

УДК 664.952:579.676

## Использование ферментированного рыбного фарша с пробиотиками в рецептуре сыровяленых колбасных изделий

А. Ю. Глухарев\*, С. И. Барабашина, В. И. Волченко, Ю. В. Живлянцева,  
В. А. Потешкина, И. В. Ускова

\*Мурманский арктический университет, г. Мурманск, Россия;  
e-mail: [GlukharevAYu@yandex.ru](mailto:GlukharevAYu@yandex.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6083-546X>

### Информация о статье Реферат

Поступила  
в редакцию  
08.06.2023;

получена  
после доработки  
03.08.2023;

принята к публикации  
09.08.2023

### Ключевые слова:

колбасные изделия,  
рыбные сыровяленые  
колбаски,  
ферментация,  
рыбный фарш,  
пробиотики,  
*Lactobacillus plantarum*

### Для цитирования

В работе анализируется влияние использования ферментированного рыбного фарша (ФРФ) с пробиотиком *L. plantarum* в рецептуре сыровяленых колбасных изделий (колбасок) на качественные характеристики готового продукта в сравнении с колбасками на основе необработанного рыбного фарша. Оценены микробиологические, физико-химические, структурно-механические и органолептические свойства продукта. Результаты показывают, что образцы колбасок на основе ФРФ обладают более высоким содержанием пробиотиков ( $2,5 \times 10^8$  КОЕ/г) по сравнению с контрольным образцом ( $6,3 \times 10^6$  КОЕ/г), что позволяет полностью удовлетворить суточную норму в пробиотиках за счет употребления 40 г такого продукта. Использование ФРФ обеспечивает безопасные значения pH (5,21) и приводит к значительному увеличению общей кислотности (1,39 %) по сравнению с контрольным образцом (pH – 6,80, общая кислотность – 0,45 %). Установлено, что использование ФРФ в технологии сыровяленых рыбных колбасок позволяет сократить время их изготовления за счет увеличения среднего темпа обезвоживания продукта. Определено, что более высокими значениями твердости и усилия резания обладают образцы колбасок на основе ФРФ. Комплексная оценка качества колбасок на основе ФРФ показала хорошие результаты – 76,85 % от максимально возможного уровня. Определена возможность использования ФРФ с *L. plantarum* при изготовлении сыровяленых колбасок. Предложенный способ позволяет получить продукт с высоким содержанием белка (32,31 %), обогащенный пробиотиками *L. plantarum*, обладающий низким значением pH и своеобразным кисломолочным вкусом и ароматом. По результатам исследования разработана и утверждена нормативно-техническая документация на данный вид продукции.

Глухарев А. Ю. и др. Использование ферментированного рыбного фарша с пробиотиками в рецептуре сыровяленых колбасных изделий. Вестник МГТУ. 2023. Т. 26, № 3. С. 207–222. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2023-26-3-207-222>.

## The use of fermented minced fish with probiotics in the recipe composition of dry-cured sausages

Andrei Y. Glukharev\*, Sofiia I. Barabashina, Vasily I. Volchenko,  
Julia V. Zhivlyantseva, Viktoriya A. Poteshkina, Inga V. Uskova

\*Murmansk Arctic University, Murmansk, Russia;  
e-mail: [GlukharevAYu@yandex.ru](mailto:GlukharevAYu@yandex.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6083-546X>

### Article info

Received 08.06.2023;

received  
in revised form  
03.08.2023;

accepted 09.08.2023

### Key words:

sausages,  
dry-cured fish sausages,  
fermentation,  
minced fish,  
probiotics,  
*Lactobacillus plantarum*

### For citation

### Abstract

The paper analyzes the effect of using fermented minced fish (FMF) with the *L. plantarum* probiotic in the formulation of dry-cured sausages on the quality characteristics of the finished product in comparison with sausages based on unprocessed minced fish. The microbiological, physico-chemical, structural-mechanical and organoleptic properties of the product have been evaluated. The results have shown that dry-cured sausage samples with FMF had a higher content of probiotics ( $2,5 \times 10^8$  CFU/g) compared to the control sample ( $6,3 \times 10^6$  CFU/g), which allows a person to fully meet the daily requirement in probiotics with just through the use of 40 g of such a product. The use of FMF in the dry-cured fish sausages provides a safe pH value (5.21) and significant increase in total acidity (1.39 %) compared to the control sample (pH – 6.80 and total acidity – 0.45 %). It has been established that using FMF in the technology of dry-cured fish sausages can reduce the time of their manufacture by increasing the average rate of dehydration of the product. It has been determined that samples of dry-cured sausages with FMF have higher values of hardness and cutting force. A comprehensive assessment of the quality of sausages with FMF has shown good results – 76.85 % of the maximum possible level. Thus, the possibility of using FMF with *L. plantarum* in the manufacture of dry-cured sausages has been determined. The proposed method makes it possible to obtain a product with a high protein content (32.31 %), enriched with *L. plantarum* probiotics, having a low pH value and a peculiar sour-milk taste and aroma. Based on the results of the study, normative and technical documentation for this type of product has been developed and approved.

Glukharev, A. Yu. et al. 2023. The use of fermented minced fish with probiotics in the recipe composition of dry-cured sausages. *Vestnik of MSTU*, 26(3), pp. 207–222. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2023-26-3-207-222>.

## Введение

Производство колбасных изделий в РФ находится на довольно высоком уровне – 2,44–2,61 млн т в год<sup>1</sup>, что обусловлено постоянным спросом – ежедневно колбасные изделия потребляют 22,5 % населения страны (Карамнова и др., 2018), высоким темпом жизни современного человека и его стремлением к употреблению готовых продуктов (Godfray et al., 2018). Вместе с этим многие из традиционных видов колбас относятся к деликатесным видам продукции, которые не рекомендовано употреблять часто из-за высокой калорийности и жирности, большого содержания хлорида натрия, чтобы не вызвать проблемы со здоровьем (ожирение, сердечно-сосудистые заболевания и др.) (Toldrá et al., 2014).

Учитывая вышесказанное и принимая во внимание, что современный потребитель относится осознанно и ответственно к своему здоровью, производитель постоянно стремится к повышению качества выпускаемой продукции, обновлению ассортимента и созданию полезных для организма человека продуктов питания (диетических и профилактических), употребление которых не будет столь ограничено в соответствии с принципами здорового питания. В этой связи современные тенденции в технологии производства продуктов питания направлены на создание новых колбасных изделий за счет расширения сырьевых источников и использования нетрадиционных видов сырья, а также добавления функциональных пищевых ингредиентов (ФПИ), укрепляющих здоровье людей всех возрастных групп, повышающих качество, безопасность и срок годности продукта.

В качестве нетрадиционного сырья в технологии колбасных изделий может использоваться мясо рыбы, которое по пищевой ценности не уступает мясу теплокровных животных, а во многих отношениях даже превосходит его (Сарбатова и др., 2015). Мясо рыбы является продуктом, обладающим высокой пищевой и биологической ценностью за счет содержания в нем высококачественных белков со сбалансированным составом незаменимых аминокислот, жирорастворимых витаминов (А, D, Е) и антиоксидантов, омега-3 полиненасыщенных жирных кислот и минеральных веществ (в особенности кальция, магния и фосфора) (Ключникова и др., 2022; Tilami et al., 2018). Именно поэтому колбасные изделия из рыбного сырья могут употребляться в качестве диетических и лечебно-профилактических продуктов, а также в детском и школьном питании. Особое преимущество рыбных колбас по сравнению с традиционными мясными колбасами также заключается в возможности использования для их производства малоценных видов рыб, которые ранее направлялись на кормовые цели и обычно не использовались населением в пищу из-за малых размеров, недостаточно высоких вкусовых качеств, трудностей, связанных с их переработкой, и других причин.

Еще одним аспектом, который добавляет функциональные свойства к высокой питательной ценности рыбных колбасных изделий, является использование в технологии их производства пробиотиков. Пробиотики – это ФПИ в виде полезных живых микроорганизмов, обладающих функциональной значимостью для организма человека. Они положительно влияют на равновесие микрофлоры в желудочно-кишечном тракте человека, а также уменьшают симптомы мальабсорбции лактозы, способствуют профилактике и лечению ротавирусной диареи. Использование данного ФПИ для изготовления рыбных колбасных изделий обусловлено повышением потребительского спроса на немолочные продукты с пробиотиками (Хамагаева и др., 2006). Такие продукты могут иметь особое преимущество на рынке в случаях непереносимости лактозы и аллергии на молочный белок (казеин), а также при наличии потребительского интереса к продуктам с низким содержанием холестерина (Журавлева и др., 2014; Никифорова, 2020; Speranza et al., 2017; Ranadheera et al., 2017).

Из всего ассортимента колбасных изделий сыровяленые колбасы являются одним из наиболее подходящих видов продукта для использования пробиотиков. В технологическом процессе изготовления сыровяленых колбас не применяется термическая обработка, что увеличивает шансы пробиотиков на выживание (Vuyst et al., 2008). В то же время некоторые ингредиенты колбасного фарша (хлористый натрий, нитриты и нитраты) и технологические условия на разных стадиях производства (кислотность, активность воды) оказывают негативное влияние на рост и развитие пробиотиков, их антагонистическую активность, создание благоприятного эффекта в продукте. При этом ежедневное потребление пробиотиков должно быть на уровне не менее  $10^8$ – $10^{10}$  колониеобразующих единиц (КОЕ)/сут<sup>2</sup> для обеспечения необходимого терапевтического эффекта (Champagne et al., 2011).

Одним из наиболее популярных методов, направленных на сохранение жизнеспособности пробиотиков, улучшение их роста и развитие полезных свойств в продукте, является ферментация. Во время ферментации происходит продуцирование органических кислот и бактериоцинов, а также ферментов, перекиси водорода, лизоцима и диацетила, которые позволяют повысить микробиологическую стабильность и безопасность продукта без использования жесткой тепловой обработки и синтетических добавок (Speranza et al., 2017; Зайчикова и др., 2021). Ферментация позволяет модифицировать свойства исходного сырья и полуфабриката, придавать определенные качественные показатели готовой продукции (Speranza et al., 2017; Зайчикова и др., 2021).

<sup>1</sup> BusinesStat готовые обзоры рынков. Анализ рынка колбасных изделий и мясных деликатесов в России в 2018–2022 гг., прогноз на 2023–2027 гг. в условиях санкций / BusinesStat. М., 2023. 139 с.

<sup>2</sup> Это соответствует 100 г продукта, содержащего от  $10^6$  до  $10^8$  КОЕ/г пробиотических микроорганизмов.

Быстрое подкисление колбасного фарша во время ферментации до конечных значений  $\text{pH} = 5,3$  или ниже обеспечивает микробиологическую безопасность и увеличивает срок годности готовых колбасных изделий (Toldrá et al., 2014).

На основании полученных ранее экспериментальных данных о возможности применения пробиотиков в производстве рыбных сыровяленых колбас был выбран *Lactobacillus plantarum* в качестве наиболее перспективного штамма (Глухарев и др., 2021) из-за наилучшего микробиологического роста, хорошего снижения  $\text{pH}$  и увеличения общей кислотности, улучшения органолептических свойств готового продукта. Однако при этом  $\text{pH}$  готовых колбасных изделий находился на уровне 6,81–7,26 единиц, что является нежелательным.

В данной работе для установления и поддержания в продукте кислой реакции среды, необходимой для предотвращения развития нежелательной микрофлоры, проводили предварительную ферментацию сырого рыбного фарша с использованием пробиотических микроорганизмов *L. plantarum* и сахарозы без внесения в него хлористого натрия, пряностей и других пищевых ингредиентов. Использование такого обработанного (ферментированного) рыбного фарша в технологии колбасных изделий, особенно сыровяленых, может позволить усовершенствовать процесс изготовления пищевого продукта с точки зрения безопасности, эффективности и обогащения его функционально значимыми для человека биологически активными соединениями. Тем не менее, учитывая специфические особенности такого фарша (кислый запах, плотная консистенция и прочее), следует комплексно изучить его влияние на качество получаемого продукта.

Таким образом, цель работы состояла в исследовании возможности использования ферментированного рыбного фарша с пробиотиком *L. plantarum* в рецептуре рыбных сыровяленых колбасных изделий, а также оценке качества готового продукта.

#### Объекты и методы исследования

Объектами исследования при выполнении экспериментальной части работы являлись: неразделанная мороженая северная путассу (*Micromesistius poutassou*), отвечающая требованиям ТУ 10.20.10-210-00472093-2017 "Рыба и продукты рыбные мороженые. Технические условия"<sup>3</sup>; стартовая культура (бактериальная закваска) *Lactobacillus plantarum* Vege-Start 60 (Chr. Hansen, Horsholm, Denmark), отвечающая требованиям Регламента (ЕС) № 178/2002; ферментированный рыбный фарш с *L. plantarum*; образцы рыбных сыровяленых колбасок (рис. 1), приготовленные на основе ферментированного рыбного фарша (опытный образец) и необработанного рыбного фарша (контрольный образец). Предметом исследования данной работы являлась технология изготовления рыбных сыровяленых колбасных изделий.



Рис. 1. Фотографии образцов рыбных сыровяленых колбасок:  
а – в начале процесса сушки; б – в конце процесса сушки

Fig. 1. Photos of samples of dry-cured fish sausages:  
а – at the beginning of the drying process; б – at the end of the drying process

Перед внесением в рыбный фарш бактериальную закваску проверяли на микробиологическую безопасность: бактерии группы кишечных палочек (БГКП) – ГОСТ 32901-2014; дрожжи и плесневые грибы – ГОСТ 33566-2015; золотистый стафилококк (*Staphylococcus aureus*) – ГОСТ 30347-2016; патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы – ГОСТ 31659-2012, устанавливали состав микрофлоры закваски (ГОСТ 33951-2016), кислотообразующую активность закваски определяли по нарастанию титруемой

<sup>3</sup> Информация о нормативных актах и ГОСТах представлена в Приложении.

кислотности (ГОСТ 3624-92) и по изменению активной кислотности (рН) (ГОСТ 32892-2014) согласно ГОСТ 34372-2017.

Бактериологические исследования проводили с использованием тринокулярного светового микроскопа Olympus CX23LEDRFS1 под масляной иммерсией с общим увеличением  $\times 1000$ . Фотосъемку препаратов выполняли с помощью цифровой камеры ADF и программного обеспечения ADF Image Capture. Видовая идентификация микробных изолятов осуществлялась с применением матрично-активированной лазерной десорбции/ионизации с времяпролетным разделением MALDI-ToF MS (Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry) с помощью масс-спектрофотометра Microflex и базы данных MALDI Biotyper на базе централизованной многофункциональной лаборатории (ЦМЛ) государственного областного бюджетного учреждения здравоохранения "Мурманская областная клиническая больница имени П. А. Баяндина" (ГОБУЗ "МОКБ им. П. А. Баяндина").

Образцы рыбных сыровяленых колбасок подготавливали в соответствии со схемой, представленной на рис. 2. Основное отличие в технологии получения образцов рыбных колбасок заключалось в том, что опытный образец был приготовлен с использованием ферментированного рыбного фарша, содержащего в своем составе *L. plantarum*, а контрольный образец – с использованием необработанного рыбного фарша, бактериальную стартовую культуру *L. plantarum* вводили непосредственно в процессе смешивания фарша с остальными ингредиентами.

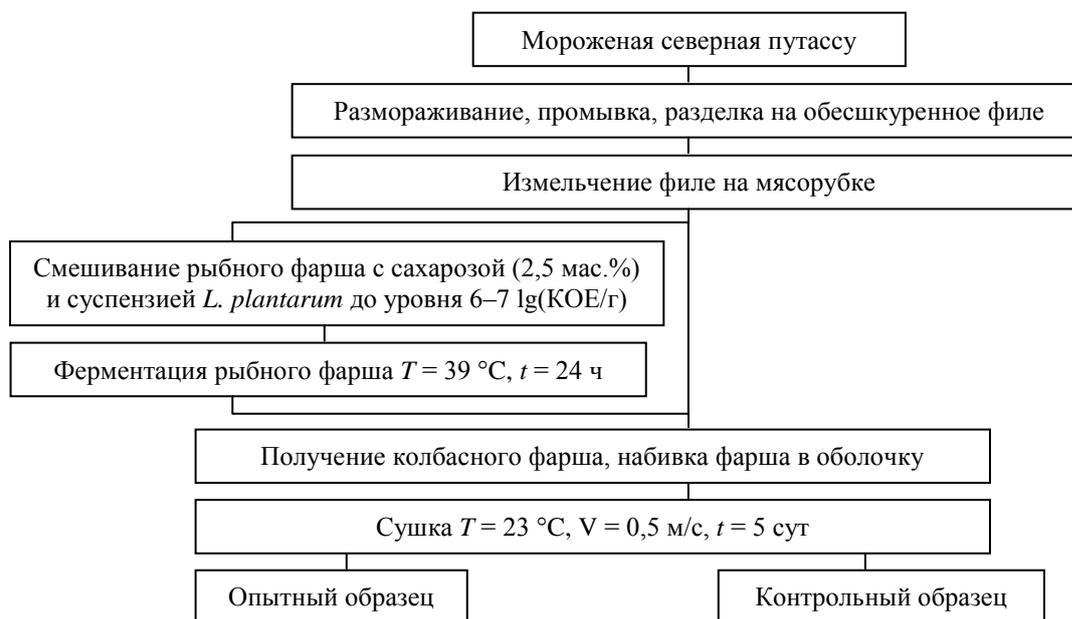


Рис. 2. Технологическая схема получения образцов рыбных сыровяленых колбасок  
Fig. 2. Flow diagram for obtaining samples of dry-cured fish sausages

Образцы рыбных сыровяленых колбасок в процессе сушки отбирали для анализа каждые 24 ч. Отбор проб для исследований осуществляли в соответствии с ГОСТ 31339-2006.

Химический состав образцов колбасок определяли следующими методами: содержание влаги, белка, жира и золы – ГОСТ 7636-85; массовую долю влаги определяли методом высушивания при 105 °С, белка – методом Кьельдаля, жира – экстракционным методом в аппарате Сокслета, золы (минеральных веществ) – методом сжигания при 550 °С. Содержание белка рассчитывали путем умножения содержания общего азота (ОА) на коэффициент, равный 6,25. Массовую долю небелкового (НБА) и аминного азота (АА) определяли методами осаждения и формольного титрования (Волченко и др., 2020).

Активную кислотность (рН) образцов колбасок измеряли в водной вытяжке потенциометрическим методом на рН-метре-иономере "ЭКСПЕРТ-001" по ГОСТ 28972-91. Общую (титруемую) кислотность – по ГОСТ 27082-2014.

Средний темп обезвоживания образцов колбасок оценивали по формуле

$$v^{-c} = \frac{w_0^c - w_t^c}{t}, \quad (1)$$

где  $w_0$ ,  $w_t$  – начальная и конечная влажность продукта, %;  $t$  – продолжительность обезвоживания, сут.

Подготовку проб для определения микробиологических показателей проводили по ГОСТ 31904-2012. Количественный учет пробиотических молочнокислых бактерий выполняли по ГОСТ 10444.11-2013 (ISO 15214:1998). Проверку образцов рыбных сыровяленых колбасок на отсутствие санитарно-показательных микроорганизмов осуществляли в соответствии с микробиологическими нормативами безопасности пищевой

рыбной продукции, установленными в Техническом регламенте Евразийского экономического союза "О безопасности рыбы и рыбной продукции" (ТР ЕАЭС 040/2016).

Структурно-механические показатели (твёрдость и усилие резания) исследуемых образцов рыбных сыровяленых колбасок определяли при помощи анализатора текстуры FRTS-50N (IMADA CO., LTD, Япония) в соответствии с методикой, приведенной в руководстве по эксплуатации прибора. Твёрдость определялась с использованием дискового индентора (FR FR-NA-20J), оценка усилия резания (среза) – с использованием клиновидного индентора (FR-KS-2030-60J). Испытания проводили при постоянной скорости погружения инденторов (2 мм/сек) и комнатной температуре (23–25 °С).

Органолептическую оценку образцов рыбных сыровяленых колбасок высчитывали по ГОСТ 7631-2008 по пятибалльной шкале, специально разработанной для этого вида продукта (табл. 1).

Таблица 1. Балльная шкала оценки образцов рыбных сыровяленых колбасок  
Table 1. Scoring scale for organoleptic evaluation of samples of dry-cured fish sausages

Показатель	Словесная характеристика	Балл
Внешний вид	Батончики с чистой, сухой поверхностью, без пятен, повреждений оболочки, слипов, наплывов фарша, наличие складок	5
	Батончики с чистой, сухой поверхностью, без поврежденной оболочки, допускаются незначительные пятна, слипы, наплывы фарша, наличие складок	4
	Батончики с чистой, слегка влажной поверхностью, с слегка мятой оболочкой	3
	Батончики с слегка загрязненной, влажной поверхностью, с сильно мятой оболочкой	2
	Батончики с сильно загрязненной и очень влажной поверхностью, поврежденной оболочкой	1–0
Цвет и вид на разрезе	Фарш равномерно перемешан, без серых пятен и пустот, цвет однородный белый, с включением пряностей	5
	Фарш равномерно перемешан, с единичными серыми пятнами, без пустот, цвет белый с незначительным серым или бежевым оттенком, с включением пряностей	4
	Фарш слегка неравномерно перемешан, цвет неоднородный от светло-серого до светло-бежевого, с небольшим включением частиц кожи и пленки	3
	Фарш неравномерно перемешан, цвет серый или бежевый, с вкраплениями черной пленки и другими посторонними вкраплениями	2
	Неоднородная масса, цвет темно-серый или темно-бежевый, с множественными вкраплениями черной пленки и другими посторонними примесями	1–0
Запах	Приятный, без постороннего запаха, выраженный аромат пряностей. Допускается легкий кисломолочный аромат, напоминающий запах кефира или ряженки	5
	Приятный, выраженный аромат пряностей, слегка выраженный запах свойственный данному виду рыбы, без постороннего запаха	4
	Выраженный рыбный запах	3
	Ярко выраженный неприятный рыбный запах	2
	Неприятный, посторонний запах	1
Консистенция	Плотная, твердая	5
	Плотная, слегка ослабленная	4
	Мягкая или жесткая	3
	Слишком мягкая или трудно пережевываемая	2
	Пастообразная, водянистая	1–0
Вкус	Приятный, без постороннего привкуса, слегка острый, солоноватый. Допускается наличие кисловатого привкуса	5
	Приятный, слегка ослабленный вкус за счет чрезмерно кисломолочного или преобладающего пряного вкуса	4
	Менее приятный, мало свойственный сыровяленым рыбным колбасам	3
	Малоприятный или невыраженный, излишне острый	2
	Неприятный, посторонний вкус	1–0

Для оценки качества и безопасности образцов рыбных сыровяленых колбасок применяли квалиметрический подход с использованием комплексного безразмерного показателя (Лукина и др., 2022). Номенклатура показателей, объективно характеризующих качество образцов рыбных сыровяленых колбас, представлена в табл. 2. Стоит отметить, что оценка образцов колбас по показателям безопасности проводилась без учета токсичных элементов, пестицидов и радиационных показателей в связи с использованием пищевого сырья и материалов, соответствующих требованиям, установленным нормативно-правовыми актами Российской Федерации.

Таблица 2. Шкала комплексной оценки качества образцов рыбных сыровяленых колбасок  
Table 2. Scale for comprehensive assessment of the quality of samples of dry-cured fish sausages

Показатели качества	Групповой коэффициент весомости	Внутригрупповые показатели качества продукции	Внутригрупповые коэффициенты весомости	Значение для эталона
А, показатели безопасности*	1;0	Бактерии группы кишечных палочек (колиформы), в 0,1 г	1;0	не допускаются
		<i>E. coli</i> , в 1,0 г	1;0	не допускается
		<i>S. aureus</i> в 1,0 г	1;0	не допускается
		Сульфитредуцирующие клостридии, в 0,01 г	1;0	не допускаются
Б, органолептические показатели	0,35	Внешний вид	0,20	5
		Консистенция	0,20	5
		Цвет и вид на разрезе	0,20	5
		Запах	0,20	5
		Вкус	0,20	5
В, показатели пищевой ценности**	0,35	Содержание: влаги в 100 г продукта	0,15	30,0
		белка в 100 г продукта	0,25	от 60 до 114
		жира в 100 г продукта	0,25	от 57 до 127
		пробиотиков, lg(КОЕ/г)	0,35	10
Г, физико-химические	0,30	Значение pH	1,0	5,5

Примечания. \*Групповой коэффициент весомости равен 1 при соблюдении всех требований нормативной документации (НД), 0 – при невыполнении требований хотя бы по одному показателю НД. \*\*Приведены рекомендованные уровни адекватного суточного потребления основных пищевых нутриентов и минорных веществ пищи для взрослого человека<sup>4</sup>.

Комплексный безразмерный показатель качества образцов рыбных сыровяленых колбасок рассчитывали по формуле

$$K = M_{Aj} \cdot \left( M_{Bi} \cdot \sum_{i=1}^z m_{Bi} \cdot k_{Bi} + M_B \cdot \sum_{i=1}^g m_{Bi} \cdot k_{Bi} + M_{\Gamma} \cdot \sum_{i=1}^q m_{\Gamma i} \cdot k_{\Gamma i} \right), \quad (2)$$

где  $M_{Aj}$  – коэффициент, характеризующий безопасность пищевого продукта;  $M_B$ ,  $M_{\Gamma}$ ,  $M_D$  – коэффициенты весомости для групп свойств, характеризующих соответственно органолептические показатели (Б), пищевую ценность исследуемого продукта (В), физико-химические изменения (Г);  $k_{Bi}$ ,  $k_{B_i}$ ,  $k_{\Gamma i}$  – безразмерная величина, характеризующая значение каждого показателя качества пищевого продукта относительно выбранного базового образца сравнения (эталона);  $m_{Bi}$ ,  $m_{B_i}$ ,  $m_{\Gamma i}$  – внутригрупповые коэффициенты весомости  $i$ -х показателей потребительских свойств и (или) качества внутри каждой группы свойств;  $z$ ,  $g$ ,  $q$  – количество показателей качества, характеризующих соответственно органолептические свойства, пищевую ценность, физико-химические изменения.

Экспериментальная часть работы выполнена на базах научно-исследовательской лаборатории (НИЛ) кафедры технологий пищевых производств (ТПП) и НИЛ "Химия и технология морских биоресурсов" Мурманского государственного технического университета (МГТУ)<sup>5</sup>. Изготовление образцов рыбных сыровяленых колбасок проводили в учебно-экспериментальном цехе кафедры ТПП МГТУ. Микробиологические исследования проводили на кафедре микробиологии и биохимии МГТУ и в подразделении микробиологии испытательного центра продукции, сырья и материалов ФБУ "Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Мурманской области".

Все эксперименты проводились в трехкратной повторности. Результаты выражали в виде среднего значения и стандартного отклонения. Статистический анализ проводили с использованием программы Microsoft Office Excel 2007. Доверительная вероятность была установлена на уровне 0,95.

<sup>4</sup> МР 2.3.1.0253-21. 2.3.1. Гигиена. Гигиена питания. Рациональное питание. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации: взамен МР 2.3.1.2432-08: дата введения 2021-07-22. М. : Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2021. 72 с.

<sup>5</sup> В настоящее время – Мурманский арктический университет (МАУ).

### Результаты и обсуждение

Использование пробиотических микроорганизмов в технологии сыровяленых колбасных изделий является современным биотехнологическим методом обработки сырья животного происхождения, напрямую влияющим на микробиологические, физико-химические, структурно-механические и органолептические свойства пищевого продукта. Чтобы комплексно оценить влияние ферментированного рыбного фарша с пробиотиком *L. plantarum* на качество рыбных сыровяленых колбасных изделий, данные исследования были разбиты на четыре этапа.

Рецептурный состав колбасного фарша для приготовления образцов рыбных сыровяленых колбасок приведен в табл. 3. Стоит отметить, что в контрольный образец ввели 1 000,0 см<sup>3</sup> (на 100 кг несоленого сырья) стартовой культуры *L. plantarum* с содержанием бактерий 9,0·10<sup>7</sup> КОЕ/см<sup>3</sup>, чтобы процесс созревания проходил уже непосредственно в колбасах.

Таблица 3. Рецептурный состав колбасного фарша для приготовления образцов рыбных сыровяленых колбасок

Table 3. Recipe composition of minced sausage for the preparation of samples of dry-cured fish sausages

Основное сырье (несоленое)	Количество, кг на 100 кг	
	Опытный образец	Контрольный образец
Ферментированный рыбный фарш из мяса северной путассу с <i>L. plantarum</i>	90,0	–
Фарш из мяса северной путассу	–	90,0
Масло подсолнечное рафинированное дезодорированное	10,0	
Пряности и материалы	Количество, г на 100 кг несоленого сырья	
Соль пищевая	2,0	
Сахароза	1,0	
Смесь пряностей (белый перец молотый : черный перец молотый; 1 : 1)	0,2	
Гуаровая камедь (E412)	0,3	
Витамин С	0,1	
Стартовая культура <i>L. plantarum</i>	–	1 000,0 см <sup>3</sup> (9,0·10 <sup>7</sup> КОЕ/см <sup>3</sup> )

### Микробиологические исследования

На первом этапе исследования был проведен микробиологический анализ бактериальной закваски. Бактериальная закваска соответствовала требованиям нормативно-технической документации по микробиологической чистоте. Бактерий-контаминантов не обнаружено.

Идентификацию полученных микробных изолятов устанавливали на основании морфологических, культуральных, тинкториальных, физиолого-биохимических признаков и окислительно-восстановительных признаков (рис. 3).

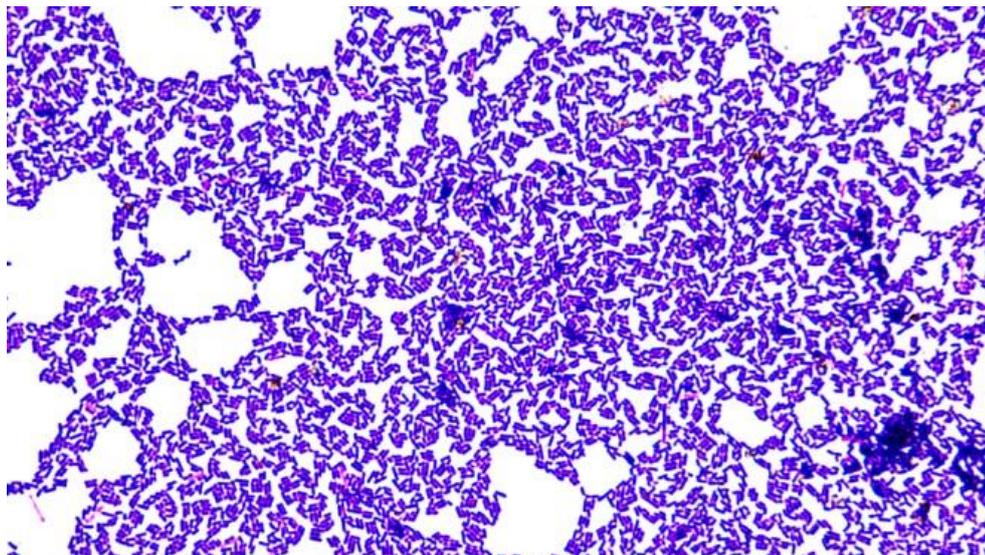


Рис. 3. Микрофотография *Lactobacillus plantarum* (увеличение 1 000×)  
 Fig. 3. Photomicrography of *Lactobacillus plantarum* (power 1 000×)

При культивировании молочнокислых бактерий на среде Бликфельда (ГОСТ 10444.11-2013 (ISO 15214:1998)) формировали гладкие выпуклые колонии светло-бежевого цвета, с ровным краем, однородной консистенцией диаметром до 2,5 мм.

При микроскопировании были обнаружены грамположительные неспорообразующие палочки. Также микробные изоляты обладали хорошо выраженной сахаролитической активностью – расщепляли глюкозу, лактозу, сахарозу, мальтозу, маннозу и сорбит и не ферментировали рамнозу. Не образовывали каталазу, оксидазу, протеазу. Это свидетельствует о том, что выделенные чистые микробные изоляты относятся к бактериям рода *Lactobacillus*.

В ходе проведения масс-спектрометрии было идентифицировано, что выделенные бактериальные изоляты принадлежат виду *Lactobacillus plantarum*.

Закваска наиболее быстро адаптируется и набирает численность бактерий на питательной среде до  $10^{10}$  КОЕ/г.

Максимальное значение титруемой кислотности 100 градусов Тернера (°Т) закваски достигалось на 5 сутки культивирования – 80 °Т, максимальное значение pH равно 5,44 единиц.

Далее осуществляли подсчет жизнеспособных клеток пробиотических микроорганизмов *L. plantarum* в рыбном фарше во время ферментации и образцах рыбных сыровяленых колбасок в процессе сушки продукта. Результаты данных исследований представлены в табл. 4. Санитарно-показательные микроорганизмы (бактерии группы кишечных палочек, *S. aureus*, сальмонеллы, *L. monocytogenes*, *V. parahaemolyticus*) в рыбном фарше и образцах рыбных сыровяленых колбасок отсутствовали.

Таблица 4. Изменение количества клеток *L. plantarum* в рыбном фарше в процессе ферментации и образцах рыбных сыровяленых колбасок в процессе сушки продукта

Table 4. Change in the number of *L. plantarum* cells in minced fish during fermentation and samples of dry-cured fish sausages during drying

Образец		Образец	
		Опытный	Контрольный
		Количество <i>L. plantarum</i> , lg(КОЕ/г)	
Фарш рыбный	до ферментации	5,70	–
	после ферментации	9,40	–
Рыбные сыровяленые колбаски	Продолжительность сушки, сут		
	0	8,70	5,11
	1	9,40	5,95
	3	8,70	6,79
	5	8,40	6,80

В результате исследования был установлен высокий уровень накопления биомассы *L. plantarum* в процессе ферментации рыбного фарша – количество пробиотических микроорганизмов увеличилось с 5,70 до 9,40 lg(КОЕ/г). Максимальное количество клеток *L. plantarum* в опытных образцах колбасок наблюдалось за первые сутки сушки – 9,40 lg(КОЕ/г), снижение их количества до 8,40 lg(КОЕ/г) происходило в конце процесса сушки. Такое уменьшение биомассы пробиотических микроорганизмов в первую очередь связано с их адаптацией к изменяющимся условиям окружающей среды (низкая кислотность, снижение количества легкодоступных для питания веществ, обезвоживание продукта в процессе сушки). Эти результаты свидетельствуют о том, что необходимы дальнейшие исследования по совершенствованию технологии изготовления данных колбасных изделий с целью повышения выживаемости в них пробиотиков, а также микробиологические исследования продукта в процессе хранения для оценки остаточного содержания пробиотических микроорганизмов на конец рекомендуемого срока годности. *L. plantarum* в контрольном образце колбасок демонстрирует постепенный рост во время всего процесса сушки, максимальное количество клеток составляет 6,80 lg(КОЕ/г) на пятые сутки сушки.

Количественный учет пробиотических микроорганизмов в изучаемых образцах рыбных сыровяленых колбасок позволяет оценить степень удовлетворения суточной потребности в пробиотиках ( $>10^{8-10}$  КОЕ/день) при употреблении данного продукта. Полученные результаты показали, что в сравнении с контрольным образцом использование ферментированного рыбного фарша в рецептуре сыровяленых колбасок позволяет достигать более высокого уровня содержания пробиотиков в продукте, вследствие чего суточную норму можно полностью удовлетворить всего лишь за счет 40 г продукта.

#### Результаты химического анализа

На втором этапе исследований был проведен химический анализ образцов рыбных сыровяленых колбасок в процессе сушки.

Значения pH и общей кислотности (в пересчете на молочную кислоту) образцов рыбных сыровяленых колбасок, наблюдаемые в течение пяти суток сушки, представлены на рис. 4. Начальные значения pH

опытного образца колбасок были ниже по сравнению с контрольным образцом на 1,16 единиц. В течение трех суток сушки pH опытных образцов колбасок снизился на 0,39 единиц, а в конце процесса сушки наблюдалось незначительное увеличение pH на 0,06 единиц. Наблюдаемые значения pH опытных образцов колбасок (5,17–5,21 единиц) обеспечивают безопасность продукта в отношении патогенных бактерий, например, таких как *E. coli* и *S. aureus*. Значения pH контрольных образцов колбасок не соответствовали безопасным (pH 5,3 или ниже): в течение трех суток сушки pH повышался с 6,70 до 7,03 единиц, а затем следовало снижение pH до 6,80 единиц.

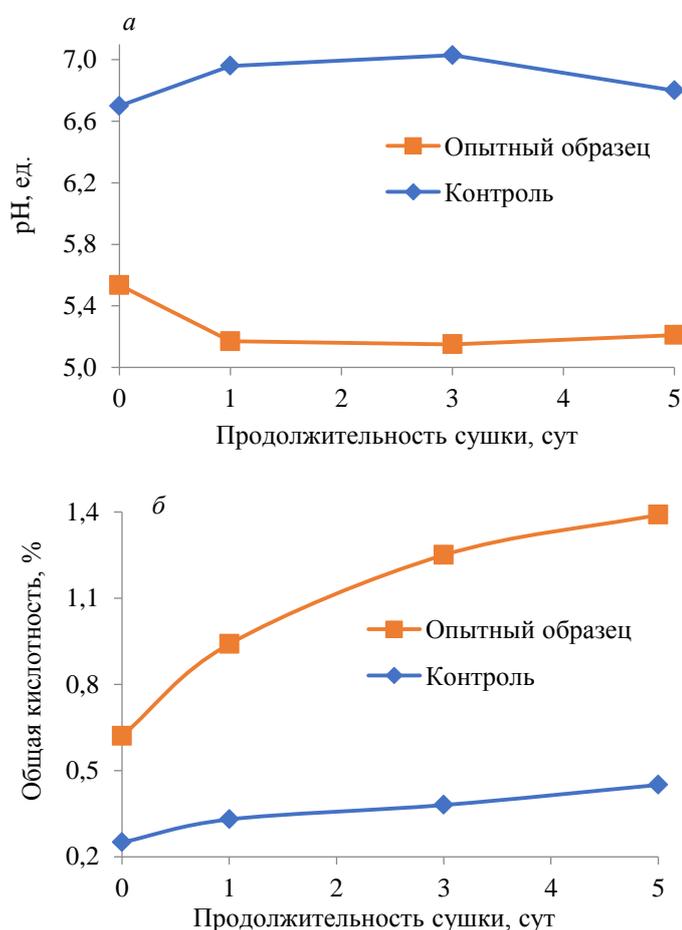


Рис. 4. Изменение pH (а) и общей кислотности (б) образцов рыбных сыровяленых колбасок в процессе сушки

Fig. 4. Changes in pH (a) and total acidity (б) of samples of dry-cured fish sausages during the drying

Увеличение общей кислотности (в пересчете на молочную кислоту) наблюдалось во всех образцах рыбных сыровяленых колбасок (рис. 4). Было установлено, что образование молочной кислоты в процессе сушки происходило быстрее всего в опытном образце колбасок по сравнению с контрольным образцом. Так, общая кислотность увеличилась на 0,20 % в контрольном образце и на 0,77 % – в опытном. Таким образом, данные результаты показали, что использование ферментированного рыбного фарша в рецептуре рыбных сыровяленых колбасок положительно повлияло на скорость подкисления продукта во время сушки, вследствие чего технология получения этого продукта стала более безопасной в отношении санитарно-показательных микроорганизмов.

Влажность является одной из самых важных характеристик продуктов из сырья животного происхождения, в том числе колбас, от нее зависят структура продукта и развитие общей микрофлоры. Влияние продолжительности сушки на изменение массовой доли влаги (в пересчете на сухую массу) в образцах рыбных колбасок представлено на рис. 5. Визуальная оценка кривых кинетики сушки позволяет разделить данный процесс на два периода: период постоянной скорости сушки, условно приходящийся на первые сутки, и период падающей скорости сушки, происходящий после первых суток. Из литературных источников известно, что во время первого периода сушки удаляется свободно связанная вода, макрокапиллярная влага, а во время второго – связанная вода, более прочно удерживаемая химическими веществами продукта (Ершов и др., 2015). По своей форме кривые кинетики обезвоживания колбас приближаются к аналогичным кривым капиллярно-пористых коллоидных тел. Наблюдается, что удаление влаги из опытных образцов

колбасок, приготовленных с использованием ферментированного рыбного фарша, происходило быстрее, что отчетливо видно из рисунка по более крутому наклону кривой кинетики сушки за первые сутки обезвоживания. Средний темп обезвоживания опытных образцов колбасок (35,07 % к массе сухого вещества/сут) был выше по сравнению с контролем (34,42 % к массе сухого вещества/сут). Такие результаты можно объяснить тем, что, вероятно, снижение pH до изоэлектрической точки белков (5,2 до 5,5), способствует уменьшению влагоудерживающей способности продукта. Использование ферментированного рыбного фарша в рецептуре рыбных сыровяленых колбас является более выгодным с точки зрения снижения расходов на электроэнергию при сушке данного вида пищевого продукта в сушильных установках.

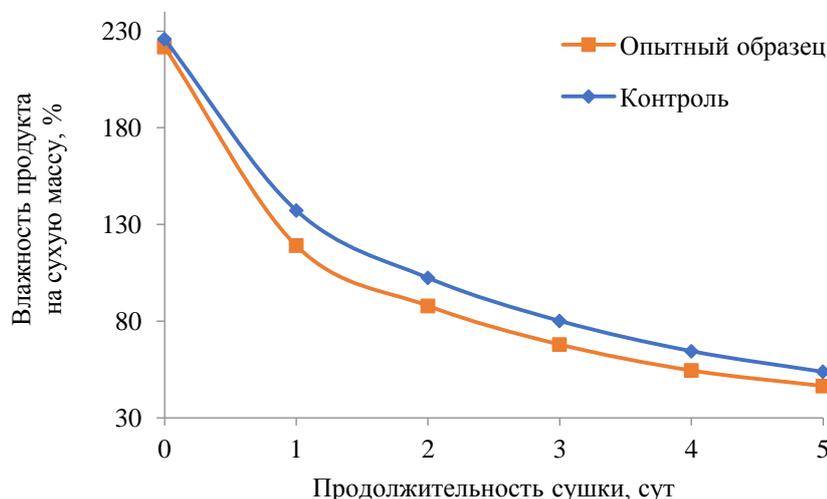


Рис. 5. Кривые кинетики сушки образцов рыбных сыровяленых колбасок

Fig. 5. Curves of the kinetics of drying samples of dry-cured fish sausages

В колбасных изделиях в процессе сушки происходит ряд сложных биохимических и физико-химических изменений (обезвоживание, денатурация и гидролиз белков, липидов и прочее), которые ускоряются при использовании микроорганизмов в качестве стартовых культур. В табл. 5 представлены результаты изменения химического состава и содержания азотистых веществ в образцах рыбных сыровяленых колбасок. В готовых образцах колбасок наблюдается значительное увеличение содержания белка, липидов и золы, что является естественной закономерностью при значительном снижении массовой доли влаги в продукте в процессе сушки. Результаты показывают, что содержание белка и золы в опытных образцах колбасок по сравнению с контролем было больше на 3,73 и 2,49 % соответственно. Это может быть связано с более низким содержанием влаги в опытных образцах колбасок (26,95 %) по сравнению с контрольным образцом (31,67 %).

Таблица 5. Изменение химического состава и содержания азотистых веществ в образцах рыбных сыровяленых колбасок

Table 5. Changes in the chemical composition and content of nitrogenous substances in samples of dry-cured fish sausages

Показатель	Образец			
	Опытный		Контроль	
	Продолжительность сушки, сут			
	0 сут	5 сут	0 сут	5 сут
Химический состав				
Влага, %	68,92 ± 0,14	26,95 ± 0,76	69,31 ± 0,65	31,67 ± 0,25
Белок (ОА×6,25), %	15,06 ± 0,48	32,31 ± 0,21	15,56 ± 0,08	28,56 ± 0,09
Липиды, %	9,84 ± 0,43	22,39 ± 0,48	10,68 ± 0,38	25,75 ± 0,58
Золы (минеральные вещества), %	3,18 ± 0,01	7,02 ± 0,06	2,81 ± 0,01	4,53 ± 0,05
Содержание азотистых веществ				
ОА, %	2,41 ± 0,08	5,17 ± 0,12	2,49 ± 0,02	4,57 ± 0,01
НБА, %	0,37 ± 0,01	0,80 ± 0,01	0,30 ± 0,01	0,57 ± 0,01
АА, мг/100 г	32,44 ± 0,03	75,16 ± 0,03	28,48 ± 0,02	103,23 ± 0,05
НБА/ОА×100, %	15,35	15,47	12,05	12,47
АА/ОА×100, %	1,35	1,45	1,14	2,26

Ферментные системы микроорганизмов (протеиназы, аминопептидазы, деаминазы, декарбоксилазы и др.) могут катализировать гидролиз белкового компонента колбасных изделий с образованием нежелательных низкомолекулярных соединений (например, биогенных амидов), которые в большом количестве могут негативно влиять на качество и безопасность готового продукта. К одним из наиболее часто применяемых показателей для оценки глубины гидролиза белков, входящих в состав продукции, относят степень накопления НБА или АА на единицу азота белка. Согласно данным, представленным в табл. 5, использование ферментированного рыбного фарша в рыбных сыровяленых колбасках не привело к серьезным изменениям азотистых веществ продукта в процессе сушки. Так, в опытных образцах колбасок показатель НБА/ОА изменялся с 15,35 по 15,47 %, а АА/ОА – с 1,35 до 1,45 %. Показатель НБА/ОА в контрольном образце колбасок вырос на 0,42 % по сравнению с исходным образцом (до сушки), а показатель АА/ОА увеличился на 1,12 %. Представленные результаты показали, что в контрольном образце степень накопления НБА и АА на единицу азота белка была выше, чем в опытном образце. Такое различие, вероятно, может быть связано с тем, что пробиотические микроорганизмы в опытных образцах во время роста более интенсивно потребляли данные азотистые соединения. Таким образом, результаты изучения данных показателей доказали, что в процессе изготовления образцов рыбных сыровяленых колбасок не происходит существенного накопления продуктов гидролиза белка. Это свидетельствует о том, что данные микроорганизмы не обладают высокой протеолитической активностью и не несут потенциальной опасности для здоровья из-за образования в колбасных изделиях больших концентраций продуктов распада белка.

#### Структурно-механические исследования

На *третьем этапе исследований* оценивались структурно-механические свойства образцов рыбных сыровяленых колбасок с использованием анализатора текстуры IMADA FRTS-50N. В табл. 6 представлены результаты структурно-механических испытаний образцов колбасок. Все образцы колбасок увеличили прочность структуры: твердость и усилие резания. Это объясняется постепенным уменьшением размеров микрокапилляров образцов колбасок в процессе обезвоживания (рис. 5), что приводит к более плотной структуре продукта. Наблюдаемые различия в прочности образцов в большей степени могут быть связаны с различным содержанием остаточной влаги. Опытные образцы колбасок содержали более низкое количество влаги (табл. 5), поэтому они показывают более высокие значения твердости и усилия резания по сравнению с контролем.

Таблица 6. Структурно-механические показатели образцов рыбных сыровяленых колбасок  
 Table 6. Structural-mechanical properties of samples of dry-cured fish sausages

Показатель	Образец			
	Опытный		Контроль	
	Продолжительность сушки, сут			
	0	5	0	5
Твердость, Н	1,78 ± 0,07	33,91 ± 1,38	1,44 ± 0,06	15,40 ± 1,12
Усилие резания, Н	0,50 ± 0,01	11,55 ± 1,51	0,44 ± 0,02	5,28 ± 1,25

#### Органолептическая оценка и расчет показателя комплексной оценки качества

На *четвертом этапе исследований* проведена органолептическая оценка образцов рыбных сыровяленых колбасок. Органолептические профили образцов рыбных сыровяленых колбас представлены на рис. 6. Приготовленные образцы представляли собой колбаски с чистой и сухой поверхностью. Цветовые характеристики образцов колбасок практически не отличались: на разрезе фарш равномерно перемешан, цвет продукта бежевый с серым оттенком, с включением пряностей. По внешнему виду контрольные и опытные образцы колбасок выглядели практически одинаково. Более высокие оценки за вкус и консистенцию получили контрольные образцы колбасок по сравнению с опытными образцами. Это связано с тем, что опытные образцы колбасок обладали своеобразным кисломолочным оттенком во вкусе и отличались незначительным наличием зон в продукте с рыхлой консистенцией, что, вероятно, связано с более низкими значениями рН (рис. 4) и более низким содержанием влаги по сравнению с контрольным образцом (табл. 5). В свою очередь, контрольный образец колбасок обладал вкусом традиционной вяленой путассу с едва заметным кисловатым привкусом, который больше понравился участникам дегустации. Здесь стоит отметить, что большинство ферментированных рыбных продуктов обладают выраженным кисловатым вкусом и ароматом, который обусловлен образованием в процессе ферментации органических кислот (Cooke et al., 1987). Данные кислоты подвергают лабильные белки мяса денатурации, что в конечном итоге обуславливает специфическую консистенцию мышечной ткани и плохую формуемость рыбных фаршей. Таким образом, дальнейшие

работы должны быть посвящены оптимизации рецептурного состава колбасного фарша и технологии его приготовления, чтобы улучшить вкус и консистенцию готового продукта.

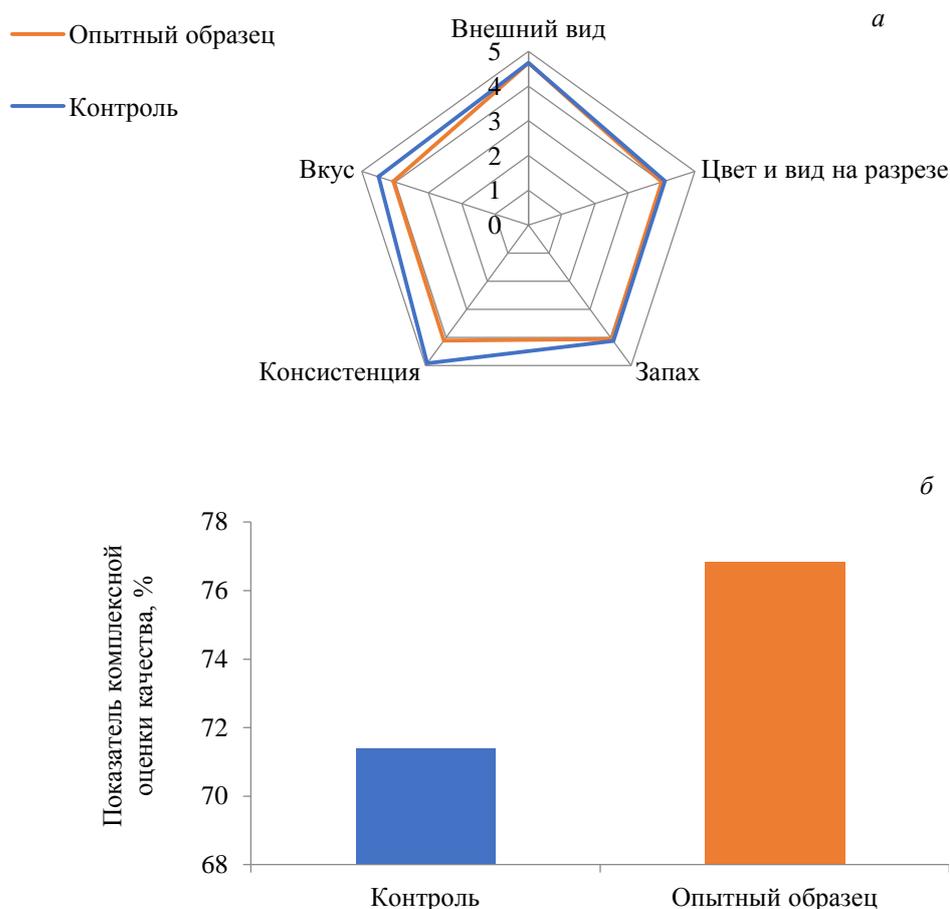


Рис. 6. Органолептический профиль (а) и показатель комплексной оценки качества (б) образцов рыбных сыровяленых колбасок  
 Fig. 6. Organoleptic property (а) and the indicator of comprehensive assessment of the quality of samples of dry-cured fish sausages

Расчет показателя комплексной оценки качества продемонстрировал, что опытный образец колбасок обладал более высокими потребительскими свойствами в сравнении с контрольным образцом (рис. 6). Расчетные значения показателя комплексной оценки качества образцов колбасок (в процентах от максимально возможного уровня) составили: 76,85 % для опытного образца и 71,38 % для контрольного образца.

На основании результатов, полученных при выполнении данных исследований, была разработана и утверждена нормативно-техническая документация (ТУ, ТИ) на данный вид продукции: ТУ 10.85.12-104-00471633-2020 "Колбаски рыбные сыровяленые на основе фарша северной путассу с молочнокислыми бактериями" и ТИ 104-2020 по изготовлению колбасок рыбных сыровяленых на основе фарша северной путассу с молочнокислыми бактериями.

### Заключение

В результате проведенного исследования была определена возможность использования ферментированного рыбного фарша с пробиотическими микроорганизмами *L. plantarum* в качестве основы для приготовления рыбных сыровяленых колбасок. Результаты экспериментов показали, что использование ферментированного рыбного фарша в рецептуре сыровяленых колбасок представляет собой перспективную возможность для усовершенствования технологии производства колбасных изделий с точки зрения безопасности и создания нового способа употребления пробиотиков потребителями. Был разработан пищевой продукт, содержащий значительное количество пробиотиков ( $2,5 \cdot 10^8$  КОЕ/г), что позволяет отнести его к категории обогащенной продукции. Учитывая рекомендуемую суточную потребность, предполагаемый пробиотический эффект может быть достигнут при употреблении 40 г продукта в день. На производство и продукт разработана и утверждена нормативно-техническая документация (ТУ, ТИ).

### Благодарности

Часть работ была выполнена в научно-исследовательской лаборатории "Химия и технология морских биоресурсов", созданной при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Соглашение № 075-03-2021-088/4 от 29.09.2021).

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Библиографический список

- Волченко В. И., Николаенко О. А., Шокина Ю. В. Методы исследования рыбы и рыбных продуктов. СПб : Лань, 2020. 148 с.
- Глухарев А. Ю., Демид А. В., Чурилина А. С., Барабашина С. И. [и др.]. Влияние молочнокислых бактерий на качество сыровяленых колбасок из северной путассу: предварительное исследование // Вестник КамчатГТУ. 2021. № 58. С. 29–42. DOI: <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2021-58-29-42>. EDN: CJVANQ.
- Ершов А. М., Похольченко В. А., Ершов М. А. Числа подобия в процессах сушки, копчения и обжаривания рыбы // Научный журнал НИУ ИТМО. Сер. Процессы и аппараты пищевых производств. 2015. № 4. С. 3–12. EDN: VCWBZD.
- Журавлева С. В., Бойцова Т. М., Прокопец Ж. Г. Молочнокислые микроорганизмы в технологии продуктов с использованием сырья морского генеза // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю. А. Овчинникова. 2014. Т. 10, № 2. С. 28–31. EDN: SIKVTD.
- Зайчикова Д. С., Макаревич Е. В. Перспективы использования антагонистических свойств молочнокислых бактерий в технологиях переработки водных биологических ресурсов // Известия высших учебных заведений. Арктический регион. 2021. № 1. С. 17–20. EDN: SCGVBP.
- Карамнова Н. С., Шальнова С. А., Деев А. Д., Тарасов В. И. [и др.]. Характер питания взрослого населения по данным эпидемиологического исследования ЭССЕ-РФ // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2018. Т. 17, № 4. С. 61–66. DOI: <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2018-4-61-66>. EDN: XYUQNB.
- Ключникова Л. А., Бадмаева И. И. Обоснование технологии функционального продукта "Сосиски рыбные" для детей младшего возраста // Вестник КамчатГТУ. 2022. № 59. С. 24–37. DOI: <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2022-59-24-37>. EDN: NMSRDF.
- Лукина Е. В., Шокина Ю. В., Антонов П. В., Левшина И.-Е. О. Анализ комплексных изменений при посоле лососевых инъектированием с использованием пищевой добавки PRE-LACKS // Вестник МГТУ. 2022. № 3. С. 183–196. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2022-25-3-183-196>. EDN: REIQUX.
- Никифорова А. П. Перспективы производства ферментированных рыбных продуктов с использованием молочнокислых бактерий // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. 2020. № 2. С. 17–24. DOI: 10.24411/2311-6447-2020-10038. EDN: ZEJAYP.
- Сарбатова Н. Ю., Шебела К. Ю. Особенности технологии производства колбас с добавлением рыбного сырья // Молодой ученый. 2015. № 5.1(85.1). С. 41–43. EDN: TKLEPF.
- Хамагаева И. С., Ханхалаева И. А., Заиграева Л. И. Использование пробиотических культур для производства колбасных изделий. Улан-Удэ : ВСГТУ, 2006. 204 с.
- Champagne C. P., Ross R. P., Saarela M., Hansen K. F. [et al.]. Recommendations for the viability assessment of probiotics as concentrated cultures and in food matrices // International Journal of Food Microbiology. 2011. Vol. 149. P. 185–193. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.07.005>.
- Cooke R. D., Twiddy D. R., Alan Reilly P. J. Lactic-acid fermentation as a low-cost means of food preservation in tropical countries // FEMS Microbiology Reviews. 1987. Vol. 3, Iss. 3. P. 369–379. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1987.tb02473.x>.
- Godfray H. C. J., Aveyard P., Garnett T., Hall J. W. [et al.]. Meat consumption, health, and the environment // Science. 2018. Vol. 361, Iss. 6399. Article number: 5324. DOI: 10.1126/science.aam5324.
- Ranadheera C. S., Vidanarachchi J. K., Rocha R. S., Cruz A. G. [et al.]. Probiotic delivery through fermentation: Dairy vs. non-dairy beverages // Fermentation. 2017. Vol. 3, Iss. 4. Article number: 67. DOI: <https://doi.org/10.3390/fermentation3040067>.
- Speranza B., Racioppo A., Beneduce L., Bevilacqua A. [et al.]. Autochthonous lactic acid bacteria with probiotic aptitudes as starter cultures for fish-based products // Food Microbiology. 2017. Vol. 65. P. 244–253. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.03.010>.
- Tilami S. K., Sampels S. Nutritional value of fish: Lipids, proteins, vitamins, and minerals // Reviews in Fisheries Science & Aquaculture. 2018. Vol. 26, Iss. 2. P. 243–253. DOI: <https://doi.org/10.1080/23308249.2017.1399104>.
- Toldrá F. [et al.]. Handbook of fermented meat and poultry. Wiley-Blackwell, 2014.
- Vuyst L. D., Falony G., Leroy F. Probiotics in fermented sausages // Meat Science. 2008. Vol. 80, Iss. 1. P. 75–78. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.038>.

## References

- Volchenko, V. I., Nikolaenko, O. A., Shokina, Yu. V. 2020. Research methods for fish and fish products. St. Petersburg. (In Russ.)
- Glukharev, A. Yu., Demid, A. V., Churilina, A. S., Barabashina, S. I. et al. 2021. Effect of lactic acid bacteria on dried sausages quality made from blue whiting: Preliminary study. *Bulletin of Kamchatka State Technical University*, 58, pp. 29–42. DOI: <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2021-58-29-42>. EDN: CJVAHQ. (In Russ.)
- Ershov, A. M., Pokholchenko, V. A., Ershov, M. A. 2015. Numbers of similarity at the processes of fish drying, smoking and frying. *Scientific Journal NRU ITMO. Series: Processes and Food Production Equipment*, 4, pp. 3–12. EDN: VCWBZD. (In Russ.)
- Zhuravleva, S. V., Boytsova, T. M., Prokopets, J. G. 2014. Lactic acid bacteria in food technology using raw materials of marine origin. *Yu. A. Ovchinnikov Bulletin of Biotechnology and Physical and Chemical Biology*, 10(2), pp. 28–31. EDN: SIKVTD. (In Russ.)
- Zaichikova, D. S., Makarevich, E. V. 2021. Prospects for the use of antagonistic properties of lactic acid bacteria in technologies for processing water biological resources. *Higher Education Newsletter. Arctic Region*, 1, pp. 17–20. EDN: SCGVBP. (In Russ.)
- Karamnova, N. S., Shalnova, S. A., Deev, A. D., Tarasov, V. I. et al. 2018. Nutrition characteristics of adult inhabitants by ESSE-RF study. *Cardiovascular Therapy and Prevention*, 17(4), pp. 61–66. DOI: <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2018-4-61-66>. EDN: XYUQHB. (In Russ.)
- Klyuchnikova, L. A., Badmaeva, I. I. 2022. Substantiation of functional product "fish sausages" technology for younger children. *Bulletin of Kamchatka State Technical University*, 59, pp. 24–37. DOI: <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2022-59-24-37>. EDN: NMSRDF. (In Russ.)
- Lukina, E. V., Shokina, Yu. V., Antonov, P. V., Levshina, I.-E. O. 2022. Analysis of complex changes in salmon salting by injection using the food additive PRE-LACKS. *Vestnik of MSTU*, 25(3), pp. 183–196. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2022-25-3-183-196>. EDN: REIQUX. (In Russ.)
- Nikiforova, A. P. 2020. Prospects for the production of fermented fish products using lactic acid bacteria. *Technologies for the Food and Processing Industry of AIC-Healthy Food*, 2, pp. 17–24. DOI: 10.24411/2311-6447-2020-10038. EDN: ZEJAYP. (In Russ.)
- Sarbatova, N. Yu., Shebela, K. Yu. 2015. Features of the production technology of sausages with the addition of fish raw materials. *Molodoi Uchonyi*, 5.1(85.1), pp. 41–43. EDN: TKLEPF. (In Russ.)
- Khamagaeva, I. S., Khankhalaeva, I. A., Zaigraev, L. I. 2006. The use of probiotic cultures for the production of sausages. Ulan-Ude. (In Russ.)
- Champagne, C. P., Ross, R. P., Saarela, M., Hansen, K. F. et al. 2011. Recommendations for the viability assessment of probiotics as concentrated cultures and in food matrices. *International Journal of Food Microbiology*, 149, pp. 185–193. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.07.005>.
- Cooke, R. D., Twiddy, D. R., Alan Reilly, P. J. 1987. Lactic-acid fermentation as a low-cost means of food preservation in tropical countries. *FEMS Microbiology Reviews*, 3(3), pp. 369–379. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1987.tb02473.x>.
- Godfray, H. C. J., Aveyard, P., Garnett, T., Hall, J. W. et al. 2018. Meat consumption, health, and the environment. *Science*, 361(6399). Article number: 5324. DOI: 10.1126/science.aam5324.
- Ranadheera, C. S., Vidanarachchi, J. K., Rocha, R. S., Cruz, A. G. et al. 2017. Probiotic delivery through fermentation: Dairy vs. non-dairy beverages. *Fermentation*, 3(4). Article number: 67. DOI: <https://doi.org/10.3390/fermentation3040067>.
- Speranza, B., Racioppo, A., Beneduce, L., Bevilacqua, A. et al. 2017. Autochthonous lactic acid bacteria with probiotic aptitudes as starter cultures for fish-based products. *Food Microbiology*, 65, pp. 244–253. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.03.010>.
- Tilami, S. K., Sampels, S. 2018. Nutritional value of fish: Lipids, proteins, vitamins, and minerals. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26(2), pp. 243–253. DOI: <https://doi.org/10.1080/23308249.2017.1399104>.
- Toldrá, F. et al. 2014. Handbook of fermented meat and poultry. Wiley-Blackwell.
- Vuyst, L. D., Falony, G., Leroy, F. 2008. Probiotics in fermented sausages. *Meat Science*, 80(1), pp. 75–78. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.038>.

## Сведения об авторах

**Глухарев Андрей Юрьевич** – ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010;  
Мурманский арктический университет, мл. науч. сотрудник;  
e-mail: [GlukharevAYu@yandex.ru](mailto:GlukharevAYu@yandex.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6083-546X>

**Andrei Yu. Glukharev** – 13 Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk Arctic University,  
Junior Research Fellow; e-mail: [GlukharevAYu@yandex.ru](mailto:GlukharevAYu@yandex.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6083-546X>

**Барабашина София Игоревна** – ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010;  
Мурманский арктический университет, аспирант;  
e-mail: [BarabashinaSI@yandex.ru](mailto:BarabashinaSI@yandex.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3660-3703>

**Sofia I. Barabashina** – 13 Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk Arctic University,  
PhD Student; e-mail: [BarabashinaSI@yandex.ru](mailto:BarabashinaSI@yandex.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3660-3703>

**Волченко Василий Игоревич** – ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010;  
Мурманский арктический университет, канд. техн. наук, доцент, профессор;  
e-mail: [VolchenkoVI@mstu.edu.ru](mailto:VolchenkoVI@mstu.edu.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6454-7919>

**Vasily I. Volchenko** – 13 Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk Arctic University,  
Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Professor; e-mail: [VolchenkoVI@mstu.edu.ru](mailto:VolchenkoVI@mstu.edu.ru),  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6454-7919>

**Живлянцева Юлия Вячеславовна** – ул. Фестивальная, 25, г. Мурманск, Россия, 183001;  
Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Мурманской области,  
вед. инженер; e-mail: [youliapetrakova@mail.ru](mailto:youliapetrakova@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4957-297X>

**Julia V. Zhivlyantseva** – 25 Festivalnaya Str., Murmansk, Russia, 183001; State Regional Center  
for Standardization, Metrology and Testing in the Murmansk Region, Advanced Engineer;  
e-mail: [youliapetrakova@mail.ru](mailto:youliapetrakova@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4957-297X>

**Потешкина Виктория Алексеевна** – ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010;  
Мурманский арктический университет, инженер; e-mail: [PoteshkinaVA@mstu.edu.ru](mailto:PoteshkinaVA@mstu.edu.ru),  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1434-0220>

**Viktoriya A. Poteshkina** – 13 Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk Arctic University,  
Engineer; e-mail: [PoteshkinaVA@mstu.edu.ru](mailto:PoteshkinaVA@mstu.edu.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1434-0220>

**Ускова Инга Владимировна** – ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010;  
Мурманский арктический университет, канд. биол. наук, доцент;  
e-mail: [UskovaIV@mstu.edu.ru](mailto:UskovaIV@mstu.edu.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3135-8323>

**Inga V. Uskova** – 13 Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk Arctic University,  
Cand. Sci. (Biology), Associate Professor; e-mail: [UskovaIV@mstu.edu.ru](mailto:UskovaIV@mstu.edu.ru),  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3135-8323>

## Нормативные документы, использованные в статье

ГОСТ 10444.11-2013 (ISO 15214:1998)	Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества мезофильных молочнокислых микроорганизмов. Введ. 2015-01-01. М. : Стандартинформ, 2014. 15 с.
ГОСТ 27082-2014	Консервы и пресервы из рыбы, водных беспозвоночных, водных млекопитающих и водорослей. Методы определения общей кислотности. Введ. 2016-01-01. М. : Стандартинформ, 2019. 6 с.
ГОСТ 30347-2016	Молоко и молочная продукция. Методы определения <i>Staphylococcus aureus</i> . Введ. 2007-09-01. М. : 2016. 14 с.
ГОСТ 31339-2006	Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб. Введ. 2008-07-01. М. : Стандартинформ, 2010. 12 с.
ГОСТ 31659-2012 (ISO 6579:2002)	Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода <i>Salmonella</i> . Введ. 2013-07-01. М. : Стандартинформ, 2014. 20 с.
ГОСТ 31904-2012	Продукты пищевые. Методы отбора проб для микробиологических испытаний. Введ. 2013-07-01. М. : Стандартинформ, 2014. 6 с.
ГОСТ 32892-2014	Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности. Введ. 2016-01-01. М. : Стандартинформ, 2015. 10 с.
ГОСТ 32901-2014	Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа. Введ. 2016-01-01. М. : Стандартинформ, 2015. 25 с.
ГОСТ 33566-2015	Молоко и молочная продукция. Определение дрожжей и плесневых грибов. Введ. 2016-07-01. М. : Стандартинформ, 2019. 14 с.
ГОСТ 33951-2016	Молоко и молочная продукция. Методы определения молочнокислых микроорганизмов. Введ. 2017-09-01. М. : Стандартинформ, 2016. 10 с.
ГОСТ 34372-2017	Закваски бактериальные для производства молочной продукции. Общие технические условия. Введ. 2018-09-01. М. : Стандартинформ, 2018. 19 с.
ГОСТ 3624-92	Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности. Введ. 1994-01-01. М. : Стандартинформ, 2009. 7 с.
ГОСТ 7631-2008	Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей. Введ. 2009-01-01. М. : Стандартинформ, 2011. 12 с.
ГОСТ 7636-85	Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. Введ. 1986-01-01. М. : Стандартинформ, 2010. 86 с.
ТР ЕАЭС 040/2016	О безопасности рыбы и рыбной продукции : Технический регламент Евразийского экономического союза. Введ. 2017-09-01. М. : Совет Евразийской экономической комиссии, 2016. 140 с.
ТИ 104-2020	Технологическая инструкция по изготовлению колбасок рыбных сыровяленых на основе фарша северной путассу с молочнокислыми бактериями. Введ. 2020-12-03. Мурманск : МГТУ, 2020. 20 с.
ТУ 10.85.12-104-00471633-2020	Колбаски рыбные сыровяленые на основе фарша северной путассу с молочнокислыми бактериями. Технические условия. Введ. 2020-12-03. Мурманск : МГТУ, 2020. 12 с.