fisheries and Oceanography,  
Moscow, Russia, [efrolenkova13@gmail.com](mailto:efrolenkova13@gmail.com)<sup>✉</sup>*

**Abstract.** The article describes the relevance and expediency of using a method of biotechnological processing, namely biotransformation of fish raw materials by bacterial starter cultures, which is a priority of developing areas accord-

ing to the Strategy of improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030. The studied method of processing will positively affect the shelf life of fish products, its organoleptic properties and nutritional value due to the formation of metabolites of the vital activity of bacterial starter cultures, which are the main factor of bioconservation, synthesis of vitamins and other biologically active substances. Probiotic properties of bacterial starter cultures will have a significant impact on the optimization of the internal microflora of the gastrointestinal tract, thereby strengthening the human body and its immune system as a whole, which supports the principles of a healthy lifestyle. In accordance with this, studies have been conducted to study the possibility of using bacterial starter cultures for the biotransformation of fish raw materials in order to further obtain a probiotic food product based on it. Data on the effect of bacterial starter cultures on organoleptic microstructural, physico-chemical and functional-technological characteristics of fish raw materials are presented. The number of residual cells of bacterial starter cultures in the muscle tissue of fish fillets, which meets the requirements for probiotic products, was revealed. The survival rate under the influence of temperatures and the dynamics of changes in the number of bacterial starter cultures during storage in fish fillet muscle tissue samples were determined, the data on which will be used to develop and adjust the thermal treatment modes of the final product. The influence of bacterial starter cultures on the changes in total viable count after biotransformation and during storage is analyzed, on the basis of which the effect of bioconservation is justified. The results of the conducted studies became the basis for the selection of the most suitable bacterial starter cultures, as well as verification of optimal conditions and parameters predicted by mathematical modeling algorithms for biotransformation of the muscle tissue of fish fillets. At the next stage, research will be conducted to study the possibility of using fish raw materials treated with bacterial starter cultures in the formulations of “fast food” products containing functional components, which is justified by the accelerated rhythm of life and the desire of modern society to monitor their nutrition by eating foods that correspond to a healthy lifestyle.

**Keywords:** fish fillets, muscle tissue, bacterial starter cultures, probiotics, biotransformation, model solution

**For citation:** Lavrukina E. V., Zarubin N. Yu., Bredikhina O. V., Grinevich A. I., Mezhonov A. V. Optimal conditions and parameters verification of fish fillets muscle tissue biotransformation by bacterial starter cultures. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry.* 2023;4:127-138. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2023-4-127-138>. EDN NMUJCG.

## Введение

Согласно Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г. приоритетным направлением является разработка современных технологий производства пищевых ингредиентов и технологии переработки пищевой продукции, включая биотехнологии для создания условий производства пищевой продукции нового поколения с заданными характеристиками качества, и продвижения принципов здорового питания. В соответствии с этим исследование в области создания технологий и проектирования рецептурных составов функциональных, обогащенных, специализированных пищевых продуктов, в частности на рыбной основе, с использованием методов биотехнологической обработки, например биотрансформация сырья бактериальными заквасочными культурами (БЗК), являются актуальными и развивающимися [1].

В пищевой биотехнологии на данном периоде развития особое внимание уделяется использованию перспективных штаммов БЗК для получения пищевой продукции с улучшенными качественными характеристиками и функциональной направленностью. Бактериальные заквасочные культуры как защитные микроорганизмы проявляют антиоксидантные, бактерицидные и антагонистические свойства, и за счет образования метаболитов (кислоты, бактериоцины) возможно возникновение эффекта биоконсервирования, что будет способствовать продлению сроков годности пищевой продукции, в частности рыбной. Применение БЗК в технологии производства пищевой рыбной продукции также позволит улучшить ее органолептические

свойства (коррекция консистенции и минимизация рыбного вкуса и запаха за счет мягкой деструкции белковых компонентов и снижения уровня образования азотистых летучих оснований в мышечной ткани рыбы) и повысить питательную ценность (за счет накопления белковых и эссенциальных веществ) [2, 3]. При этом биохимические процессы, протекающие в рыбном сырье под действием БЗК и приводящие к накоплению белковых и эссенциальных веществ, а также наличие пробиотиков и постбиотиков способствуют получению обогащенного пищевого продукта, соответствующего принципам здорового образа жизни, с пробиотической направленностью для поддержания функциональной активности органов и тканей человека, корректирования состава внутренней индигенной микрофлоры кишечной микробиоты и, как следствие, повышения иммунной защиты организма [4].

В связи с этим основной целью научных исследований являлась верификация оптимальных условий и технологических параметров биотрансформации рыбного сырья с применением БЗК.

## Объекты и методы исследований

В качестве основных объектов для изучения возможности биотрансформации рыбного сырья БЗК были выбраны:

- филе промысловых видов рыб – минтай (*Theragra chalcogramma*), треска (*Gadus macrocephalus*), макрурус малоглазый (*Albatrossia pectoralis*);
- филе потенциально промысловых видов рыб – получешуйника Гилберта (*Hemilepidotus gilberti*);
- ранее подобранные штаммы БЗК [5]: *Lactobacillus casei* LC 4P1, *Lactobacillus acidophilus* A630,

*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (П6), *Streptococcus thermophilus* ST 440, *Propionibacterium freudenreichii* KM-186, *Bifidobacterium bifidum* 83;

– модельные растворы среды для биотрансформации: 3,5 %-й раствор глюкозы, восстановленная молочная сыворотка.

Органолептическую оценку рыбного сырья после биотрансформации БЗК (цвет, запах, консистенция) проводили по разработанной 5-балльной шкале [6]. Массовую долю воды, белка, жира углеводов и золы определяли по ГОСТ 7636-85, ГОСТ 34134-2017 [7, 8]. Активную кислотность (рН) определяли с помощью рН-метра Testo 106. Активность воды ( $A_w$ ) определяли на приборе Aqualab 4TEV. Титруемую кислотность определяли по ГОСТ 3624-92 [9]. Влагосвязывающую способность (ВСС) определяли весовым методом [8]. Исследование микроструктуры образцов мышечной ткани филе рыб проводили с использованием бинокулярного микроскопа марки «Микмед-5» с оптическим увеличением  $\times 40$ . Общую микробную обсемененность (КМАФАнМ) и общее количество молочнокислых бактерий в образцах мышечной ткани филе рыб до и после биотрансформации БЗК определяли с использованием петрифильмов 3М Petrifilm (AC) в соответствии с методическими указаниями производителя [10].

### Результаты и их обсуждение

На основании ранее проведенного математичес-

кого моделирования [11] рассчитаны и подобраны оптимальные условия и параметры биотрансформации рыбного сырья с применением БЗК: средами для биотрансформации были выбраны 3,5 %-й раствор глюкозы и восстановленная молочная сыворотка; количество вносимых БЗК – не менее  $4,5 \cdot 10^8$  КОЕ/г для раствора глюкозы и  $5 \cdot 10^8$  КОЕ/г для восстановленной молочной сыворотки; рН среды для биотрансформации – не более 5,3–5,9 в начале процесса и не менее 4,3–4,6 в конце процесса; соотношение «сырье : раствор» было принято 1 : 2; продолжительность процесса биотрансформации – не менее 5 ч при температуре 37 °С.

На данном этапе исследований экспериментально подтверждались подобранные с помощью математического моделирования условия, режимы, эффект биоконсервирования, а также производился выбор определенных БЗК и сред для биотрансформации рыбного сырья посредством изучения влияния штаммов микроорганизмов и их метаболитов на свойства и показатели качества мышечной ткани филе изучаемых видов рыб. Контрольным образцом являлась мышечная ткань филе рыб, не подвергнутая воздействию БЗК.

В результате проведенного процесса биотрансформации показатели химического состава обработанных образцов мышечной ткани филе рыб под действием метаболитов БЗК претерпевали некоторые изменения по сравнению с контролем (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Средние значения химического состава до и после биотрансформации образцов мышечной ткани филе рыб в модельных растворах (раствор глюкозы и восстановленная молочная сыворотка)\*

Average values of chemical composition before and after biotransformation of fish fillet muscle tissue samples in model solutions (glucose solution and reduced whey)

Образцы мышечной ткани филе рыб	Показатель, %														
	белки			жиры			углеводы			зола			влага		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Минтай	17,40	18,70	18,01	0,11	0,04	0,04	0,39	0,06	0,09	1,00	0,79	0,29	81,10	80,99	80,87
Треска	17,90	18,78	19,23	0,14	0,051	0,050	0,59	0,049	0,05	0,87	0,10	0,50	81,21	80,90	79,99
Макрурус	7,80	8,86	9,06	0,11	0,08	0,08	0,12	0,09	0,08	1,10	0,70	0,08	90,89	89,20	89,15
Бычок	18,39	19,25	18,99	0,52	0,45	0,45	0,52	0,49	0,36	1,02	0,78	0,36	79,54	78,82	78,99

\* 1 – контроль; 2 – глюкоза; 3 – восстановленная молочная сыворотка.

Влияния вида БЗК на резкое изменение химического состава не обнаружено, в связи с этим указана средняя динамика в зависимости от вида мышечной ткани филе рыб и модельного раствора для биотрансформации.

Повышение содержания белка в среднем на 1 % (см. табл. 1) в образцах мышечной ткани рыб связано с накоплением бактериальной массы микроорганизмов в процессе своего развития. Особенно активное накопление биомассы наблюдалось с использованием штаммов БЗК *L. acidophilus* A630,

*L. casei* LC 4P1, *B. bifidum* 83. При этом динамика роста содержания белка положительная как в 3,5 %-м растворе глюкозы, так и в восстановленной молочной сыворотке. Снижение количества жиров, углеводов и минеральных веществ связано с ростом БЗК в растворах, которые используют данные вещества (помимо внесенных углеводов) для своего питания и дальнейшего развития, а также с переходом растворяемых форм веществ в модельные растворы при биотрансформации [12].

Лаврухина Е. В., Зарубин Н. Ю., Бредихина О. В., Гриневич А. И., Межонов А. В. Верификация оптимальных условий и параметров биотрансформации мышечной ткани филе рыб бактериальными заквасочными культурами

Данные по органолептической оценке в виде профилограмм запаха, консистенции и цвета об-

разцов мышечной ткани филе рыб после процесса биотрансформации БЗК представлены на рис. 1.

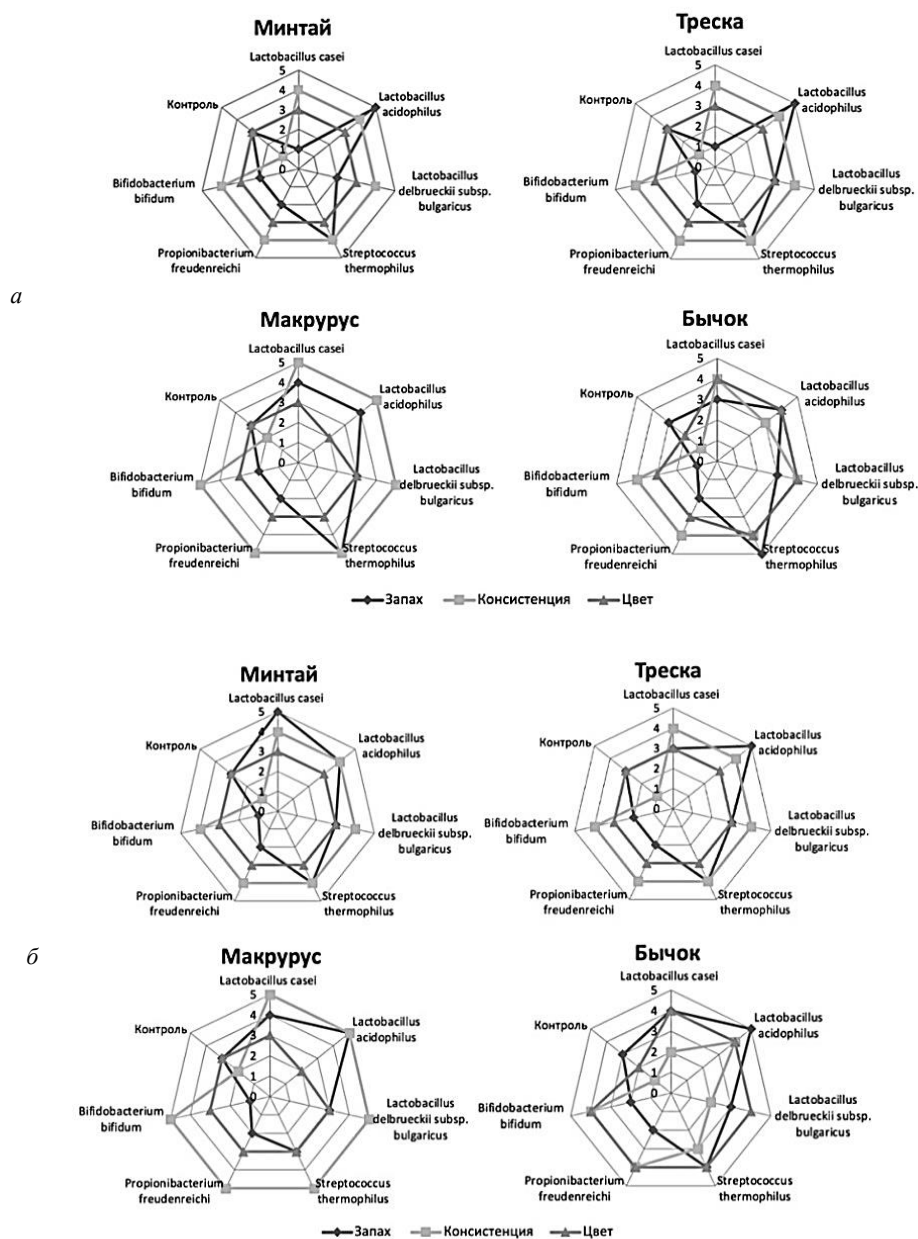


Рис. 1. Профилограммы запаха, консистенции и цвета образцов мышечной ткани филе рыб до и после процесса биотрансформации БЗК в модельных растворах: а – раствор глюкозы 3,5 %; б – восстановленная молочная сыворотка

Fig. 1. Profilograms of smell, consistency and color of fish fillet muscle tissue samples before and after the process of biotransformation of BPC in model solutions: а – glucose solution of 3.5%; б – reduced whey

Отмечалось, что обработка растворами с БЗК, кроме растворов с *L. bulgaricus* (Пб), *P. freudenreichii* КМ-186, *B. bifidum* 8<sub>3</sub>, положительно влияет на органолептические показатели филе выбранных видов рыб. В модельном растворе глюкозы (3,5 %) для мышечной ткани филе минтая и трески наиболее оптимальными БЗК оказались *L. acidophilus* А630,

для макруруса и бычка – *St. thermophilus* ST 440, в восстановленной молочной сыворотке БЗК для мышечной ткани филе минтая – *L. casei* LC 4P1, трески, макруруса и бычка – *L. acidophilus* А630. Запах образцов исследования после биотрансформации был оценен как приятный с легкой кислинкой. Рыбный запах после воздействия *L. acidophilus*

А630 и *St. thermophilus* ST 440, по сравнению с контролем, практически отсутствовал, и был оценен в 4–5 баллов. Исследованные образцы имели кремовый или серый цвет и консистенцию, распадающуюся на волокна по сравнению с более плотной консистенцией контрольных образцов мышечной ткани филе рыб (1–2 балла). В образцах мышечной ткани филе макруруса консистенция была мажущаяся (5 баллов).

Ароматические характеристики образцов с культурами БЗК *L. bulgaricus* (П6), *P. freudenreichii* КМ-186 и *B. bifidum* 8<sub>3</sub> характеризуются как специфич-

ные и негармоничные (1–3 балла). В частности, при обработке пропионовыми (*P. freudenreichii* КМ-186) и бифидобактериями (*B. bifidum* 8<sub>3</sub>), присутствовали неприятные, несвойственные запахи, что связано со способностью данных микроорганизмов продуцировать уксусную и пропионовые кислоты, которые и обуславливают специфическое органолептическое восприятие [13].

Были проведены микроструктурные исследования мышечной ткани филе выбранных видов рыб до и после процесса биотрансформации БЗК (рис. 2).

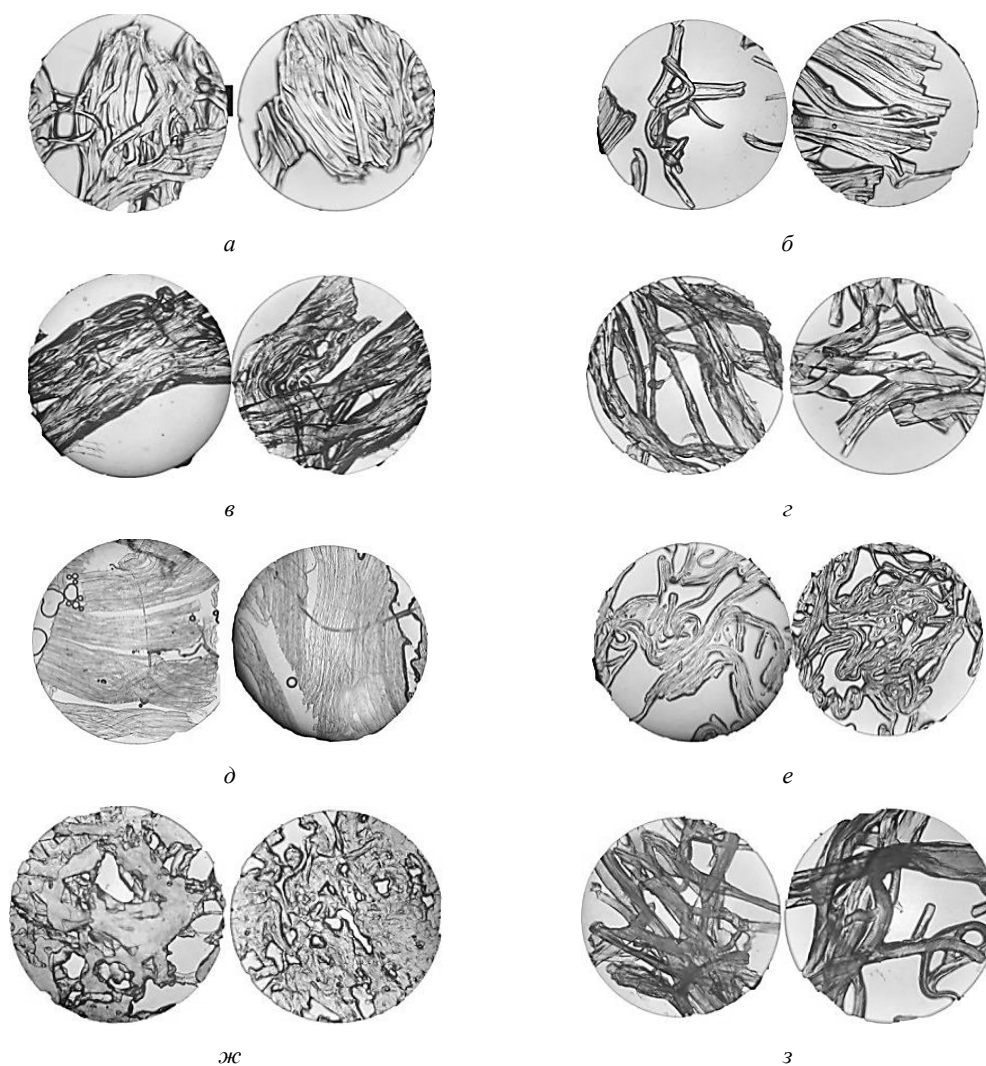


Рис. 2. Микроструктура мышечной ткани филе рыб до и после биотрансформации БЗК:  
 а – минтай до обработки; б – минтай после обработки; в – треска до обработки; г – треска после обработки;  
 д – макрурус до обработки; е – макрурус после обработки; ж – бычок до обработки; з – бычок после обработки.  
 Ув. × 40

Fig. 2. Microstructure of muscle tissue of fish fillets before and after biotransformation of BZK:  
 а – pollock before processing; б – pollock after processing; в – cod before processing; г – cod after processing;  
 д – macrurus before processing; е – macrurus after processing; ж – goby before processing; з – goby after processing.  
 Enlargement × 40

Следует отметить, что микроструктура мышечной ткани не зависела от вида используемого БЗК и среды при обработке и изменения были аналогичны друг другу, в связи с этим показана общая закономерность микроструктурных изменений.

Проанализировав микроструктуру мышечной ткани филе рыб до и после биотрансформации, можно сделать вывод, что после процесса волокна миофибрилл отделялись друг от друга и распались на «нити», что, вероятнее всего, связано с воздействием кислот на белковую структуру самих волокон с последующей их деструкцией, приводящей к снижению прочности. Таким образом, обработанное рыбное сырье может являться оптимальной пищевой матрицей для создания гомогенизированных и тонкоизмельченных продуктов, что позволит модернизировать параметры измельчения за счет более мягкой структуры мышечной ткани [14].

В мышечной ткани филе рыб наблюдается незначительное снижение pH после 5 ч выдержки в используемых для процесса биотрансформации модельных растворах с БЗК, при этом под действием *L. acidophilus* A630 и *St. thermophilus* ST 440, по сравнению с другими БЗК (*L. casei* LC 4P1, *L. bulgaricus* (Пб), *P. freudenreichii* KM-186, *B. bifidum* 8<sub>3</sub>), протекало более активное подкисление: в среде с глюкозой – для мышечной ткани филе минтая до 6,51, трески – 6,01, макруруса – 6,84, бычка – 5,98; в среде восстановленной молочной сыворотки для мышечной ткани филе минтая до 6,30, трески – 5,98, макруруса – 6,70, бычка – 5,70. В сыворотке снижение pH в кислую сторону интенсивней по сравнению с раствором глюкозы. С целью ингибирования микроорганизмов кислые значения pH предпочтительнее, чем щелочные, но при этом сильного подкисления в образцах мышечной ткани

рыб после процесса биотрансформации не наблюдается [15].

В модельных растворах (3,5 %-й раствор глюкозы и восстановленная молочная сыворотка) для биотрансформации вне зависимости друг от друга наблюдается снижение pH в среднем до 4,4 единицы, что связано с процессом метаболизма и последующим образованием органических кислот, влияющих на кислотности растворов [13]. Как показали исследования, характер изменения активной кислотности идентичен для всех образцов мышечной ткани филе рыб и растворов, поэтому выбранные растворы могут являться взаимозаменяемыми. Также pH сред для биотрансформации в конце процесса коррелировал с данными, полученными при математическом моделировании, статистическая ошибка минимальна.

В процессе биотрансформации происходит уменьшение ВСС в образцах мышечной ткани филе рыб (в среднем – в растворе глюкозы: минтай на 15,32 %, треска – 11,34 %; макрурус – 17,58 %; бычок – 12,79 %; в восстановленной молочной сыворотке: минтай на 15,47 %; треска – 12,35 %; макрурус – 16,89 %; бычок – 13,29 %). Данную закономерность можно объяснить смещением pH в кислую сторону, а также деструктивными изменениями мышечной ткани, вследствие чего для дальнейшего применения обработанного филе в технологиях производства формованных и структурированных продуктов необходимо использовать специальные технологические приемы и структурообразующие агенты [3].

После процесса биотрансформации было определено количество остаточных живых клеток БЗК в обработанных образцах мышечной ткани филе рыб для подтверждения их наличия (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

Количество БЗК в образцах мышечной ткани филе рыб после биотрансформации, КОЕ/г

The amount of BSC in muscle tissue samples of fish fillets after biotransformation, CFU/g

Образцы мышечной ткани филе рыб	<i>L. casei</i> LC 4P1	<i>L. acidophilus</i> A630	<i>L. bulgaricus</i> (Пб)	<i>St. thermophilus</i> ST 440	<i>P. freudenreichii</i> KM-186	<i>B. bifidum</i> 8 <sub>3</sub>
Раствор глюкозы 3,5 %						
Минтай	2 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	1 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	3 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>
Треска			2 · 10 <sup>10</sup>			3 · 10 <sup>10</sup>
Макрурус	3 · 10 <sup>10</sup>	3 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	3 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>
Бычок	2 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>				
Восстановленная молочная сыворотка						
Минтай	2 · 10 <sup>10</sup>	3 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>
Треска		2 · 10 <sup>10</sup>	1 · 10 <sup>10</sup>		3 · 10 <sup>10</sup>	
Макрурус	3 · 10 <sup>10</sup>	1 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	1 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	3 · 10 <sup>10</sup>
Бычок				2 · 10 <sup>10</sup>		2 · 10 <sup>10</sup>

Количество клеток БЗК в исследуемых образцах мышечной ткани филе рыб превышает  $10^7$ – $10^9$  КОЕ/г [16–19], что обосновывает возможность применения в рецептурных составах пробиотических пищевых продуктов на рыбной основе.

Для определения возможности использования

полученного сырья для продуктов питания, подвергаемых термической обработке, были проведены исследования по способности БЗК, находящихся в мышечной ткани филе рыб, выдерживать определенные температурные режимы (табл. 3).

Таблица 3

Table 3

**Выживаемость БЗК в мышечной ткани рыбы после биотрансформации под действием температуры, КОЕ/г**  
**Survival of BSC in fish muscle tissue after biotransformation under the influence of temperature, CFU/g**

Температура, °С	Продолжительность температурного воздействия, мин	<i>L. casei</i> LC 4P1	<i>L. acidophilus</i> A630	<i>L. bulgaricus</i> (П6)	<i>St. thermophilus</i> ST 440	<i>P. freudenreichii</i> KM-186	<i>B. bifidum</i> 83
50	15	$1 \cdot 10^{10}$					
	30						
	45						
	60						
60	15	$1 \cdot 10^9$					
	30						
	45	$1 \cdot 10^8$					
	60						
70	15	$1 \cdot 10^5$	–	–	$1 \cdot 10^4$	–	–
	30	$1 \cdot 10^4$					
	45	$1 \cdot 10^3$			$1 \cdot 10^3$		
	60						

Не выявлено влияния вида мышечной ткани филе рыб на выживаемость БЗК, в соответствии с этим показана обобщенная, для всех образцов, тенденция к изменению изучаемого показателя.

Согласно полученным данным по выживаемости БЗК под воздействием различных термических режимов обработки в течение 15, 30, 45 и 60 мин было определено, что *L. casei* LC 4P1 и *St. thermophilus* ST 440 способны оставаться жизнеспособными в количестве 30 % при температуре 70 °С в течение 60 мин. Все остальные культуры БЗК выживают при температуре 60 °С в количестве 80 % от изначального значения. Таким образом, оптимальным режимом термической обработки полученного биотрансформированного рыбного сырья является воздействие температуры от 60 до 70 °С в течение 60 мин, что необходимо учитывать при разработке пищевого продукта на его основе и подразумевает использование щадящих режимов термического воздействия, например технология «Су-Вид» [20].

Следует отметить, что количество *L. casei* LC 4P1 и *St. thermophilus* ST 440 при температуре 70 °С в течение продолжительности обработки 15, 30, 45, 60 мин составляет меньше  $10^6$ – $10^9$  КОЕ/г, а остальные культуры БЗК погибают, что не соответствует требованиям, предъявляемым к пробиотическим продуктам питания [16, 17], в связи с этим необхо-

димо включать в рецептурный состав продукта простые углеводы и пищевые протекторы, чтобы защитить БЗК и активировать их рост [21], а также созревание (выдержку), продолжительность которого зависит от стационарной фазы роста [13]. В случае гибели клеток бактерий пробиотический эффект будут оказывать постбиотики, определение которым дала Международная научная ассоциация пробиотиков и пребиотиков (ISAPP) в 2021 г. и определила постбиотик как «препарат из неживых микроорганизмов и/или их компонентов, который приносит пользу для здоровья хозяина» [22].

Также в качестве защитного механизма возможно использовать сублимацию, которая активно используется для получения сухих форм БЗК и позволяет сохранить их жизнеспособность за счет анабиоза и последующего их активирования оптимальными условиями, в частности температурой и воздействием внутренней среды желудочно-кишечного тракта человека [1, 3, 13].

В последующих исследованиях определялась устойчивость клеток БЗК к выживанию в течение 7 суток при температуре 0–4 °С в образцах мышечной ткани филе рыб после биотрансформации для обоснования динамики их скорости отмирания (табл. 4).

Таблица 4

Table 4

Динамика изменения численности БЗК при хранении образцов мышечной ткани филе рыб после биотрансформации, КОЕ/г

Dynamics of changes in the number of BSCs during storage of fish fillet muscle tissue samples after biotransformation, CFU/g

Образцы мышечной ткани филе рыб	<i>L. casei</i> LC 4P1		<i>L. acidophilus</i> A630		<i>L. bulgaricus</i> (Пб)		<i>St. thermophilus</i> ST 440		<i>P. freudenreichii</i> KM-186		<i>B. bifidum</i> 8 <sub>3</sub>	
	0 сут	7 сут	0 сут	7 сут	0 сут	7 сут	0 сут	7 сут	0 сут	7 сут	0 сут	7 сут
Раствор глюкозы 3,5%												
Минтай	2 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>7</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>7</sup>	1 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>7</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	1 · 10 <sup>8</sup>	3 · 10 <sup>10</sup>	3 · 10 <sup>7</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	3 · 10 <sup>7</sup>
Треска		1 · 10 <sup>8</sup>						3 · 10 <sup>7</sup>			1 · 10 <sup>8</sup>	3 · 10 <sup>10</sup>
Макрурус	3 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>7</sup>	3 · 10 <sup>10</sup>	1 · 10 <sup>8</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	3 · 10 <sup>7</sup>	3 · 10 <sup>10</sup>	3 · 10 <sup>7</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	1 · 10 <sup>8</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	1 · 10 <sup>8</sup>
Бычок	2 · 10 <sup>10</sup>	3 · 10 <sup>7</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>									
Восстановленная молочная сыворотка												
Минтай	2 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>7</sup>	3 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>8</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	1 · 10 <sup>8</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>8</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	3 · 10 <sup>7</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>7</sup>
Треска			2 · 10 <sup>8</sup>		2 · 10 <sup>10</sup>	1 · 10 <sup>10</sup>			3 · 10 <sup>7</sup>	3 · 10 <sup>10</sup>		4 · 10 <sup>7</sup>
Макрурус			3 · 10 <sup>7</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>8</sup>	1 · 10 <sup>10</sup>	1 · 10 <sup>8</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>8</sup>	3 · 10 <sup>10</sup>	4 · 10 <sup>7</sup>
Бычок	3 · 10 <sup>10</sup>	4 · 10 <sup>7</sup>	1 · 10 <sup>10</sup>		2 · 10 <sup>8</sup>	1 · 10 <sup>8</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>	3 · 10 <sup>7</sup>			2 · 10 <sup>10</sup>	2 · 10 <sup>10</sup>

Анализируя данные табл. 4, можно предположить, что количество клеток БЗК в среднем уменьшается на 10<sup>2</sup>–10<sup>3</sup> КОЕ/г, что связано с началом их фазы отмирания и температурой хранения. Исходя из этого можно аппроксимировать количественное содержание бактерий на 14 и 28 сутки хранения, что будет равняться 10<sup>4</sup> и 10<sup>1</sup> КОЕ/г соответственно. Наиболее устойчивыми культурами БЗК в процессе хранения обработанных образцов являются *L. acidophilus* A630 и *St. thermophilus* ST 440. Полученные данные по выживаемости БЗК в процессе хранения мышечной ткани филе рыб также под-

тверждают необходимость дополнительного внесения углеводов и протекторных пищевых веществ в рецептурный состав продуктов для поддержания их количества на уровне 10<sup>6</sup>–10<sup>7</sup> КОЕ/г в течение всего срока годности [16, 17].

При исследовании микробиологической безопасности было отмечено, что по прошествии 7 суток хранения при 0–4 °С в контрольных образцах необработанной мышечной ткани филе рыб наблюдалось превышение показателя КМАФАнМ [3, 12] по сравнению с обработанными образцами мышечной ткани (табл. 5).

Таблица 5

Table 5

Динамика изменения КМАФАнМ после биотрансформации и в процессе хранения, КОЕ/г

Dynamics of changes in CMAFAnM after biotransformation and during storage, CFU/g

Образцы мышечной ткани филе рыб	Контроль		<i>L. casei</i> LC 4P1		<i>L. acidophilus</i> A630		<i>L. bulgaricus</i> (Пб)		<i>St. thermophilus</i> ST 440		<i>P. freudenreichii</i> KM-186		<i>B. bifidum</i> 8 <sub>3</sub>	
	0 сут	7 сут	0 сут	7 сут	0 сут	7 сут	0 сут	7 сут	0 сут	7 сут	0 сут	7 сут	0 сут	7 сут
Раствор глюкозы 3,5 %														
Минтай	2 · 10 <sup>3</sup>	1 · 10 <sup>6</sup>	1,2 · 10 <sup>1</sup>	1,3 · 10 <sup>2</sup>	1,2 · 10 <sup>1</sup>	1,4 · 10 <sup>2</sup>	1,3 · 10 <sup>1</sup>	1,2 · 10 <sup>2</sup>	1,4 · 10 <sup>1</sup>	1 · 10 <sup>2</sup>	1,3 · 10 <sup>1</sup>	1,3 · 10 <sup>2</sup>	1,1 · 10 <sup>1</sup>	1,6 · 10 <sup>2</sup>
Треска	5 · 10 <sup>2</sup>	7 · 10 <sup>5</sup>	1,2 · 10 <sup>1</sup>	5,1 · 10 <sup>2</sup>	1,2 · 10 <sup>1</sup>	2 · 10 <sup>2</sup>	2 · 10 <sup>1</sup>	2,1 · 10 <sup>2</sup>	1,3 · 10 <sup>1</sup>	2,3 · 10 <sup>2</sup>	5 · 10 <sup>1</sup>	4,3 · 10 <sup>2</sup>	2,3 · 10 <sup>1</sup>	2,1 · 10 <sup>2</sup>
Макрурус	3 · 10 <sup>2</sup>	2 · 10 <sup>6</sup>	1,3 · 10 <sup>1</sup>	4,2 · 10 <sup>2</sup>	1,5 · 10 <sup>1</sup>	1 · 10 <sup>2</sup>	1,4 · 10 <sup>1</sup>	3 · 10 <sup>2</sup>	4 · 10 <sup>1</sup>	1,8 · 10 <sup>2</sup>	3,1 · 10 <sup>1</sup>	3,2 · 10 <sup>2</sup>	4,2 · 10 <sup>1</sup>	1,6 · 10 <sup>2</sup>
Бычок	2 · 10 <sup>3</sup>	2 · 10 <sup>6</sup>	1,1 · 10 <sup>1</sup>	3 · 10 <sup>2</sup>	2 · 10 <sup>1</sup>	1 · 10 <sup>2</sup>	1,1 · 10 <sup>1</sup>	2,2 · 10 <sup>2</sup>	6 · 10 <sup>1</sup>	3,1 · 10 <sup>2</sup>	4,2 · 10 <sup>1</sup>	4,1 · 10 <sup>2</sup>	5,1 · 10 <sup>1</sup>	1,8 · 10 <sup>2</sup>
Восстановленная молочная сыворотка														
Минтай	2 · 10 <sup>3</sup>	1 · 10 <sup>6</sup>	1,2 · 10 <sup>1</sup>	2 · 10 <sup>2</sup>	3,3 · 10 <sup>1</sup>	1,2 · 10 <sup>2</sup>	2 · 10 <sup>1</sup>	1 · 10 <sup>2</sup>	2 · 10 <sup>1</sup>	2 · 10 <sup>2</sup>	2,7 · 10 <sup>1</sup>	1,3 · 10 <sup>2</sup>	2,1 · 10 <sup>1</sup>	6,2 · 10 <sup>2</sup>
Треска	5 · 10 <sup>2</sup>	7 · 10 <sup>5</sup>	2,1 · 10 <sup>1</sup>	2,2 · 10 <sup>2</sup>	2 · 10 <sup>1</sup>	1 · 10 <sup>2</sup>	3,1 · 10 <sup>1</sup>	2,3 · 10 <sup>2</sup>	2 · 10 <sup>1</sup>	3,2 · 10 <sup>2</sup>	3,5 · 10 <sup>1</sup>	2,4 · 10 <sup>2</sup>	3,6 · 10 <sup>1</sup>	2,9 · 10 <sup>2</sup>
Макрурус	3 · 10 <sup>2</sup>	2 · 10 <sup>6</sup>	3,2 · 10 <sup>1</sup>	1,2 · 10 <sup>2</sup>	1,2 · 10 <sup>1</sup>	1 · 10 <sup>2</sup>	4,1 · 10 <sup>1</sup>	1,2 · 10 <sup>2</sup>	1,2 · 10 <sup>1</sup>	1,6 · 10 <sup>2</sup>	4,1 · 10 <sup>1</sup>	1,2 · 10 <sup>2</sup>	3,4 · 10 <sup>1</sup>	4,4 · 10 <sup>2</sup>
Бычок	2 · 10 <sup>3</sup>	2 · 10 <sup>6</sup>	1,8 · 10 <sup>1</sup>	2,4 · 10 <sup>2</sup>	1 · 10 <sup>1</sup>	3,2 · 10 <sup>2</sup>	2,6 · 10 <sup>1</sup>	3,1 · 10 <sup>2</sup>	2,3 · 10 <sup>1</sup>	3 · 10 <sup>2</sup>	2,7 · 10 <sup>1</sup>	2,5 · 10 <sup>2</sup>	2,2 · 10 <sup>1</sup>	5,2 · 10 <sup>2</sup>

Лаврухина Е. В., Зарубин Н. Ю., Бредихина О. В., Гриневич А. И., Межионов А. В. Верификация оптимальных условий и параметров биотрансформации мышечной ткани филе рыб бактериальными заквасочными культурами



В образцах мышечной ткани филе рыб после биотрансформации БЗК, во время модельного хранения, среднее значение КМАФАнМ составляло  $2 \cdot 10^2$  КОЕ/г, что находится в пределах допустимого уровня (не более  $1 \cdot 10^5$  КОЕ/г) [18, 23]. При этом следует отметить, что средний минимальный рост КМАФАнМ установлен при обработке филе рыб раствором глюкозы и восстановленной молочной сывороткой, содержащих *L. acidophilus* A630. Максимальный средний рост КМАФАнМ зафиксирован при обработке филе рыб молочной сывороткой, содержащей *B. bifidum* 8<sub>3</sub>.

Данные микробиологических исследований подтверждают эффект биоконсервирования в обработанных образцах рыбного филе. Культуры БЗК за счет своего развития и продуцирования активных метаболитов (молочной, уксусной и пропионовой кислот и бактериоцинов) оказывают угнетающее действие на общую обсемененность и, соответственно, на нежелательную микрофлору, развивающуюся в рыбном сырье в процессе модельного хранения.

### Заключение

Для обработки рыбного сырья отобраны БЗК *St. thermophilus* ST 440 и *L. acidophilus* A630, которые оказывают положительное влияние на органолептические показатели обработанного рыбного филе, более активно замедляют рост КМАФАнМ, являются более устойчивыми культурами при хранении, в частности *St. thermophilus* ST 440 способен выдерживать более высокие температуры воздействия, чем другие культуры. Следует отметить, что *P. freudenreichii* KM-186, *B. bifidum* 8<sub>3</sub> и *L. bulgaricus* (Пб) также имеют положительные характеристики, но отрицательно влияют на ароматические характеристики мышечной ткани филе рыб.

Верифицированы оптимальные условия и параметры биотрансформации мышечной ткани филе рыб:

– доза внесения БЗК в количестве  $4,5 \cdot 10^{10}$  КОЕ/г с продолжительностью обработки в течение 5 ч, что подтверждают данные, полученные при математическом моделировании процесса биотрансформации;

– pH среды для биотрансформации – не более 5,3–5,9 в начале процесса и не менее 4,3–4,6 в конце процесса;

– продолжительность процесса биотрансформации – не менее 5 ч;

– температура процесса биотрансформации – 37 °С;

– соотношение «сырье : раствор» 1 : 2.

Модельные среды могут быть взаимозаменяемыми, но предпочтение отдано раствору глюкозы концентрацией 3,5 %, т. к. при его использовании у большинства образцов ВСС имеет более высокие показатели, менее интенсивное подкисление, а выбранные БЗК в ее составе оказывают положительное влияние на органолептические показатели, в частности запах. Также необходимо отметить, что молочная сыворотка относится к отходам производства молочной продукции, вследствие этого после процесса биотрансформации отработанную среду на ее основе необходимо рационально утилизировать или восстанавливать, что подразумевает дополнительные финансовые затраты, т. к. она не рекомендована к сливу в канализационную систему [24].

Данная выборка БЗК, среды, параметров и условий позволит в дальнейшем получить образцы рыбного филе с приятным запахом, приемлемой консистенцией, необходимым количеством БЗК в филе в качестве основы для разработки пробиотических пищевых рыбных продуктов. На следующем этапе исследований будут проводиться разработка рецептурного состава продукта и, в связи с особенностями БЗК, технологических параметров термической обработки, а также изучаться защитные протекторы для сохранения их жизнедеятельности как во время технологического процесса, так и в процессе хранения.

### Список источников

1. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства России от 29 июня 2016 г. № 1364-р. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71335844/> (дата обращения: 12.01.2023).
2. Вальшев А. В., Вальшева Н. А. Комбинация антибиотиков и бактериоцинов – эффективный способ борьбы с резистентными микроорганизмами // Бюл. Оренбург. науч. центра УрО РАН. 2016. № 4. С. 2.
3. Нестеренко А. А., Акопян К. В. Биомодификация мясного сырья с целью получения функциональных продуктов // Политемат. сетевой электрон. науч. журн. Кубан. гос. аграр. ун-та. 2014. № 101. С. 1719–1728.
4. Ардатская М. Д. Пробиотики, пребиотики и метабиотики в коррекции микробиологических нарушений кишечника // Медицина. совет. 2015. № 13. С. 94–99.
5. Лаврухина Е. В., Зарубин Н. Ю., Бредихина О. В.,

- Гринеvич А. И. Интеграция бактериальных заквасочных культур с рыбным сырьем: подбор и обоснование // Рыб. хоз. 2022. № 6. С. 107–114. DOI: 10.37663/0131-6184-2022-6-107-114.
6. Ким Г. Н., Ким И. Н., Сафронова Т. М., Мегеда Е. В. Сенсорный анализ продуктов из рыбы и беспозвоночных. СПб.: Лань, 2014. 512 с.
7. ГОСТ 34134-2017. Мясо и мясные продукты. Метод определения состава свободных углеводов. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с.
8. ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. М.: Стандартинформ, 2010. 123 с.
9. ГОСТ 3624-92. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности. М.: Стандартинформ, 2009. 8 с.

10. МУК 4.2.2884-11. Методы микробиологического контроля объектов окружающей среды и пищевых продуктов с использованием петрифильмов. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2011. 24 с.

11. Зарубин Н. Ю., Лаврухина Е. В., Бредихина О. В., Гриневич А. И. Прогнозирование параметров биотрансформации рыбного сырья бактериальными заквасочными культурами с применением математических моделей // Пищ. пром-сть. 2023. № 3. С. 92–96. DOI: 10.52653/PPI.2023.3.3.019.

12. Стась Н. Ф., Свинцова Л. Д. Химия растворов. Томск: Изд-во ТПУ, 2006. 155 с.

13. Рябцева С. А., Панова Н. М. Микробиология молока и молочных продуктов: учеб. пособие. Ставрополь: Изд-во Северо-Кавказ. федер. ун-та, 2017. 220 с.

14. Лаврухина Е. В., Зарубин Н. Ю., Харенко Е. Н., Бредихина О. В., Архипов Л. О. Полуконсервы рыбной паштетной группы с иммуномодулирующими компонентами // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2022. № 2. С. 106–114. DOI: 10.24143/2073-5529-2022-2-106-114.

15. Ким И. Н., Кращенко В. В. Микробиология переработки водных биологических ресурсов: учеб. пособие для вузов. М.: Моркнига, 2015. 349 с.

16. ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2008. 12 с.

17. ГОСТ Р 55577-2013. Продукты пищевые функциональные. Информация об отличительных признаках

и эффективности. М.: Стандартинформ, 2014. 17 с.

18. СанПиН 2.3.2.1078-01. Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. М.: Рид Групп, 2012. 448 с.

19. О безопасности рыбы и рыбной продукции: технический регламент Евразийского экономического союза ТР ЕАЭС 040/2016 от 18 октября 2016 г. № 162. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420394425> (дата обращения: 12.01.2023).

20. Фофанова Т. С. Технология су-вид – некоторые аспекты качества и микробиологической безопасности // Теория и практика переработки мяса. 2018. № 1. С. 59–68.

21. Кригер О. В., Носкова С. Ю. Разработка приемов длительного сохранения свойств молочнокислых микроорганизмов // Техника и технология пищевых производств. 2018. № 4. С. 30–38.

22. Vinderola G., Sanders M. E., Salminen S. The Concept of Postbiotics // Foods. 2022. V. 11 (8). P. 1077. URL: <https://doi.org/10.3390/foods11081077> (дата обращения: 09.01.2023).

23. О безопасности пищевой продукции: технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011–2011 от 09 декабря 2011 г. № 880. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения: 09.01.2023).

24. Бережная Е. А. Современное состояние и перспективы переработки молочной сыворотки // Вестн. науки. 2021. № 1 (34). Т. 3. С. 131–135.

## References

1. *Strategiia povysheniia kachestva pishchevoi produktsii v Rossiiskoi Federatsii do 2030 goda: Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossii ot 29 iyunia 2016 g. №1364-r* [Strategy for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030: Decree of the Government of the Russian Federation No. 1364-r of June 29, 2016]. Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71335844/> (accessed: 12.01.2023).

2. Valyshev A. V., Valysheva N. A. Kombinatsiia antibiotikov i bakteritsinov – effektivnyi sposob bor'by s rezistentnymi mikroorganizmami [A combination of antibiotics and bacteriocins is an effective way to fight resistant microorganisms]. *Biulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN*, 2016, no. 4, p. 2.

3. Nesterenko A. A., Akopian K. V. Biomodifikatsiia miasnogo syr'ia s tsel'iu polucheniia funktsional'nykh produktov [Biomodification of meat raw materials in order to obtain functional products]. *Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, no. 101, pp. 1719–1728.

4. Ardatskaia M. D. Probiotiki, prebiotiki i metabiotiki v korrektsii mikroekologicheskikh narushenii kishechnika [Probiotics, prebiotics and metabiotics in the correction of microecological intestinal disorders]. *Meditsinskii sovet*, 2015, no. 13, pp. 94–99.

5. Lavrukina E. V., Zarubin N. Iu., Bredikhina O. V., Grinevich A. I. Integratsiia bakterial'nykh zakvasochnykh kul'tur s rybnym syr'em: podbor i obosnovanie [Integration of bacterial starter cultures with fish raw materials: selection and justification]. *Rybnoe khoziaistvo*, 2022, no. 6, pp. 107–114. DOI: 10.37663/0131-6184-2022-6-107-114.

6. Kim G. N., Kim I. N., Safronova T. M., Megeda E. V.

*Sensorni analiz produktov iz ryby i bespozvonochnykh* [Sensory analysis of fish and invertebrate products]. Saint-Petersburg, Lan' Publ., 2014. 512 p.

7. *GOST 34134-2017. Miaso i miasnye produkty. Metod opredeleniia sostava svobodnykh uglevodov* [SS 34134-2017. Meat and meat products. Method for determining the composition of free carbohydrates]. Moscow, Standartinform Publ., 2019. 12 p.

8. *GOST 7636-85. Ryba, morskie mlekopitaiushchie, morskie bespozvonochnye i produkty ikh pererabotki. Metody analiza* [SS 7636-85. Fish, marine mammals, marine invertebrates and products of their processing. Methods of analysis]. Moscow, Standartinform Publ., 2010. 123 p.

9. *GOST 3624-92. Moloko i molochnye produkty. Titrimetricheskie metody opredeleniia kislotnosti* [SS 3624-92. Milk and dairy products. Titrimetric methods for determining acidity]. Moscow, Standartinform Publ., 2009. 8 p.

10. МУК 4.2.2884-11. Методы микробиологического контроля об'ектов окрुжайшей среды и пищевых продуктов с использованием петрифил'мов [SS 3624-92. Milk and dairy products. Titrimetric methods for determining acidity]. Moscow, Federal'nyi tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2011. 24 p.

11. Zarubin N. Iu., Lavrukina E. V., Bredikhina O. V., Grinevich A. I. Prognozirovanie parametrov biotransformatsii rybnogo syr'ia bakterial'nyimi zakvasochnymi kul'turami s primeneniem matematicheskikh modelei [Prediction of fish raw materials biotransformation parameters by bacterial starter cultures using mathematical models]. *Pishchevaia promyshlennost'*, 2023, no. 3, pp. 92–96. DOI: 10.52653/PPI.2023.3.3.019.

12. Stas' N. F., Svintsova L. D. *Khimiia rastvorov* [Chemistry of solutions]. Tomsk, Izd-vo TPU, 2006. 155 p.
13. Riabtseva S. A., Panova N. M. *Mikrobiologiya molo-ka i molochnykh produktov: uchebnoe posobie* [Microbiology of milk and dairy products: a textbook]. Stavropol', Izd-vo Severo-Kavkaz. feder. un-ta, 2017. 220 p.
14. Lavrukina E. V., Zarubin N. Yu., Kharenko E. N., Bredikhina O. V., Arkhipov L. O. Polukonservy rybnoi pash-tetnoi gruppy s immunomoduliruiushchimi komponentami [Semi-canned fish paste group with immunomodulating components]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2022, no. 2, pp. 106-114. DOI: 10.24143/2073-5529-2022-2-106-114.
15. Kim I. N., Krashchenko V. V. *Mikrobiologiya pere-rabotki vodnykh biologicheskikh resursov: uchebnoe posobie dlia vuzov* [Microbiology of processing of aquatic biological resources: a textbook for universities]. Moscow, Morkniga Publ., 2015. 349 p.
16. *GOST R 52349-2005. Produkty pishchevye. Produkty pishchevye funktsional'nye. Terminy i opredeleniia* [Food products. Functional food products. Terms and definitions]. Moscow, Standartinform Publ., 2008. 12 p.
17. *GOST R 55577-2013. Produkty pishchevye funktsional'nye. Informatsiia ob otlichitel'nykh priznakakh i ef-fektivnosti* [Functional food products. Information about distinctive features and effectiveness]. Moscow, Standartinform Publ., 2014. 17 p.
18. SanPiN 2.3.2.1078-01. *Prodovol'stvennoe syr'e i pish-chevye produkty. Gigienicheskie trebovaniia bezopas-nosti i pishchevoi tsennosti pishchevykh produktov* [Food raw materials and food products. Hygienic requirements for the safety and nutritional value of food products]. Moscow, Rid Grupp Publ., 2012. 448 p.
19. *O bezopasnosti ryby i rybnoi produktsii: tekhnicheskii reglament Evraziiskogo ekonomicheskogo soiuz TR EAES 040/2016 ot 18 oktiabria 2016 g. № 162* [On the safety of fish and fish products: Technical Regulation of the Eurasian Economic Union TR EAEU 040/2016 dated October 18, 2016 No. 162]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/420394425> (accessed: 12.01.2023).
20. Fofanova T. S. Tekhnologiya su-vid – nekotorye aspekty kachestva i mikrobiologicheskoi bezopasnosti [Su-vid technology – some aspects of quality and microbiological safety]. *Teoriia i praktika pererabotki miasa*, 2018, no. 1, pp. 59-68.
21. Kriger O. V., Noskova S. Yu. Razrabotka priemov dlitel'nogo sokhraneniia svoistv molochnokislykh mikroor-ganizmov [Development of methods for long-term preserva-tion of the properties of lactic acid microorganisms]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2018, no. 4, pp. 30-38.
22. Vinderola G., Sanders M. E., Salminen S. The Concept of Postbiotics. *Foods*, 2022, vol. 11 (8), p. 1077. Available at: <https://doi.org/10.3390/foods11081077> (acces-sed: 09.01.2023).
23. *O bezopasnosti pishchevoi produktsii: tekhnicheskii re-glament Tamozhennogo soiuz TR TS 021/2011– 2011 ot 09 dekabria 2011 g. № 880* [On food safety: Technical Regulation of the Customs Union TR CU 021/2011–2011 dated December 09, 2011 No. 880]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/902320560> (accessed: 09.01.2023).
24. Berezhaia E. A. Sovremennoe sostoianie i perspek-tivy pererabotki molochnoi syvorotki [The current state and prospects of whey processing]. *Vestnik nauki*, 2021, no. 1 (34), vol. 3, pp. 131-135.

Статья поступила в редакцию 06.02.2023; одобрена после рецензирования 22.06.2023; принята к публикации 27.11.2023  
The article was submitted 06.02.2023; approved after reviewing 22.06.2023; accepted for publication 27.11.2023

### Информация об авторах / Information about the authors

**Елизавета Васильевна Лаврухина** – старший специ-алист отдела инновационных технологий департамента технического регулирования; Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океано-графии; [efrolenkova13@gmail.com](mailto:efrolenkova13@gmail.com)

**Никита Юрьевич Зарубин** – кандидат технических наук; ведущий научный сотрудник отдела инновационных технологий департамента технического регулирования; Всероссийский научно-исследовательский институт рыб-ного хозяйства и океанографии; [zar.nickita@yandex.ru](mailto:zar.nickita@yandex.ru)

**Ольга Валентиновна Бредихина** – доктор технических наук, доцент; ведущий научный сотрудник отдела инновационных технологий департамента технического регулирования; Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океано-графии; [bredihinaov@rambler.ru](mailto:bredihinaov@rambler.ru)

**Elizaveta V. Lavrukina** – Senior Specialist of the Division of Innovative Technologies of the Department of Technical Regulation; Research Institute of Fisheries and Oceanogra-phy; [efrolenkova13@gmail.com](mailto:efrolenkova13@gmail.com)

**Nikita Yu. Zarubin** – Candidate of Technical Sciences; Leading Researcher of the Division of Innovative Technologies of the Department of Technical Regulation; Research Institute of Fisheries and Oceanography; [zar.nickita@yandex.ru](mailto:zar.nickita@yandex.ru)

**Olga V. Bredikhina** – Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor; Leading Researcher of the Division of Innovative Technologies of the Department of Technical Regulation; Research Institute of Fisheries and Oceanography; [bredihinaov@rambler.ru](mailto:bredihinaov@rambler.ru)

**Александра Ивановна Гриневич** – кандидат технических наук; специалист отдела инновационных технологий департамента технического регулирования; Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии; AGrindairy@yandex.ru

**Андрей Викторович Межонов** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник; заместитель директора по научной работе; Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии; mezhonov@vniro.ru

**Alexandra I. Grinevich** – Candidate of Technical Sciences; Specialist of the Division of Innovative Technologies of the Department of Technical Regulation; Research Institute of Fisheries and Oceanography; AGrindairy@yandex.ru

**Andrey V. Mezhonov** – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher; Deputy Director for Scientific Work; Research Institute of Fisheries and Oceanography; mezhonov@vniro.ru

