

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья

УДК 621.565.943

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2025-74-03

EDN: ASVFCM

Определение рациональных значений массовой доли морских полисахаридов в модельных пищевых системах из вторичного сырья лососевых

Никита Евгеньевич Котов¹, Денис Владимирович Поleshчук²,
Евгений Александрович Заяц³, Светлана Николаевна Максимова⁴

¹⁻⁴ Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

¹ nkotov117@gmail.com; ORCID: 0009-0001-1290-1346

² tym1988@mail.ru; ORCID: 0000-0002-0818-1542

³ www.ganya_nic.ru@mail.ru; ORCID: 0000-0003-4935-0872

⁴ maksimova.sn@dgtru.ru; ORCID: 0000-0001-9654-1044

Аннотация. Представлены экспериментальные исследования по определению рациональных значений массовой доли полиэлектrolитного комплекса морских полисахаридов хитозана и альгината натрия в составе модельных пищевых систем. Основа пищевых систем – измельченные и термически обработанные печень и молоки лососевых. Использование комплекса полисахаридов позволяет придать заданные свойства (органолептические, реологические) готовому продукту. Сопоставлены результаты органолептической и инструментальной оценки модельных пищевых систем с помощью математической обработки данных. Получены рациональные значения массовой доли раствора полиэлектrolитного комплекса хитозана и альгината натрия в составе готового продукта по типу «намазок» из вторичного сырья лососевых.

Ключевые слова: печень и молоки лососевых, модельные системы, комплекс хитозана и альгината натрия, органолептическая оценка, реологические показатели, математическая обработка

Для цитирования: Котов Н. Е., Поleshчук Д. В., Заяц Е. А., Максимова С. Н. Определение рациональных значений массовой доли морских полисахаридов в модельных пищевых системах из вторичного сырья лососевых // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 38–46.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 38–46.

FOOD SYSTEMS

Original article

Determination of rational values of the mass fraction of marine polysaccharides in model food systems from recycled salmon

Nikita E. Kotov¹, Denis V. Poleshchuk², Evgeny A. Zayats³, Svetlana N. Maksimova⁴

¹⁻⁴ Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

¹ nkotov117@gmail.com; ORCID: 0009-0001-1290-1346

² tym1988@mail.ru; ORCID: 0000-0002-0818-1542

³ www.ganya_nic.ru@mail.ru; ORCID: 0000-0003-4935-0872

⁴ maksimova.sn@dgtru.ru; ORCID: 0000-0001-9654-1044

Abstract. The article presents experimental studies to determine the rational values of the mass fraction of the polyelectrolyte complex of marine polysaccharides chitosan and sodium alginate in the composition of model food systems. The basis of food systems is crushed and heat-treated salmon liver and milt. The use of a complex of polysaccharides makes it possible to impart specified properties (organoleptic, rheological) to the finished product. The results of organoleptic and instrumental evaluation of model food systems using mathematical data processing are compared. Rational values of the mass fraction of a solution of a polyelectrolyte complex of chitosan and sodium alginate in the composition of the finished product were obtained according to the type of "spreadings" from recycled salmon.

Keywords: salmon liver and milt, model systems, chitosan and sodium alginate complex, organoleptic evaluation, rheological parameters, mathematical processing

For citation: Kotov N. E., Poleshchuk D. V., Zayats E. A., Maksimova S. N. Determination of rational values of the mass fraction of marine polysaccharides in model food systems from recycled salmon. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2025;74(4): 38–46. (in Russ.).

Введение

К наиболее динамично развивающемуся сегменту пищевой продукции из водных биологических ресурсов можно отнести кулинарные изделия. Внутренний аудит крупных ретейлеров показывает увеличение продаж паст, паштетов, «намазков» и другой подобной кулинарной продукции [1].

В качестве сырья для данного ассортимента кулинарных изделий могут быть использованы условно пищевые отходы от переработки ценных промысловых пород рыб. Для Дальневосточного региона, где добывается большая часть лососевых, таким перспективным сырьевым ресурсом являются печень и молоки тихоокеанских лососей, которые обладают высокой биологической ценностью и богатым нутриентным составом [2].

Печень лососевых содержит значительное количество полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), жирорастворимых витаминов А и D, а молоки являются источником протаминов, нуклеиновых кислот и минеральных веществ. Их включение в состав рецептуры кулинарных изделий позволит не только расширить ассортимент кулинарной рыбной продукции, но и повысить рентабельность переработки тихоокеанских лососевых за счет снижения отходов производства.

Проблема, снижающая эффективность упомянутых технологий, заключается в том, что большинство производителей с целью улучшения органолептических свойств вносят в состав продуктов пищевые добавки (структурообразователи, стабилизаторы, усилители вкуса и аромата), некоторые добавки могут снижать биологическую ценность продукта и повлиять на конечный выбор потребителем данного ассортимента [3].

Перспективным направлением решения этой проблемы является использование природных полисахаридов, таких как хитозан и альгинат натрия. Эти биополимеры способны выполнять роль структурообразователей и барьерных соединений, а также придавать продукту дополнительные функциональные свойства (сорбционную и пребиотическую активность) [4].

Ранее нами определено рациональное соотношение печени и молок лососевых в модельных пищевых системах и оптимальный состав полиэлектролитного комплекса (ПЭК) – (2 : 1), которое обеспечивает выраженное антимикробное воздействие на микрофлору, однако для обеспечения эффективности технологии необходимо определить рациональные значения массовой доли вносимого в продукт ПЭК.

Цель настоящих исследований – определение рационального и оптимального количества ПЭК хитозан–альгинат натрия для использования в пищевой системе из печени и молок лососевых, позволяющее обеспечить высокие органолептические характеристики продукта при сохранении заданных структурно-механических свойств.

Объекты и методы исследования

Основным материалом исследования являлись печень и молоки кеты *Oncorhynchus keta* мороженые. Условно-пищевые отходы от переработки кеты (*Oncorhynchus keta*) были заготовлены в августе 2025 г. в прибрежных водах Охотского моря и предоставлены рыбопромышленным предприятием ООО р/к Артель «ИНЯ».

Материал поступил в мороженом виде и полностью соответствовал техническим условиям ТУ 20.20.16.006-50428341-2017 «Печень лососевых рыб (из кеты) замороженная» и ТУ 9267-005-26191641-01 «Молоки рыбные мороженые».

Все исследования проводились на базе лабораторий ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз».

Модельные пищевые системы, состоящие из печени и молок лососевых в соотношении 1 : 1, бланшировали при температуре 100 °С в течение 10 мин [7] с целью снижения вкуса горечи печени и повышения структурно-механических свойств [8]. Далее в модельные системы вносили раствор ПЭК в количестве от 5 до 20 %, тщательно измельчали и перемешивали до полного распределения ПЭК. После чего образцы модельных пищевых систем доводили до кулинарной готовности путем нагрева до 71±2 °С в толще образца, после чего проводили их охлаждение до температуры 4±2 °С.

Для термической обработки исследуемых образцов использовалась водяная баня LOIP LB-162.

Для получения ПЭК были использованы кислоторастворимый хитозан производства ООО «Биопрогресс», соответствующий по качеству ТУ 9289-067-00472124-03, и альгинат натрия (ТУ 15-544-83 «Альгинат натрия пищевой. Технические условия»).

Для приготовления ПЭК готовили 1%-й раствор хитозана путем растворения биополимера в 1%-й уксусной кислоте и 1%-й раствор альгината натрия, который растворяли в дистиллированной воде. Непосредственно ПЭК получали путем тщательного смешивания растворов хитозана и альгината натрия в соотношении 2 : 1.

Исследование реологических свойств образцов выполнялось на анализаторе текстуры «Brookfield СТ3». Для тестирования гомогенных структур применяли метод пенетрации с использованием цилиндрического зонда. В ходе измерений фиксировали параметры: показатель твердости (hardness cycle) – усилие, требуемое для создания заданной деформации, и показатель адгезии (adhesive force) – сила, необходимая для «вытаскивания» зонда из образца (всасывающее действие). Экспериментальные работы проводились согласно методическим указаниям прибора (инструкция № М/08-37 А0708).

Оценка органолептических характеристик образцов проводилась в соответствии с требованиями ГОСТ 7631-2008.

Была разработана пятибалльная шкала органолептической оценки пищевых систем методом количественного описательного анализа (КОА) [6] и представлена в табл. 1.

Таблица 1

Балльная шкала органолептической оценки качества исследуемых пищевых систем

Table 1

A point scale for organoleptic assessment of the quality of the studied food systems

Комплексные показатели	Единичные показатели	Словесная характеристика баллов	Баллы
Внешний вид	Целостность поверхности	Поверхность целая, гладкая	5
		Поверхность однородная, целая	4
		Поверхность однородная	3
		Видимое расслоение	2
		Нарушение поверхности, видимое расслоение	1
	Цвет	Серый, равномерный	5
Светло-серый, равномерный		4	

		Коричневый, равномерный	3
		Серо-бежевый, неравномерный, тусклый	2
		Серо-бежевый, неравномерный с видимыми вкраплениями, тусклый	1
Консистенция	Плотность	Умеренно плотная	5
		Плотная	4
		Плотная	3
		Слабоватая	2
		Слабая	1
Запах	Степень свойственности данному типу продукта с добавлением ПЭК	Выраженный, свойственный печени и молокам, без посторонних	5
		Умеренный, свойственный печени и молокам, без посторонних	4
		Свойственный печени и молокам со слабо выраженным запахом ПЭК	3
		Свойственный печени и молокам с умеренно выраженным запахом ПЭК	2
		Свойственный печени и молокам с ярко выраженным запахом ПЭК	1
Вкус	Степень свойственности данному типу продукта с добавлением ПЭК	Выраженный, свойственный печени и молокам	5
		Умеренный, свойственный печени и молокам	4
		Свойственный печени и молокам со слабо выраженным вяжущим вкусом хитозана	3
		Свойственный печени и молокам с умеренно выраженным вяжущим вкусом хитозана	2
		Свойственный печени и молокам с ярко выраженным вяжущим вкусом хитозана	1

Результаты исследования

Потребительская оценка пищевой продукции формируется в первую очередь на основе органолептической оценки.

Хитозан, входящий в состав ПЭК, в определенной концентрации способен проявлять вяжущий вкус [4], что может привести к снижению органолептической оценки продукта. В связи с этим исследование органолептических характеристик пищевых систем из печени и молок лососевых с добавлением ПЭК позволит определить рациональное количество ПЭК в пищевой системе и сформирует основу для последующих исследований.

Результаты оценки органолептических свойств исследуемых модельных пищевых систем отражены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели органолептической оценки исследуемых образцов с добавлением ПЭК

Table 2

Indicators of organoleptic evaluation of the studied samples with the addition of PEC

Содержание ПЭК в модельной системе, %	Балльная оценка					
	Внешний вид	Консистенция	Цвет	Запах	Вкус	Среднее арифметическое
0	3	3	4	4	5	3,8
5	5	5	5	5	5	5,0
10	5	5	5	4	4	4,6
15	2	2	2	2	2	2,0
20	1	1	2	1	1	1,2

Зависимость органолептической оценки образцов от доли внесенного ПЭК представлена на рис. 1 и при достоверности аппроксимации 1 описывается уравнением

$$OO = 0,0003\omega_{\text{ПЭК}}^4 - 0,01\omega_{\text{ПЭК}}^3 + 0,0643\omega_{\text{ПЭК}}^2 + 0,13\omega_{\text{ПЭК}} + 3,8, \quad (1)$$

где OO – органолептическая оценка, баллы;

$\omega_{\text{ПЭК}}$ – доля ПЭК, %.

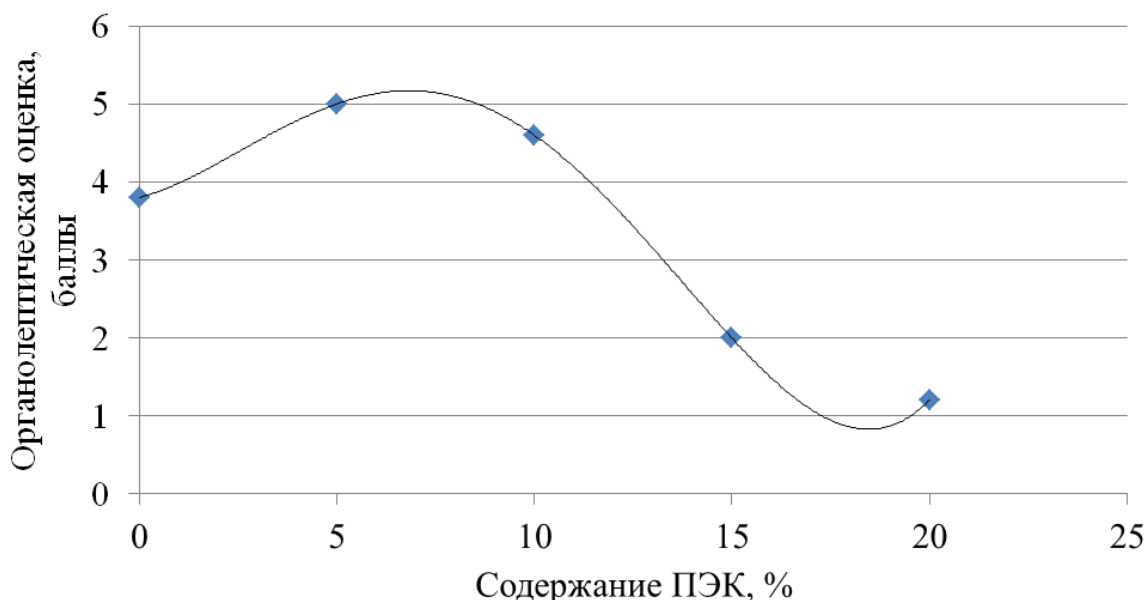


Рис. 1. Зависимость органолептической оценки образцов от доли внесенного ПЭК.

Составлено авторами

Fig. 1. The dependence of the organoleptic evaluation of samples on the proportion of the applied PEC.

Compiled by the authors

Из полученных данных (рис. 1) путем решения уравнения (1) можно сделать вывод, что введение раствора ПЭК в значениях от 5,0 до 9,5 % является рациональным, так как наилучшим образом влияет на органолептическую характеристику модельных пищевых систем. Прежде всего, это проявляется практически в отсутствии вяжущего вкуса хитозана. При этом появляется более выраженная мажущаяся структура, цвет пищевой системы становится серым однородным, свойственным подобным продуктам. Добавление ПЭК в исследуемую систему в массовой доле от 15 до 20 % сказалось более негативным образом на общую органолептическую оценку. Так, на поверхности и в толще системы присутствовала излишняя влага, наблюдалась неравномерность распределения растворов полисахаридов, отмечен выраженный кислотный запах и вяжущий вкус раствора хитозана [4].

Большое значение для пищевых продуктов по типу «намазок» имеет консистенция готового изделия. Внесение раствора ПЭК в модельные системы оказывает значительное влияние на их консистенцию. В связи с этим актуально обоснование рациональных структурно-механических характеристик (твердости и силы адгезии) модельных пищевых систем при внесении в их состав раствора полисахаридов хитозана и альгината натрия. Исследование реологических характеристик позволит дать объективную инструментальную оценку качества модельных систем с внесенным раствором ПЭК. С этой целью проведены измерения реологических показателей экспериментальных образцов. Результаты измерения реологических показателей модельных систем представлены в табл. 3.

Таблица 3

Реологические показатели модельных систем при предварительной и основной термической обработке

Table 3

Rheological parameters of model systems during pre- and main heat treatment

Реологические показатели	Массовая доля ПЭК в исследуемых образцах, %				
	0 (контроль)	5	10	15	20
Твердость, г	472,00	361,00	305,50	233,50	257,00
Сила адгезии, г	66,50	70,20	110,50	89,00	58,00

Зависимость твердости образцов от доли внесенного ПЭК представлена на рис. 2 и при достоверности аппроксимации 1 описывается уравнением

$$HC = 0,0123\omega_{\text{ПЭК}}^4 - 0,464\omega_{\text{ПЭК}}^3 + 5,9233\omega_{\text{ПЭК}}^2 - 41,75\omega_{\text{ПЭК}} + 472, \quad (2)$$

где HC – твердость, г;

$\omega_{\text{ПЭК}}$ – доля ПЭК, %.

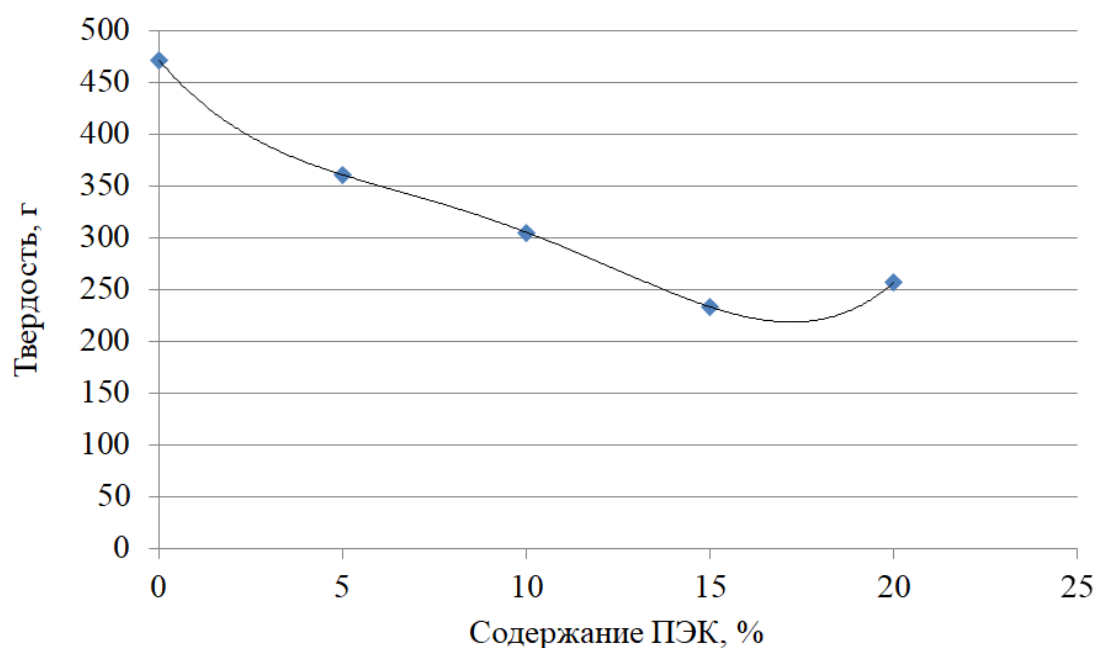


Рис. 2. Зависимость твердости образцов от доли внесенного ПЭК. Составлено авторами
 Fig. 2. The dependence of the hardness of the samples on the proportion of the applied PEG. Compiled by the authors

Из полученных данных видно, что при увеличении массовой доли раствора ПЭК до 15 % в исследуемых пищевых системах идет снижение твердости образцов. Это обусловлено увеличением доли жидкой части в системе. В контрольном образце отмечена излишняя плотность, которая подтверждена инструментально. Небольшое увеличение твердости в пищевой системе с содержанием ПЭК 20 % можно объяснить тем, что он плохо распределился по модельной пищевой системе, образовав плотные скопления в общем объеме исследуемого образца. Как высокие, так и низкие значения показателя твердости являются негативными показателями для модельной пищевой системы.

Путем подстановки в уравнение (2) границ рационального с точки зрения органолептической оценки диапазона содержания ПЭК (5,0–9,5 %) определили, что твердость пищевых систем с внесенным ПЭК должна быть 312–361 г.

Зависимость силы адгезии образцов от доли внесенного ПЭК представлена на рис. 3 и при достоверности аппроксимации 1 описывается уравнением

$$HCA = 0,01\omega_{\text{ПЭК}}^4 - 0,4326\omega_{\text{ПЭК}}^3 + 5,4628\omega_{\text{ПЭК}}^2 - 17,015\omega_{\text{ПЭК}} + 66,5, \quad (3)$$

где HCA – величина адгезии, г;

$\omega_{\text{ПЭК}}$ – доля ПЭК, %.

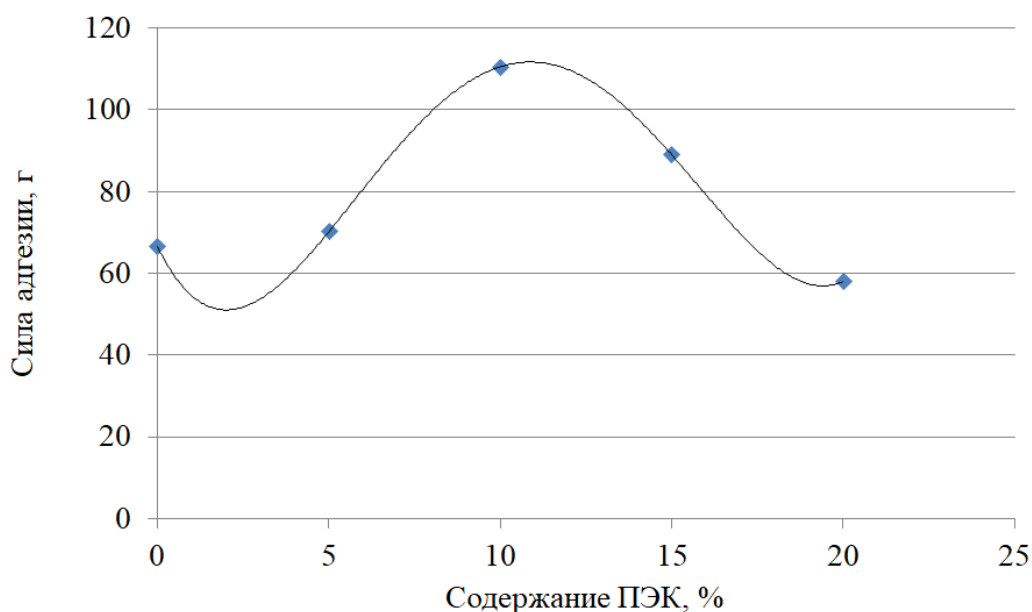


Рис. 3. Зависимость величины адгезии образцов от доли внесенного ПЭК. Составлено авторами
Fig. 3. Dependence of the adhesion value of the samples on the proportion of the applied PEC. Compiled by the authors

Поскольку исследуемые модельные пищевые системы являются основой кулинарного продукта по типу паштетов, то важным параметром такого продукта является показатель адгезии, определяющий его способность к «налипанию» и намазыванию. Модельная система без добавления ПЭК обладает слабой силой адгезии, которая увеличивается по мере увеличения доли ПЭК до 10 %. Последующее снижение силы адгезии свидетельствует о перенасыщении образца раствором ПЭК и нарушении его связи с компонентами пищевой системы.

Путем подстановки в уравнение (3) границ рационального с точки зрения органолептической оценки диапазона содержания ПЭК (5,0–9,5 %) определили, что сила адгезии пищевых систем с внесенным ПЭК должна быть 70–108 г.

Таким образом, коррелируя результаты органолептической и инструментальной оценки модельных пищевых систем, состоящих из ценного вторичного сырья тихоокеанских лососей (молок и печени) и раствора полиэлектролитного комплекса морских полисахаридов хитозана и альгината натрия, получены рациональные значения массовой доли ПЭК в составе готового продукта по типу «намазок» – от 5,0 до 9,5 %, чему соответствует твердость 312–361 г и сила адгезии 70–108 г.

В рациональном диапазоне целесообразно, на наш взгляд, выбрать верхний предел, так как он обеспечивает не только органолептические свойства продукта, но и повышает его биологическую ценность за счет более высокого содержания хитозана и альгината натрия.

Заключение

Рациональные значения массовой доли ПЭК в пищевой системе на основе учета органолептических показателей составили от 5,0 до 9,5 % к общей массе пищевой системы и в целом готового продукта. В данном диапазоне ПЭК не снижает органолептическую оценку кулинарного продукта, улучшая технологические свойства пищевой системы. Инструментальный метод определения реологических показателей (твердости и силы адгезии) показал, что в границах рационального содержания ПЭК в пищевой системе (от 5 до 9,5 %) показатель твердости составляет 312–361 г, а показатель силы адгезии 70–108 г. Использование раствора ПЭК в данном процентном диапазоне в технологии производства кулинарных продуктов позволит получить заданные технологические свойства в готовом продукте. Представленные результаты позволяют в последующем контролировать качественные характеристики кулинарной продукции с добавлением комплекса хитозана и альгината натрия «мажущей» консистенции путем использования инструментальных методов контроля, отличающихся точностью и объективностью.

Список источников

1. Дмитрий Кашутин, «Магнит»: «Собственное производство стало драйвером роста» [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.retail.ru/interviews/dmitriy-kashutin-magnit-sobstvennoe-proizvodstvo-stalo-drayverom-rosta/> (дата обращения : 01.08.2025).
2. Котов Н. Е., Полещук Д. В., Максимова С. Н. Перспективы использования условно пищевых отходов дальневосточных лососевых рыб // Научные труды Дальрыбвтуза. 2023. Т. 66, № 4. С. 41–47.
3. Котов, Н. Е. Анализ рынка продукции из измельченного рыбного сырья / Н. Е. Котов, Д. А. Жданов // Научный потенциал молодежи – развитию пищевых производств : материалы Нац. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых [Электронный ресурс]. Электрон. дан. (20,5 Мб). Владивосток : Дальрыбвтуз, 2023. 472 с.
4. Максимова С. Н., Сафронова Т. М., Полещук Д. В. Хитиновые материалы в технологии водных биоресурсов. СПб. : Лань, 2017. 176 с.
5. Полещук Д. В., Котов Н. Е., Максимова С. Н., Панчишина Е. М. Формирование технологических характеристик пищевых систем из вторичного сырья дальневосточных лососевых // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 70, № 4. С. 51–59.
6. Сафронова Т. М. Справочник дегустатора рыбной продукции. М. : Изд-во ВНИРО, 1998. 244 с.
7. Патент № 2223675 С2 Российская Федерация, МПК А23L 1/325, А23L 1/29. Способ приготовления рыбного пастообразного консервированного продукта / Доценко С. М., Скрипко О. В., Тильба В. А. [и др.]; заявитель ВНИИ сои. № 2001101184/13; заявл. 12.01.2001; опубл. 20.02.2004.

Сведения об авторах

- Н. Е. Котов – аспирант кафедры технологии продуктов питания, SPIN-код: 9752-2657.
 Д. В. Полещук – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии продуктов питания, SPIN-код: 7061-7970.
 Е. А. Заяц – кандидат технических наук, заведующий лабораторией кафедры управления техническими системами, SPIN-код: 2429-7668.
 С. Н. Максимова – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии продуктов питания, SPIN-код: 4857-2135.

Information about the authors

N. E. Kotov – Postgraduate student of the Department of Food Technology, SPIN-code: 9752-2657.

D. V. Poleshchuk – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technology, SPIN-code: 7061-7970.

E. A. Zayats – PhD in Technical Sciences, Head of the Laboratory of the Department of Technical Systems Management, SPIN-code: 2429-7668.

S. N. Maksimova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Food Technology, SPIN-code: 4857-2135.

Статья поступила в редакцию 13.11.2025; одобрена после рецензирования 24.11.2025; принята к публикации 25.11.2025.

The article was submitted 13.11.2025; approved after reviewing 24.11.2025; accepted for publication 25.11.2025.