

УДК 664.951

# Применение полного факторного эксперимента для определения рациональных технологических режимов при производстве пресервов из прудовых рыб с добавлением ферментного комплекса

Канд. техн. наук А. В. АЛЕХИНА, канд. техн. наук Л. И. НАЗИНА, канд. техн. наук А. Н. ПЕГИНА,  
канд. техн. наук И. С. КОСЕНКО, канд. техн. наук А. Е. КУЦОВА, Д. А. АЛЕХИН,  
д-р техн. наук С. В. ШАХОВ\*

Воронежский государственный университет инженерных технологий

\*E-mail: s\_shahov@mail.ru

*В условиях современной рыночной экономики для успешной работы предприятий необходимо производить качественную и конкурентоспособную продукцию. Продукция должна отвечать определенным требованиям, обусловленным органолептическими характеристиками, физико-химическими, микробиологическими показателями, пищевой и биологической ценностью. Современные условия диктуют необходимость расширить ассортимент продуктов высокой кулинарной готовности или полуготовности. В современной перерабатывающей промышленности все большую актуальность приобретает применение ферментных препаратов в производстве пищевых продуктов. В данной статье решается задача определения рациональных условий производства пресервов на основе прудовой рыбы с добавлением ферментного комплекса катепсинов, выделенного из внутренностей рыб, для увеличения эффективности технологических процессов, который позволит уменьшить продолжительность посола и обеспечить показатели качества рыбных пресервов, отвечающих предпочтениям потребителей. Для рационального и максимального использования продуктов разделки прудовых рыб при выработке продуктов массового потребительского спроса с возможностью корректировки химического состава возникает необходимость решения подбора оптимальных значений технологических режимов посредством исследования физико-химических и биохимических превращений мышечной ткани прудовых рыб в процессе хранения. В целях ускорения постановки пресервов из прудовых рыб на производство разработана концепция построения и оценки качества регрессионной модели на основании математического планирования и обработки результатов активного эксперимента. В результате эксперимента получено уравнение регрессии и определены наиболее значимые факторы — содержание ферментного комплекса катепсинов, сырья и время посола, их взаимное сочетание, влияющие на параметр отклика — кислотность рыбы. Построены диаграммы зависимости содержания соли и значения pH рыбы от содержания катепсинов. Использование полнофакторного эксперимента при посоле прудовой рыбы с добавлением катепсина с заданными технологическими свойствами позволило определить степень влияния количественных факторов на значения pH и содержание соли в продукте.*

**Ключевые слова:** прудовая рыба, математическое моделирование, пресервы, посол, технологические параметры, ферментный комплекс, катепсин.

---

## Информация о статье:

Поступила в редакцию 02.12.2024, одобрена после рецензирования 22.01.2025, принята к печати 10.02.2025

DOI: 10.17586/1606-4313-2025-24-1-75-81

Язык статьи — русский

## Для цитирования:

Алехина А. В., Назина Л. И., Пегина А. Н., Косенко И. С., Кутцова А. Е., Алехин Д. А., Шахов С. В. Применение полного факторного эксперимента для определения рациональных технологических режимов при производстве пресервов из прудовых рыб с добавлением ферментного комплекса. // Вестник Международной академии холода. 2025. № 1. С. 75–81. DOI: 10.17586/1606-4313-2025-24-1-75-81

---

## Full factorial experiment to determine optimal technological modes in the production of enzymed canned pond fish

Ph. D. A. V. ALEKHINA, Ph. D. L. I. NAZINA, Ph. D. A. N. PEGINA,  
Ph. D. I. S. KOSENKO, Ph. D. A. E. KUTSOVA, D. A. ALEKHIN,  
D. Sc. S. V. SHAKHOV\*

Voronezh State University of Engineering Technologies

\*E-mail: s\_shahov@mail.ru

*In a modern market economy, for successful operation of enterprises it is necessary to produce high-quality and competitive products. Products must meet certain requirements determined by organoleptic characteristics, physico-chemical, microbiological indicators, nutritional and biological value. Modern conditions dictate the need to expand the range of highly prepared or semi-cooked products. In the modern processing industry, the use of enzyme preparations in food production is becoming increasingly important. This article solves the problem of determining rational conditions for the production of preserves based on pond fish with the addition of the enzyme complex cathepsins, isolated from the entrails of fish, to increase the efficiency of technological processes, which will reduce the duration of salting and ensure quality indicators of preserved fish that meet consumer preferences. For the rational and maximum use of pond fish cutting products in the production of products for mass consumer demand with the possibility of adjusting the chemical composition, there is a need to decide on the selection of optimal values of technological regimes through the study of physicochemical and biochemical transformations of muscle tissue of pond fish during storage. In order to speed up the production of preserved pond fish, a concept has been developed for constructing and assessing the quality of a regression model based on mathematical planning and processing the results of an active experiment. As a result of the experiment, a regression equation was obtained and the most significant factors were determined — the content of the enzyme complex of cathepsis, raw materials and salting time, their mutual combination, affecting the response parameter — the acidity of the fish. Diagrams were constructed of the dependence of the salt content and pH value of fish on the content of cathepsins. The use of a full-factorial experiment when salting pond fish with the addition of cathepsin with specified technological properties made it possible to determine the degree of influence of quantitative factors on the pH values and salt content in the product.*

**Keywords:** pond fish, math modeling, preserves, ambassador, technological parameters, enzyme complex, cathepsin.

#### Article info:

Received 02/12/2024, approved after reviewing 22/01/2025, accepted 10/02/2025

DOI: 10.17586/1606-4313-2025-24-1-75-81

Article in Russian

#### For citation:

Alekhina A. V., Nazina L. I., Pegin A. N., Kosenko I. S., Kutsova A. E., Alekhin D. A., Shakhov S. V. Full factorial experiment to determine optimal technological modes in the production of enzymed canned pond fish. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2025. No 1. p. 75-81. DOI: 10.17586/1606-4313-2025-24-1-75-81

## Введение

С целью обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации в последнее время наблюдается рост производства отечественной рыбной продукции, в том числе с использованием сырьевых ресурсов прудового рыбоводства и аквакультуры. Это позволяет обеспечивать население полезной качественной продукцией относительно небольшой стоимости, использовать надежные источники сырья.

Одним из популярных видов продукции из рыбного сырья у потребителей остаются пресервы. В работах исследователей [1, 2] много внимания уделяется совершенствованию технологии их изготовления, изучению органолептических характеристик их качества, физико-химических, микробиологических показателей, пищевой и биологической ценности. Процесс получения пресервов представляет собой сложный физико-химический процесс, в ходе которого происходит созревание мяса рыбы, сопровождающееся обменной диффузией поваренной соли и внутритканевой жидкости. При этом начинают активно работать ферменты мышечной ткани рыбы, для активизации созревания рыбы рационально дополнительное использование ферментных препаратов [3]–[5].

Актуальной является задача выбора ферментов, выполняющих роль биологических катализаторов химических превращений веществ при белковом, липидном и углеводном обмене, обеспечивающих уменьшение продолжительности посола, достижение показателей качества и безопасности рыбных пресервов, отвечающих

предпочтениям потребителей. Целью данной работы является обоснование выбора вида ферментов и определение рациональных условий их применения в технологии изготовления.

В настоящее время наибольший интерес уделяется технологиям, предусматривающим получение протеолитических ферментов из рыбного сырья и отходов, полученных при переработке гидробионтов. Протеолиз (распад белка) в мышечной ткани рыб осуществляется при активном участии ферментов внутриклеточного происхождения — катепсинов, которые действуют с довольно широким оптимумом pH 3–7 и не инактивируются при температуре 50 °C в течение 5 мин [6]–[8].

Решение задачи оптимизации в работе осуществляется с применением математических методов изучения происходящих процессов с целью выявления и анализа факторов, влияющих на их протекание. Эффективность использования этих методов доказывает возможность их использования для решения различных инженерных и технологических задач на стадии, предшествующей проектированию реального технологического процесса, и создает условия для выбора и оценки значимости наиболее важных влияющих параметров [9, 10].

Применение математических методов является рациональным подходом к решению технологических задач для создания качественного продукта, удовлетворяющего потребностям потребителей. Поэтому целесообразно проводить математическое моделирование с использованием методов планирования эксперимента. Целью ис-

пользования полного факторного эксперимента (ПФЭ) является получение математической модели процесса, которая позволяет выявить наилучшие условия его осуществления [11]–[15].

### Материалы и методы исследования

Математико-статистические методы планирования эксперимента позволяют определить рациональные условия внесения ферментного комплекса, сократить сроки посола, снизить затраты и повысить качество готового продукта.

В качестве объекта исследования выбраны пресервы из толстолобика с добавлением ферментного комплекса катепсинов, выделенного из внутренностей рыб [1]. Для исследования влияния данного ферментного комплекса на процесс созревания выбраны показатели качества в соответствии с требованиями ГОСТ-7453-86 «Пресервы из разделанной рыбы»: массовая доля соли в мясе рыбы, кислотность мяса рыбы, проведен полный факторный эксперимент. Следовательно, выходными параметрами процесса являются:  $y_1$  — содержание соли, % (распространение посолочных веществ);  $y_2$  — значение pH.

### Результаты и обсуждение

В качестве факторов выбраны такие технологические показатели, как содержание ферментного комплекса —  $x_1$ , г/кг сырья и длительность посола —  $x_2$ , сут.

Ниже приведены условия проведения эксперимента (табл. 1).

Таблица 1

Пределы изменения входных факторов

Table 1

Variation limit for input factors

Условия планирования	Пределы изменения факторов	
	$x_1$ , г/кг сырья	$x_2$ , сут
Основной уровень	0,04	2,5
Нижний уровень	0,01	1
Верхний уровень	0,07	4
Интервал варьирования	0,03	1,5

Математическое описание этого процесса будет представлено уравнением регрессии вида  $y=b_0+b_1x_1+b_2x_2+b_{12}x_1x_2$ .

Представим факторы в нормализованном виде. Матрица полного факторного эксперимента приведена в табл. 2 [2].

В столбцах таблицы представлен расчет средних значений отклика по двум параллельным опытам и строчные дисперсии, характеризующие ошибку эксперимента [3].

Таблица 2

Матрица полного факторного эксперимента

Table 2

Matrix of a full factorial experiment

$i$	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$y_1$	$y_2$	$\bar{y}$	$S_i^2$	$\hat{y}$
1	+1	-1	-1	0,8	1,0	0,9	0,02	0,9
2	+1	+1	-1	1,4	1,6	1,5	0,02	1,5
3	+1	-1	+1	4,7	5,1	4,9	0,08	4,9
4	+1	+1	+1	5,9	6,1	6	0,02	6

Для факторов, записанных в нормализованном виде, формулы для вычисления коэффициентов уравнения значительно упрощаются (число опытов  $N=4$ ):

$$b_j = \frac{\sum_{i=1}^N y_i x_{ji}}{N}, \quad (1)$$

$$b_0 = 3,325; b_1 = 0,425; b_2 = 2,125; b_{12} = 0,125.$$

Получено уравнение регрессии:

$$\hat{y} = 3,325 + 0,425x_1 + 2,125x_2 + 0,125x_1x_2.$$

Рассчитаем дисперсию воспроизводимости, связанную с тем, что существуют ошибки параллельных опытов ( $m=2$ ).

Рассчитаем построчную дисперсию:

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{m-1}, \quad (2)$$

$$S_1^2 = 0,02; S_2^2 = 0,02; S_3^2 = 0,08; S_4^2 = 0,02.$$

Проверим гипотезу об однородности дисперсий при помощи критерия Кохрена:

$$G_{\text{набл}} = \frac{S_{i,\text{max}}^2}{\sum S_i}, \quad (3)$$

$$G_{\text{набл}} = 0,57.$$

Проверим гипотезу на уровне значимости 0,05 количество выборок  $N=4$ ; число степеней свободы  $k=m-1=1$ :  $G_{\text{табл}} = 0,91$ , так как  $G_{\text{набл}} < G_{\text{табл}}$ , все дисперсии однородны (их можно усреднять) и можно рассчитать дисперсию воспроизводимости  $S_{\text{восп}}^2$  или  $S_{\bar{y}}^2$  следующим образом:

$$S_{\text{восп}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^m (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{N(m-1)} = \frac{\sum_{i=1}^N S_i^2}{N}, \quad (4)$$

$$S_{\text{восп}}^2 = 0,035.$$

Для проверки значимости коэффициентов уравнения регрессии определим дисперсии оценок коэффициентов, для ПФЭ они равны между собой и равны:

$$S_b^2 = \frac{S_{\text{восп}}^2}{N \cdot m}, \quad (5)$$

$$S_b^2 = 0,0044.$$

Коэффициент значим, если его абсолютная величина больше доверительного интервала  $\Delta b$ :

$$\Delta b = t \cdot S_b = t \sqrt{S_b^2}, \quad (6)$$

$$\Delta b = 0,08628.$$

Все коэффициенты уравнения значимы, так как все они больше доверительного интервала. Для проверки адекватности модели, пыли поставлены повторные опыты в центре планирования.

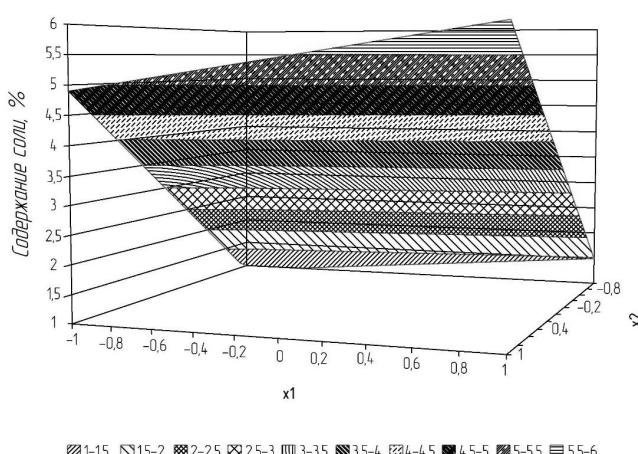


Рис. 1. Диаграмма зависимости содержания соли от содержания катепсинов

$$y_1 = 3,325 + 0,425x_1 + 2,125x_2 + 0,125x_1x_2$$

Fig. 1. Diagram of salt content depending on cathepsins content  
 $y_1 = 3,325 + 0,425x_1 + 2,125x_2 + 0,125x_1x_2$

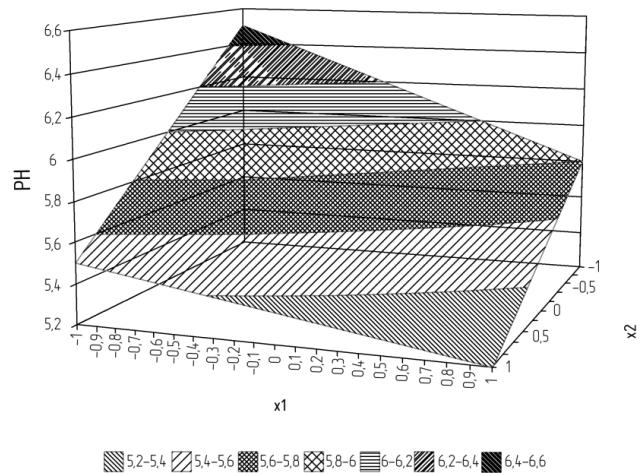


Рис. 2. Диаграмма зависимости значения pH от содержания катепсинов

$$y_2 = 5,75 - 0,25x_1 - 0,4x_2 + 0,1x_1x_2$$

Fig. 2. Diagram of pH value depending on cathepsin content  
 $y_2 = 5,75 - 0,25x_1 - 0,4x_2 + 0,1x_1x_2$

По полученному уравнению построена диаграмма поверхности отклика (рис. 1).

Для отклика  $y_2$  проверка результатов эксперимента была проведена аналогично. Матрица полного факторного эксперимента представлена в таблице ниже (табл. 3).

$$b_j = \frac{\sum_{i=1}^N y_i x_{ji}}{N}, \quad (7)$$

$$b_0 = 5,75; b_1 = 0,25; b_2 = 0,4; b_{12} = 0,1.$$

Получено уравнение регрессии:  $\hat{y} = 5,75 - 0,25x_1 - 0,4x_2 + 0,1x_1x_2$

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{m-1}.$$

По полученному уравнению построена диаграмма зависимости pH от содержания катепсинов (рис. 2).

Величина коэффициентов в полученных уравнениях регрессии говорит о степени влияния факторов на исследуемый отклик, т. е. с ростом содержания ферментного комплекса и длительности посола содержание соли в мясе рыбы возрастает, а кислотность рыбы убывает.

Таблица 3

Матрица полного факторного эксперимента

Table 3

Matrix of a full factorial experiment

$i$	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$y_1$	$y_2$	$\bar{y}$	$S_i^2$	$\hat{y}$
1	+1	-1	-1	6,7	6,3	6,5	0,08	6,5
2	+1	+1	-1	5,7	5,9	5,8	0,02	5,8
3	+1	-1	+1	5,4	5,6	5,5	0,02	5,5
4	+1	+1	+1	5,0	5,4	5,2	0,08	5,2

Для дальнейших исследований уравнения для функции отклика были преобразованы из кодированных в натуральные значения факторов с использованием преобразования.

$$x_i = \frac{\tilde{x}_i - \tilde{x}_{i0}}{\Delta \tilde{x}_i}, \quad (9)$$

где  $\tilde{x}_i$  — натуральное значение фактора;  
 $\tilde{x}_{i0}$  — натуральное значение фактора в центре плана;  
 $\Delta \tilde{x}_i$  — интервал варьирования фактора.

После преобразований получены следующие уравнения регрессии:

$$y_1 = 1,3613 + 7,227\tilde{x}_1 + 0,527\tilde{x}_2 + 2,78\tilde{x}_1\tilde{x}_2;$$

$$y_2 = 6,969 - 13,89\tilde{x}_1 - 0,356\tilde{x}_2 + 2,22\tilde{x}_1\tilde{x}_2.$$

Наиболее рациональными значениями показателей качества по ГОСТ 7453–86 являются  $y_1 = 6\%$ , а  $y_2 = 6$ . Для решения задачи оптимизации использован обобщенный критерий оптимизации, представленный в виде свертки критериев.

$$q = \sum_{i=1}^k \alpha_i \frac{(y_i(x) - y_{i,\text{opt}})^2}{y_{i,\text{opt}}^2}, \quad (10)$$

здесь  $\alpha_i$  — вес  $i$ -го критерия ( $0 \leq \alpha_i \leq 1$ ,  $\sum_{i=1}^k \alpha_i = 1$ );

$y_{i,\text{opt}}$  — рациональное значение критериев  $q_i(\bar{x})$ .

Будем считать, что степени важности всех критериев равны, тогда  $\alpha_i = \alpha = 1/2$ .

В результате проведенных вычислений путем определения частных производных по каждому фактору и решения системы полученных уравнений, установили, что оптимальное значение обобщенный критерий принимает при входных параметрах в заданной области в точке (0,075, 3,9). Таким образом, рациональным содержанием

катепсина в процессе посола является 0,075 г/кг сырья, а рациональной продолжительностью посола — 3,9 сут.

### Заключение

В результате проделанной работы можно сделать вывод, что использование рыбного сырья прудового рыбоводства и аквакультуры в производстве рыбных пресервов способно обеспечить население полезной и качественной продукцией относительно небольшой стоимости, отвечающей запросам потребителей.

В работе обоснован выбор ферментного комплекса катепсинов, выделенного из внутренностей рыб, обеспечивающего повышение эффективности процесса созревание мяса рыбы при изготовлении пресервов. Проведено математическое описание процесса созревания с использованием факторов, влияющих на результат процесса: массовая доля соли в мясе рыбы, кислотность мяса рыбы. Параметры отклика — содержание соли, (распространение посолочных веществ); значение pH готового продукта [16]. Осуществлен анализ полученной математической модели с целью обеспечения показателей качества продукта в соответствии с требованиями нормативной документации.

На основании проведенных исследований показано, что добавление ферментного комплекса катепсинов в процессе посола прудовой рыбы при производстве пресервов позволяет интенсифицировать данный процесс и получать показатели качества соответствующих нормативным

требованиям. С помощью полного факторного эксперимента получены уравнения, описывающие процесс посола рыбы, которые позволили выявить влияние факторов на технологические параметры процесса. Выявлены оптимальные значения внесения ферментного комплекса катепсина и длительности процесса посола. В результате эксперимента было установлено, что проведение процесса посола в условиях внесения катепсина позволяет достичь требуемых значений содержания соли в мясе рыбы за более короткий промежуток времени, при этом уменьшение pH происходит более интенсивно, что позволяет сократить время посола практически в 2 раза.

По результатам исследовательской работы представлен проект нормативной документации, включающий технические условия «Пресервы из прудовой рыбы», технологическую инструкцию к данному виду продукции.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на совершенствование различных технологий изготовления продукции из объектов аквакультуры в установках замкнутого водоснабжения, так как именно этот вид сырья имеет высокое содержание белка, минеральных веществ, витаминов, жиры и др. Применение эффективных, недорогих ферментных препаратов для регулирования биохимических реакций будет способствовать не только созреванию соленой рыбы, но и расширению линейки ассортимента с улучшенным вкусом и ароматом пресервной продукции [17].

### Литература

1. Алехина А. В. Функционально-технологические и биохимические свойства мяса прудовых рыб в процессе автолиза применительно к технологии рыбопродуктов: дис. канд. техн. наук:05.18.07, 05.18.04: утв. 23.12.2010. Воронеж, 2010. 243 с.
2. Омарова М. М. Применение методов математического моделирования объектов и процессов в производстве пищевой продукции // StudNet. 2021. Т. 4. № 2.
3. Назина Л. И., Лихачева Л. Б., Дворянинова О. П. Планирование и организация эксперимента: учебное пособие. Воронеж: ВГУИТ, 2019. 108 с.
4. Василенко В. Н. Математическое обеспечение процесса экструдирования аномально вязких сред методами планирования эксперимента/Василенко В. Н., Фролова Л. Н., Дерканосова А. А., Михайлова Н. А., Щепкина А. А., Даудыров А. М. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. № 3. С. 37–42.
5. Шендерюк В. И., Быковский П. Я. Засолка и маринование рыбы // Морепродукты. 2020. С. 147–162.
6. Чжсан Ю. и др. Обзор последних успехов в снижении содержания NaCl в мясных и рыбных продуктах с использованием основных аминокислот. // Тенденции пищевой науки и технологий. 2022. Т. 119. С. 215–226.
7. Сидняев Н. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных 2-е изд., пер. и доп. Учебное пособие для магистров. 2021.
8. Чибич Н. В., Иванова Е. Е., Сыромятников И. А. Способ интенсификации процесса посола пресноводных рыб. // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2022. № 1 (178). С. 204–211.

### References

1. Alekhina A. V. Functional-technological and biochemical properties of pond fish flesh during autolysis as applied to the technology of fish products: thesis for a candidate degree in Engineering. Voronezh. 2010. (in Russian)
2. Omarova M. M. Methods of mathematical modeling of objects and processes applied in food Production. StudNet. 2021. Vol. 4. No. 2. (in Russian)
3. Nazina L. I., Likhacheva L. B., Dvorianinova O. P. Planning and organization of the experiment. Tutorial. Voronezh: VSU-ET, 2019. 108 p. (in Russian)
4. Vasilenko V. N., Frolova L. N., Derkanosova A. A., Mikhailova N. A., Shchepkina A. A., Davydov A. M. Mathematical support of viscous media extrusion through experiment, design. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2018. No. 3. pp. 37–42. (in Russian)
5. Shenderyuk V. I., Bykowski P. J. Salting and marinating of fish. Seafood. 2020. pp. 147–162. (in Russian)
6. Zhang Yu. ets. Review of recent successes in reducing NaCl content in meat and fish products using essential amino acids. Trends in food science and technology. 2022. Vol. 119. pp. 215–226. (in Russian)
7. Sidnyaev N. Theory of experiment planning and statistical data analysis, 2nd ed., trans. and add. A textbook for masters. 2021. (in Russian)
8. Chibich N. V., Ivanova E. E., Syromyatnikov I. A. () Method of intensification of the process of salting freshwater fish. Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2022. no 1. (178). pp. 204–211. (in Russian)
9. Belyaeva M. A., Prusova D. A. Planning and mathematical processing of experimental results on the process of heat treatment

9. Беляева М. А., Прусова Д. А. Планирование и математическая обработка результатов эксперимента процесса тепловой обработки мясных полуфабрикатов с добавками морского происхождения // Пищевая промышленность. 2020. № 11. С. 44–47.
  10. Авроров В., Жистин Е., Моряхина Н. Основы проведения научных исследований: модели, методы анализа и обработки результатов экспериментов в пищевых производствах. 2022.
  11. Богданов В. Д., Панкина А. В. Обоснование способа посола макроруса при производстве сушено-вяленой продукции. // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана. 2020. С. 5–10.
  12. Alekhina A. V. et al. Full factorial experiment to determine optimal technological modes in production of enzymed canned pond fish // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2022. vol. 1052. no 1. p. 012041.
  13. Ruiz-Alonso S. A. et al. Optimizing salting and smoking conditions for the production and preservation of smoked-flavoured tilapia fillets // LWT. 2021. vol. 138. p. 110733.
  14. Shang S. et al. Enzyme treatment-induced tenderization of puffer fish meat and its relation to physicochemical changes of myofibril protein // LWT. 2022. vol. 155. p. 112891
  15. Pertiwi R. M. et al. Cathepsin characterization from crude extract of yellow pike (Congresox talabon) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. vol. 404. no 1. p. 012013.
  16. Kamthe S., Deisenroth M. Data-efficient reinforcement learning with probabilistic model predictive control. // International conference on artificial intelligence and statistics. 2018. p. 1701–1710.
  17. Brook R. J., Arnold G. C. Applied regression analysis and experimental design. CRC Press, 2018.
- of semi-finished meat products with additives of marine origin. *The food industry*. 2020. no 11. pp. 44–47. (in Russian)
10. Avrorov V., Zhistin E., Moryakhina N. Fundamentals of scientific research: models, methods of analysis and processing of experimental results in food production. 2022. (in Russian)
  11. Bogdanov V. D., Pankina A. V. () Substantiation of the method of macrurus salting in the production of dried dried products. *Actual problems of the development of biological resources of the World Ocean*. 2020. pp. 5–10. (in Russian)
  12. Alekhina A. V. et al. () Full factorial experiment to determine optimal technological modes in production of enzymed canned pond fish. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2022– vol. 1052. No 1. p. 012041. (in Russian)
  13. Ruiz-Alonso S. A. et al. (2021) Optimizing salting and smoking conditions for the production and preservation of smoked-flavoured tilapia fillets. *LWT*. 2021. vol. 138. p. 110733.
  14. Shang S. et al. Enzyme treatment-induced tenderization of puffer fish meat and its relation to physicochemical changes of myofibril protein. *LWT*. 2022. vol. 155. p. 112891.
  15. Pertiwi R. M. et al. Cathepsin characterization from crude extract of yellow pike (Congresox talabon). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2020. vol. 404. no 1. p. 012013.
  16. Kamthe S., Deisenroth M. Data-efficient reinforcement learning with probabilistic model predictive control. *International conference on artificial intelligence and statistics*. 2018. pp1701–1710
  17. Brook R. J., Arnold G. C. () Applied regression analysis and experimental design. CRC Press. 2018.

## Сведения об авторах

### Алехина Анастасия Викторовна

К. т. н., доцент, Воронежский государственный университет инженерных технологий, 394036, г. Воронеж, пр. Революции, 19, alehinanastya@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-5266-3901

### Назина Людмила Ивановна

К. т. н., доцент, Воронежский государственный университет инженерных технологий, 394036, г. Воронеж, пр. Революции, 19, nazina\_lyudmila@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3865-9383

### Пегина Алла Николаевна

К. т. н., доцент, Воронежский государственный университет инженерных технологий, 394036, г. Воронеж, пр. Революции, 19, toriss@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8683-0387> 0000-0001-6050-1243

### Косенко Инна Сергеевна

К. т. н., доцент, Воронежский государственный университет инженерных технологий, 394036, г. Воронеж, пр. Революции, 19, inullya@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8683-0387> 0000-0003-2829-9940

## Information about authors

### Alekhina Anastasia V.

Ph. D., Associate Professor, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolutsii Prospect, Voronezh, 394036 Russia, alehinanastya@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-5266-3901

### Nazina Lyudmila I.

Ph. D., Associate Professor, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolutsii Prospect, Voronezh, 394036 Russia, nazina\_lyudmila@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3865-9383

### Pegina Alla N.

Ph. D., Associate Professor, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolutsii Prospect, Voronezh, 394036 Russia, toriss@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8683-0387> 0000-0001-6050-1243

### Kosenko Inna S.

Ph. D., Associate Professor, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolutsii Prospect, Voronezh, 394036 Russia, inullya@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8683-0387> 0000-0003-2829-9940

**Куцова Алла Егоровна**

К. т. н., доцент, Воронежский государственный университет инженерных технологий, 394036, г. Воронеж, пр. Революции, 19, alla-toporkova@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8683-0387> 0000-0002-5778-6150

**Алексин Дмитрий Александрович**

Студент, Воронежский государственный университет инженерных технологий, 394036, г. Воронеж, пр. Революции, 19, dima-vrn00@inbox.ru

**Шахов Сергей Васильевич**

Д. т. н., профессор, Воронежский государственный университет инженерных технологий, 394036, г. Воронеж, пр. Революции, 19, s\_shahov@mail.ru

**Kutsova Alla E.**

Ph. D., Associate Professor, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolutsii Prospect, Voronezh, 394036 Russia, alla-toporkova@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8683-0387> 0000-0002-5778-6150

**Alekhin Dmitry A.**

Student, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolutsii Prospect, Voronezh, 394036 Russia, dima-vrn00@inbox.ru

**Shakhov Sergey V.**

D. Sc., Professor, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolutsii Prospect, Voronezh, 394036 Russia, s\_shahov@mail.ru



Статья доступна по лицензии  
Creative Commons «Attribution-NonCommercial»



**Выставка продуктов питания и напитков**

***InterFood Krasnodar***

**23–25 апреля 2025 г.**

**InterFood Krasnodar** – эффективная бизнес-площадка для прямого контакта производителей и поставщиков с представителями предприятий оптовой торговли, независимой и сетевой розничной торговли, а также предприятий общественного питания регионов России.

Ежегодно свою продукцию здесь представляют производители и поставщики продуктов питания, а также напитков из разных регионов страны. Участие в выставке **InterFood Krasnodar** – возможность охватить значительную часть целевой аудитории, заинтересованной в постоянном обновлении ассортимента продуктов питания и напитков.

**РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:**

- ✓ Мясо и птица.
- ✓ Рыбная продукция.
- ✓ Молочная продукция. Сыры.
- ✓ Бакалея. Зернопродукты. Макаронные изделия.
- ✓ Кондитерская продукция. Хлебопекарная продукция.
- ✓ Безалкогольные и слабоалкогольные напитки.
- ✓ Продукты и напитки для предприятий общественного питания.
- ✓ Пиво и снэковая продукция.

**Организатор выставки:** Компания MVK  
г. Краснодар, ул. Конгрессная 1, павильон 2  
Тел.: +7 (861) 200 12 34  
e-mail: [krasnodar@mvk.ru](mailto:krasnodar@mvk.ru)

**Место проведения:**  
ВКК «Экспоград ЮГ»,  
г. Краснодар, ул. Конгрессная, 1  
<https://inter-food-su.ru-RU/>