

УДК 637.5.037, 641.546.45, 664.8.037.5

Новый классификатор пищевых продуктов, подвергаемых быстрому замораживанию

Канд. техн. наук **О. А. ФЕСЬКОВ***, **Т. П. НОВОСАД**, **А. Л. СПИРИДОНОВ**, **Н. В. ХЕМЕРОВ**

Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)

*E-mail: Feskov76@mail.ru

Представлен краткий анализ мирового и Российского рынков замороженной продукции, отражающий основные тенденции его развития, включая прогнозирование его объемов на период до 2035 г., а также особую роль таких продуктов в питании населения планеты. Отмечена актуальность создания новых технологий замораживания и эффективных конструкций скороморозильной техники для переработки больших объемов пищевого сырья, обладающего высоким уровнем пищевой и биологической ценности. Представлено описание первой версии классификационной модели объектов быстрого замораживания, состоящей из девяти классов пищевых продуктов общей численностью 97 наименований, для формирования которой авторы применили два критерия — физическую природу продуктов и значения их влагосодержания W , и, в ряде случаев жиросодержания F , а также дана оценка основным недостаткам с обоснованием актуальности ее совершенствования. Предложена новая версия классификатора объектов быстрого замораживания общей численностью 769 наименований, позволяющая учесть расширение ассортимента продукции, подвергаемой холодильной обработке, в уже сформированных классах, подклассах и группах продукции, ввести новые классы, а также учесть величину жиросодержания F для всех, без исключения, объектов. Разработаны новые уравнения для расчета теплофизических характеристик пищевых объектов классификатора, имеющих влагосодержание менее 30%, при жиросодержании более 15%. Для всего ассортимента объектов новой версии классификатора определены значения основных теплофизических характеристик, включая криоскопическую температуру, а также их усредненные значения по группам, подклассам и классам. значения теплофизических характеристик по всему ассортименту объектов классификатора могут быть использованы в научных исследованиях при разработке практических рекомендаций по рациональным режимам процесса в каждом конкретном случае, а также представляют собой элемент практической оптимизации при инженерном проектировании компактных конструкций морозильного оборудования, отвечающих современным технологическим, экономическим и экологическим требованиям.

Ключевые слова: пищевые продукты, быстрое замораживание, классификатор, влагосодержание, жиросодержание.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 24.01.2025, одобрена после рецензирования 20.03.2025, принята к печати 28.03.2025

DOI: 10.17586/1606-4313-2025-24-2-72-81

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Феськов О. А., Новосад Т. П., Спиридонов А. Л., Хемеров Н. В. Новый классификатор пищевых продуктов, подвергаемых быстрому замораживанию. // Вестник Международной академии холода. 2025. № 2. С. 72–81. DOI: 10.17586/1606-4313-2025-24-2-72-81

New classifier of quick-frozen foodstuffs

Ph. D. **O. A. FESKOV***, **T. P. NOVOSAD**, **A. L. SPIRIDONOV**, **N. V. HEMEROV**

Russian Biotechnology University (ROSBIOTECH)

*E-mail: Feskov76@mail.ru

A brief analysis of the global and Russian frozen food markets is presented, reflecting the main trends in its development, including forecasting its volumes for the period for 2035, as well as the special role of such products in the nutrition of the world's population. The urgency of creating new freezing technologies and efficient designs of rapid-freezing equipment for processing large volumes of food raw materials with a high level of nutritional and biological value is noted. The description for the first version of the classification model of fast-freezing facilities, consisting of nine classes of food products with a total of 97 names, is presented, for the creation of which the authors applied two criteria — the physical nature of the products and the values of their moisture content W , and, in some cases, fat content F , as well as an assessment of the main disadvantages with justification of the relevance of its improvement. A new version of the classifier of fast-freezing facilities with a total of 769 items has been proposed, allowing for the expansion of the range of products subject to refrigeration in already formed classes, subclasses and product groups, introducing new classes, as well as taking into account the amount of fat content F for all the objects, without any exception. New equations have been developed for

calculating the thermophysical characteristics of food classifier objects with a moisture content of less than 30% and a fat content of more than 15%. For the entire range of objects in the new version of the classifier, the values of the main thermophysical characteristics, including cryoscopic temperature, as well as their average values by groups, subclasses and classes, have been determined. The obtained new values of thermophysical characteristics for the entire range of classifier objects can be used in scientific research when developing practical recommendations on rational process modes in each specific case, and also represent an element of practical optimization in the engineering design of compact structures of freezing equipment that meet modern technological, economic and environmental requirements.

Keywords: food products, quick freezing, classifier, moisture content, fat content.

Article info:

Received 24/01/2025, approved after reviewing 20/03/2025, accepted 28/03/2025

DOI: 10.17586/1606-4313-2025-24-2-72-81

Article in Russian

For citation:

Feskov O. A., Novosad T. P., Spiridonov A. L., Hemerov N. V. New classifier of quick-frozen foodstuffs. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2025. No 2. p. 72-81. DOI: 10.17586/1606-4313-2025-24-2-72-81

Введение

Одним из самых популярных средств обеспечения круглогодичной доступности пищевого сырья и продуктов широкого ассортимента является замораживание, позволяющее сохранить целый ряд полезных свойств на высоком уровне в течение длительного времени.

По оценкам экспертов ведущих мировых аналитических агентств, объем рынка замороженной продукции, по состоянию на 2024 г., оценивается в денежном эквиваленте в 280 млрд \$ и, в прогнозах до 2035 г., ожидается его прирост до 650–700 млрд. Российский рынок также динамично развивается с годовым приростом 13–14% [1, 2].

В России разработана комплексная программа, связанная с повышением уровня жизни населения, в рамках которой разработка и производство замороженных продуктов, обладающих высоким уровнем пищевой и биологической ценности, рассматриваются как одна из важнейших задач программы.

Реализацию этой задачи эксперты пищевой отрасли связывают с оценкой значимости и возрастанием роли замороженных продуктов в рационе питания всего населения планеты в целом [2].

В свою очередь, развитие и расширение выпуска замороженной продукции требует обеспеченности производственной базы инновационными технологиями и скороморозильным оборудованием. Создание новых технологий и эффективных конструкций скороморозильной техники входит в задачи промышленной инженерии, опирающейся на передовой опыт отечественных научных школ в области методологии определения основных параметров процесса замораживания широкого ассортимента пищевых объектов в различных условиях.

При выполнении проектных и конструкторских работ немаловажную роль играют данные по теплофизическим характеристикам пищевых продуктов, многообразие рецептур и сортности которых, а также расхождения в данных различных авторов, не позволяют их с достаточной точностью определить. Очевидно, что на конвейере морозильного аппарата, в насыпном слое, две соседних ягоды могут иметь отличия не только в диаметре, но и в содержании влаги, как и две соседних котлеты могут незначительно отличаться в толщине и со-

держании жира. Возникает закономерный вопрос, как все эти тонкости учесть при инженерном проектировании [3].

Авторами [4]–[6] предложена модель классификации объектов, подвергаемых замораживанию, состоящая из девяти классов основных разновидностей пищевых продуктов, таких как мясо, рыба, птица, плоды и ягоды, овощи, тесто и продукты типа тесто+начинка, масло и твердые сыры, общей численностью 97 наименований. В основе разработанной классификации использовано два главных критерия: физическая природа продуктов и значения их влагосодержания W (%), а в ряде случаев и жиросодержания F (%), характеризующих реакцию объекта на воздействие низких температур.

В предложенном варианте классификации продукты были поделены, согласно интервалам влагосодержания $W=5\text{--}10\%$, на подклассы и группы, а содержание жира F было предложено учитывать только в случаях превышения значения $F=15\%$.

На основе имеющихся значений W и F пищевых продуктов были рассчитаны их теплофизические характеристики (теплоемкость C , кДж/(кг·К), теплопроводность λ , Вт/(м·К), плотность ρ , кг/м³, температуропроводность a , м²/с), необходимые в инженерной и научно-исследовательской деятельности при определении продолжительности холодильной обработки и, впоследствии, при расчете конструкций морозильных аппаратов.

Метод определения теплофизических показателей, основанный на уточненных Ковтуновым Е. Е. уравнениях, привязанных к характеристикам воды и молочного жира, как эталонам, позволил авторам рассчитать их значения для всего представленного ассортимента продуктов [4, 6, 7].

Опыт многолетней исследовательской работы показал, что итоговые значения продолжительности замораживания τ в большей степени зависят от создаваемых условий теплоотдачи α и геометрии самого продукта, и в меньшей — от теплофизических его свойств. С учетом того, что в составе любой группы классификации продукты имеют схожие, с наименьшими отклонениями, значения W и F , это обстоятельство позволило авторам для инженерного использования ввести понятие усредненного расчетного показателя по каждой группе, под-

класса и класса продукции предложенной классификации — условно расчетный продукт (УРП) [5].

Полученные авторами характеристики успешно использовались при выполнении научно-исследовательских и конструкторских работ в области техники и технологий быстрого замораживания.

Однако, необходимо отметить, что представленный ассортимент нуждается в серьезной модернизации, поскольку не учитывает множества наименований продукции в имеющихся группах, ставших объектами холодильного консервирования только за последние два десятилетия, а также требует введения новых групп продукции, например, на молочной основе, хлебобулочных изделий, многокомпонентных и многослойных готовых блюд, с отличиями в свойствах входящих в их состав компонентов и ингредиентов.

Еще одним недостатком данной классификационной модели является разнотечность между численными значениями теплофизических характеристик между данными целого ряда авторов, в том числе, по причине отсутствия учета величины жиросодержания F .

Результаты исследования и их обсуждение

Авторами данной статьи, в рамках серии выполняемых на кафедре «Промышленная инженерия» Российского биотехнологического университета (до реорганизации — кафедра «Холодильная техника и технология» МГУ прикладной биотехнологии) научно-исследовательских работ, разработана новая актуализированная версия классификатора объектов быстрого замораживания, в которой расширен ассортимент продуктов в уже имеющихся классах, а также добавлены новые классы, подклассы и группы продуктов, общей численностью 769 наименований.

На базе анализа информационных источников, а также изучения номенклатуры замороженной продукции в торговых сетях была проведена систематизация ассортимента пищевых продуктов, подвергаемых замораживанию в виде основных классов, подклассов и групп. В модель впервые включены морепродукты, выпеченный хлеб и кондитерские изделия, грибы и растения, молочная продукция, яйца и изделия из них, а также крупным завершающим классом стали готовые блюда, отличающиеся числом компонентов и однородностью [5, 8–12].

Основу новой версии классификатора, также в качестве главного критерия, составила физическая природа происхождения объектов замораживания, что стало особо актуальным для всех обновленных и впервые введенных классов продуктов из-за многообразия их разновидностей, сортности, состава и комбинаций, в том числе в группе многокомпонентных готовых блюд, составленных из разнородных компонентов.

Так, за счет расширения номенклатуры, произведены следующие нововведения:

— в классах P_1 (мясо) и P_2 (мясо птицы) произведено разделение объектов в подклассах по принципу «сырье, продукты и изделия, субпродукты и эндокрино-ферментное сырье (ЭФС)», а в соответствующих группах — по виду животного или птицы;

— в класс P_3 (рыба) добавлены морепродукты и произведено разделение на подклассы, где рыба, в свою оче-

редь, делится на группы по семействам (13 разновидностей), а остальные подклассы отдельно составляют ракообразные, моллюски, водоросли, мясо водных млекопитающих и икру;

— класс P_4 (плоды, ягоды) теперь отдельно рассматривает в виде подклассов плоды, фрукты и ягоды, причем по природе происхождения первые делятся на косточковые и семечковые, вторые — на тропические и отдельно цитрусовые, третьи — на садовые и лесные;

— класс P_5 (овощи) теперь включает в себя в виде подклассов овощи, растения и грибы, причем по природе происхождения первый делится на группы корне- и клубнеплодов, отдельную группу для разновидностей капусты, группы тыквенных, пасленовых, луковичных и бобовых, второй подкласс разделяет растения на группы злаковых и отдельно крупы в отваренном виде, а третий включает в себя разновидности грибов, подвергаемых замораживанию;

— класс P_6 (тесто), помимо теста, теперь включает в себя выпеченный хлеб, при этом, в первом подклассе тесто разделяется на дрожжевое и бездрожжевое по видам назначения, а во втором отдельно рассматриваются виды выпеченного хлеба и прочих хлебобулочных изделий;

— класс P_7 сохранил свое наименование «комбинированные продукты типа тесто+начинка», однако теперь разделен на четыре подкласса — блины и пироги, пельмени и вареники, пицца и кондитерские изделия, где уже в группах учтен вид используемых начинок и топингов (для пиццы), а последний содержит две группы — торты и пирожные;

— класс P_8 (сливочное масло) преобразован в класс молочных и масло-жировых продуктов, включающий в себя в виде подклассов масло сливочное, в т. ч. с наполнителями или в виде аналогов, масло-жировые продукты и концентраты, сыры различной твердости (в прошлом класс P_9), творог и изделия из него, учитывающий его градацию по жиросодержанию и разновидности творожных сырников и запеканок по виду наполнителей, а также йогурт и десерты на его основе;

— класс P_9 посвящен яйцам и изделиям из них, где главным образом учитываются только собственно куриные яйца и меланж, как два объекта, подвергаемых замораживанию;

— новым классом стал P_{10} — готовые блюда, рассматривающий в качестве подклассов принцип их компонентности, а в группах — характер потребления (первые, вторые).

В табл. 1 представлена основная структура классификатора, составляющие его классы и подклассы продукции, а также количество групп в составе подкласса и количество входящих в состав группы наименований объектов замораживания, а на рис. 1 показана новая структура рангов классификатора.

Согласно представленной на рис. 1 структуре, 3 ранг классификатора формируется на основе групп продукции P_{abc} , 2 ранг — на основе подклассов P_{ab} , 1 ранг — на основе классов P_a , и, наконец, 0 ранг представляет собой весь ассортимент объектов замораживания.

Идентификация объектов подразумевала соотношение продукта, согласно его названию, на принадлеж-

Таблица 1

Структура нового классификатора объектов быстрого замораживания

Table 1

Structure for the new classifier of fast frozen objects

Класс продукта	Подкласс продукта	Количество групп продуктов	Количество объектов
П ₁ — мясо, мясопродукты, субпродукты и ЭФС	П ₁₁ — мясо	7	15
	П ₁₂ — мясопродукты и изделия	7	75
	П ₁₃ — субпродукты и ЭФС	7	29
П ₂ — мясо птицы, птицепродукты, субпродукты	П ₂₁ — мясо птицы	5	12
	П ₂₂ — птицепродукты и изделия	4	42
	П ₂₃ — субпродукты и ЭФС	4	15
П ₃ — рыба и морепродукты	П ₃₁ — рыба	13	41
	П ₃₂ — ракообразные	2	10
	П ₃₃ — моллюски	1	8
	П ₃₄ — другие морепродукты	1	5
	П ₃₅ — млекопитающие	1	2
	П ₃₄ — икра, субпродукты	2	5
П ₄ — плоды, фрукты, ягоды	П ₄₁ — плоды	2	20
	П ₄₂ — фрукты	2	11
	П ₄₃ — ягоды	2	22
П ₅ — овощи, растения, грибы	П ₅₁ — овощи	7	72
	П ₅₂ — растения	2	8
	П ₅₃ — грибы	1	11
П ₆ — тесто, хлеб	П ₆₁ — тесто	2	20
	П ₆₂ — хлеб, хлебобулочные изделия	2	23
П ₇ — комбинированные продукты типа «тесто+начинка»	П ₇₁ — блины и пироги	7	62
	П ₇₂ — пельмени и вареники	2	33
	П ₇₃ — пицца	4	23
	П ₇₄ — кондитерские изделия	2	32
П ₈ — молочные, масложировые продукты	П ₈₁ — масло, масложировые продукты	4	24
	П ₈₂ — сыры	3	13
	П ₈₃ — творог, творожные изделия	3	33
	П ₈₄ — йогурт, десерты	2	6
П ₉ — яйца и изделия из яиц	П ₉₁ — яйца	2	2
П ₁₀ — готовые блюда	П _{10.1} — однокомпонентные (однородные смеси)	4	48
	П _{10.2} — двухкомпонентные	1	20
	П _{10.3} — трехкомпонентные	4	27
		Итого:	769

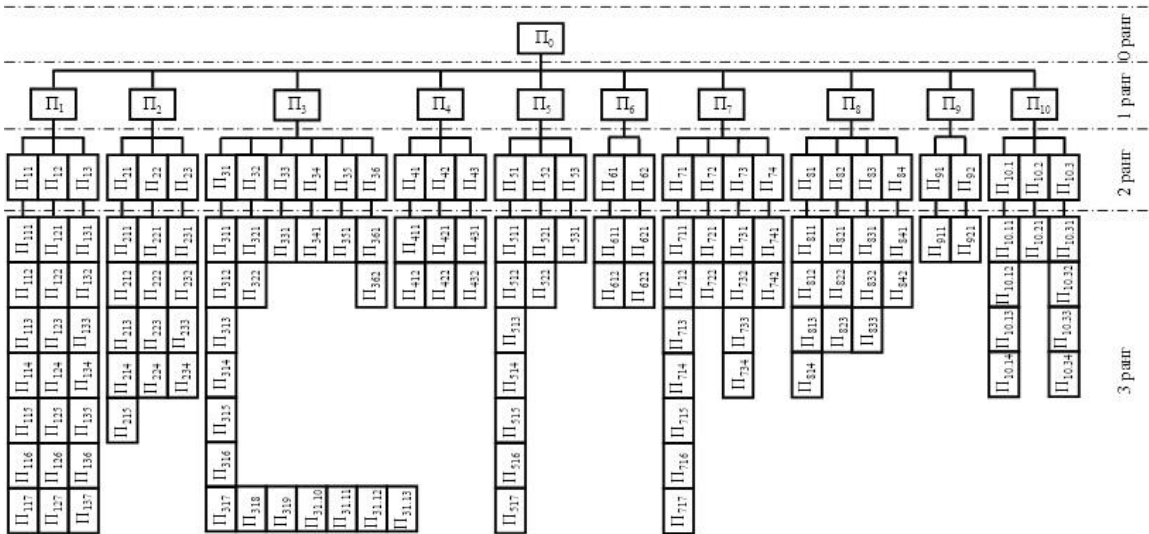


Рис. 1. Структура рангов классификатора объектов быстрого замораживания

Fig. 1. The rank structure for the classifier of fast frozen objects

ность к тому или иному классу, а затем по интервалам влажности W к подклассу и группе, и только в редких случаях — по величине жиросодержания F . Однако, в нашем варианте, и за счет учета жиросодержания для всех, без исключения, продуктов, и за счет расширения ассортимента это правило больше не срабатывает.

В предлагаемой версии классификатора идентификация объекта по классу, подклассу и группе осуществляется строго по физической или биологической природе происхождения, а интервалы влажности W и жирности F могут иметь теперь совершенно различные диапазоны. Для наглядности новый вариант ранжирования этих интервалов представлен в табл. 2.

Таблица 2

Ранжирование интервалов влажности и жирности классификатора

Table 2

Ranking the intervals of humidity and fat content in the classifier

Первый ранг, $W, \% + F, \%$	Второй ранг, $W, \% + F, \%$	Третий ранг, $W, \% + F, \%$	Первый ранг, $W, \% + F, \%$	Второй ранг, $W, \% + F, \%$	Третий ранг, $W, \% + F, \%$		
$\Pi_1 (25 \div 80) + (0 \div 65)$	$\Pi_{11} (35 \div 80) + (0 \div 20)$	$\Pi_{111} (65 \div 70) + (10 \div 20)$	$\Pi_5 (60 \div 95) + (0 \div 10)$	$\Pi_{42} (75 \div 90) + (0 \div 5)$	$\Pi_{421} (75 \div 85) + (0 \div 5)$		
		$\Pi_{112} (65 \div 70) + (10 \div 20)$			$\Pi_{422} (80 \div 90) + (0 \div 5)$		
		$\Pi_{113} (70 \div 75) + (5 \div 10)$		$\Pi_{43} (60 \div 95) + (0 \div 5)$	$\Pi_{431} (60 \div 90) + (0 \div 5)$		
		$\Pi_{114} (75 \div 80) + (0 \div 5)$			$\Pi_{432} (70 \div 95) + (0 \div 5)$		
		$\Pi_{115} (35 \div 75) + (0 \div 50)$		$\Pi_{51} (60 \div 95) + (0 \div 10)$	$\Pi_{511} (70 \div 95) + (0 \div 5)$		
		$\Pi_{116} (65 \div 75) + (5 \div 15)$			$\Pi_{512} (80 \div 95) + (0 \div 5)$		
		$\Pi_{117} (65 \div 70) + (10 \div 15)$			$\Pi_{513} (70 \div 95) + (0 \div 10)$		
	$\Pi_{12} (25 \div 80) + (0 \div 65)$	$\Pi_{121} (45 \div 75) + (0 \div 25)$			$\Pi_{514} (90 \div 95) + (0 \div 5)$		
		$\Pi_{122} (35 \div 75) + (10 \div 35)$			$\Pi_{515} (60 \div 95) + (0 \div 5)$		
		$\Pi_{123} (65 \div 75) + (5 \div 20)$			$\Pi_{516} (55 \div 90) + (0 \div 5)$		
		$\Pi_{124} (60 \div 80) + (0 \div 10)$			$\Pi_{517} (90 \div 95) + (0 \div 5)$		
		$\Pi_{125} (25 \div 70) + (0 \div 65)$		$\Pi_{52} (70 \div 90) + (0 \div 5)$	$\Pi_{521} (75 \div 90) + (0 \div 5)$		
		$\Pi_{126} (70 \div 75) + (0 \div 10)$			$\Pi_{522} (70 \div 75) + (0 \div 5)$		
		$\Pi_{127} (50 \div 75) + (5 \div 15)$		$\Pi_{53} (80 \div 90) + (0 \div 5)$	$\Pi_{531} (80 \div 90) + (0 \div 5)$		
	$\Pi_{13} (60 \div 80) + (0 \div 20)$	$\Pi_{131} (60 \div 80) + (0 \div 20)$	$\Pi_6 (25 \div 60) + (0 \div 25)$	$\Pi_{61} (35 \div 60) + (0 \div 15)$	$\Pi_{611} (45 \div 55) + (0 \div 15)$		
		$\Pi_{132} (70 \div 80) + (0 \div 5)$			$\Pi_{612} (35 \div 60) + (0 \div 10)$		
		$\Pi_{133} (70 \div 75) + (0 \div 10)$		$\Pi_{62} (25 \div 60) + (0 \div 25)$	$\Pi_{621} (35 \div 45) + (0 \div 5)$		
		$\Pi_{134} (70 \div 80) + (0 \div 15)$			$\Pi_{622} (25 \div 60) + (0 \div 25)$		
		$\Pi_{135} (65 \div 80) + (0 \div 15)$	$\Pi_{71} (20 \div 80) + (5 \div 20)$		$\Pi_{711} (55 \div 65) + (5 \div 10)$		
		$\Pi_{136} (65 \div 80) + (0 \div 15)$		$\Pi_{712} (60 \div 80) + (10 \div 15)$			
		$\Pi_{137} (70 \div 75) + (5 \div 10)$		$\Pi_{713} (65 \div 70) + (5 \div 10)$			
$\Pi_2 (45 \div 80) + (0 \div 25)$	$\Pi_{21} (50 \div 75) + (5 \div 25)$	$\Pi_{211} (60 \div 75) + (5 \div 20)$		$\Pi_7 (20 \div 80) + (0 \div 25)$	$\Pi_{71} (20 \div 80) + (5 \div 20)$	$\Pi_{714} (70 \div 80) + (5 \div 10)$	
		$\Pi_{212} (55 \div 70) + (10 \div 25)$				$\Pi_{715} (50 \div 70) + (5 \div 20)$	
		$\Pi_{213} (55 \div 60) + (10 \div 15)$				$\Pi_{716} (45 \div 70) + (5 \div 20)$	
		$\Pi_{214} (50 \div 55) + (20 \div 25)$				$\Pi_{72} (35 \div 75) + (0 \div 25)$	$\Pi_{721} (45 \div 75) + (0 \div 25)$
		$\Pi_{215} (65 \div 70) + (0 \div 5)$	$\Pi_{722} (35 \div 75) + (0 \div 10)$				
	$\Pi_{22} (45 \div 75) + (0 \div 20)$	$\Pi_{221} (50 \div 75) + (0 \div 20)$	$\Pi_{72} (35 \div 75) + (0 \div 25)$		$\Pi_{73} (40 \div 70) + (0 \div 20)$	$\Pi_{731} (40 \div 70) + (5 \div 15)$	
		$\Pi_{222} (50 \div 75) + (0 \div 15)$				$\Pi_{732} (50 \div 65) + (5 \div 15)$	
		$\Pi_{223} (45 \div 75) + (10 \div 20)$				$\Pi_{733} (50 \div 60) + (5 \div 20)$	
		$\Pi_{224} (55 \div 75) + (0 \div 20)$				$\Pi_{734} (50 \div 70) + (0 \div 10)$	
		$\Pi_{23} (50 \div 80) + (0 \div 20)$	$\Pi_{231} (65 \div 80) + (0 \div 20)$		$\Pi_{74} (20 \div 70) + (0 \div 25)$	$\Pi_{74} (20 \div 70) + (0 \div 25)$	$\Pi_{741} (20 \div 65) + (0 \div 25)$
	$\Pi_{232} (65 \div 80) + (0 \div 10)$		$\Pi_{742} (25 \div 70) + (15 \div 25)$				
	$\Pi_{233} (65 \div 75) + (5 \div 10)$		$\Pi_{81} (0 \div 45) + (40 \div 100)$				$\Pi_{811} (15 \div 45) + (50 \div 85)$
	$\Pi_{234} (50 \div 70) + (5 \div 20)$						$\Pi_{812} (15 \div 30) + (50 \div 65)$
	$\Pi_{311} (60 \div 75) + (5 \div 15)$				$\Pi_{82} (35 \div 55) + (15 \div 35)$	$\Pi_{813} (30 \div 35) + (40 \div 50)$	
$\Pi_3 (25 \div 90) + (0 \div 70)$	$\Pi_{31} (60 \div 80) + (0 \div 30)$	$\Pi_{312} (60 \div 70) + (10 \div 20)$	$\Pi_{82} (35 \div 55) + (15 \div 35)$	$\Pi_{814} (0 \div 5) + (90 \div 100)$			
		$\Pi_{313} (65 \div 70) + (0 \div 5)$		$\Pi_{821} (35 \div 40) + (30 \div 35)$			
		$\Pi_{314} (75 \div 85) + (0 \div 5)$	$\Pi_{83} (55 \div 75) + (0 \div 20)$	$\Pi_{822} (40 \div 45) + (25 \div 30)$			
		$\Pi_{315} (75 \div 80) + (0 \div 5)$		$\Pi_{823} (50 \div 55) + (15 \div 20)$			
		$\Pi_{316} (70 \div 75) + (5 \div 10)$		$\Pi_{831} (60 \div 75) + (0 \div 20)$			
		$\Pi_{317} (75 \div 80) + (0 \div 5)$	$\Pi_{84} (70 \div 85) + (0 \div 15)$	$\Pi_{832} (60 \div 65) + (10 \div 20)$			
		$\Pi_{318} (70 \div 75) + (10 \div 15)$		$\Pi_{833} (55 \div 75) + (0 \div 15)$			
		$\Pi_{319} (75 \div 80) + (0 \div 5)$		$\Pi_{841} (70 \div 80) + (0 \div 10)$			
		$\Pi_{31,10} (65 \div 70) + (0 \div 5)$	$\Pi_{91} (80 \div 85) + (10 \div 15)$	$\Pi_{842} (75 \div 85) + (0 \div 15)$			
		$\Pi_{31,11} (70 \div 75) + (5 \div 10)$		$\Pi_{92} (70 \div 75) + (10 \div 15)$	$\Pi_{911} (80 \div 85) + (10 \div 15)$		
		$\Pi_{31,12} (65 \div 80) + (5 \div 20)$	$\Pi_{10} (35 \div 95) + (0 \div 40)$		$\Pi_{10,1} (50 \div 95) + (0 \div 30)$	$\Pi_{921} (70 \div 75) + (10 \div 15)$	
		$\Pi_{31,13} (55 \div 80) + (0 \div 30)$		$\Pi_{10,11} (75 \div 95) + (0 \div 10)$			
	$\Pi_{32} (75 \div 80) + (0 \div 5)$	$\Pi_{321} (75 \div 80) + (0 \div 5)$		$\Pi_{10,12} (55 \div 70) + (0 \div 30)$			
		$\Pi_{322} (75 \div 80) + (0 \div 5)$		$\Pi_{10,13} (50 \div 90) + (0 \div 10)$			
	$\Pi_{33} (60 \div 85) + (0 \div 5)$	$\Pi_{331} (60 \div 85) + (0 \div 5)$		$\Pi_{10,14} (85 \div 90) + (0 \div 5)$			
	$\Pi_{34} (80 \div 90) + (0 \div 5)$	$\Pi_{341} (80 \div 90) + (0 \div 5)$		$\Pi_{10,2} (60 \div 80) + (0 \div 15)$		$\Pi_{10,21} (60 \div 80) + (0 \div 15)$	
	$\Pi_{35} (70 \div 75) + (0 \div 5)$	$\Pi_{351} (70 \div 75) + (0 \div 5)$				$\Pi_{10,3} (35 \div 90) + (0 \div 40)$	$\Pi_{10,31} (60 \div 90) + (0 \div 20)$
	$\Pi_{36} (25 \div 75) + (0 \div 70)$	$\Pi_{361} (45 \div 75) + (0 \div 15)$		$\Pi_{10,32} (50 \div 85) + (0 \div 35)$			
		$\Pi_{362} (25 \div 30) + (65 \div 70)$		$\Pi_{411} (80 \div 90) + (0 \div 5)$			$\Pi_{10,33} (45 \div 85) + (0 \div 40)$
	$\Pi_4 (60 \div 90) + (0 \div 5)$	$\Pi_{41} (80 \div 90) + (0 \div 5)$		$\Pi_{412} (80 \div 90) + (0 \div 5)$		$\Pi_{10,34} (35 \div 90) + (0 \div 30)$	
			$\Pi_{413} (80 \div 90) + (0 \div 5)$				

С учетом предложенного обязательного учета величины жиросодержания F для всей номенклатуры объектов классификатора, были разработаны новые модификации уравнений для расчета основных теплофизических характеристик пищевых объектов в нативном и замороженном состояниях, актуальные в тех случаях, когда влагосодержание $W < 30\%$ и при этом величина жиросодержания $F > 15\%$:

$$C_{\text{нат}} = 2093,4 + W \cdot 4186,3 + (F - F^h) 2510;$$

$$C_{\text{зам}} = 1465,4 + W \cdot 1482,7 + (F - F^h) 2510;$$

$$\lambda_{\text{нат}} = 0,39 + W \cdot 0,604 + (F - F^h) 0,15;$$

$$\lambda_{\text{зам}} = 0,58 + W \cdot 1,917 + (F - F^h) 0,15,$$

где $C_{\text{нат}}$, $C_{\text{зам}}$, $\lambda_{\text{нат}}$, $\lambda_{\text{зам}}$ — теплоемкость и теплопроводность объекта, соответственно, в нативном (Дж/(кг·К)), и замороженном состояниях (Вт/(м·К)), соответственно; F^h — начальное относительное жиросодержание, доли единицы.

Разработанные уравнения были применены для определения теплофизических характеристик некоторых объектов из групп П₆₂₂, П₇₄₁, П₇₄₂ и всех объектов в группах П₃₆₂, П₇₁₇, П₈₁₁ — П₈₁₄, в остальных случаях — уравнения в модификации Ковтунова Е. Е. [4]–[6].

На следующем этапе разработки, с использованием представленных уравнений, были определены значения ТФХ для всего ассортимента объектов классификатора, оформленные в виде справочных таблиц. Так, на примере класса П₄ (плоды, фрукты, ягоды), такие данные представлены в табл. 3.

Необходимо отметить, что в таблице присутствует еще один важный параметр, негласно отнесенный к теплофизическим характеристикам каждого из рассматриваемых объектов классификатора — криоскопическая температура объекта $t_{\text{кр}}$ (°С), значения которой были приняты на основе экспериментальных исследований и в соответствии со справочными данными ряда авторов [6, 13–17].

С использованием полученных данных, также, как и в прежней версии классификатора, были рассчитаны новые значения усредненного расчетного показателя (УРП) по каждой группе в подклассах, затем в каждом подклассе каждого класса и среднее по всем классам (П₀ нулевого ранга). Такие данные на примере класса П₄, представлены в табл. 4, 5, 6 и для всего ассортимента объектов новой версии классификатора — в табл. 7.

Для предложенного ассортимента уточненные и усредненные значения теплофизических величин могут быть использованы при определении тепловой нагрузки от продуктов, подвергаемых холодильной обработке, фактически, опираясь только на массовую долю воды и жира в продукте, его начальную, конечную и криоскопическую температуры.

$$q_2 = q_{\text{охл}} + q_{\text{кр}} + q_{\text{вт}}$$

где q_2 — удельная тепловая нагрузка, отводимая от продукта при реализации полного процесса замораживания от начальной температуры t_n до заданной конечной температуры в центре t_k или среднеобъемной температуры t_v , Дж/кг; $q_{\text{охл}}$ — удельная теплота процесса охлаждения

продукта от t_n до достижения криоскопической температуры на его поверхности $t_{\text{кр}}$, Дж/кг; $q_{\text{кр}}$ — удельная теплота процесса кристаллизации (вымораживания влаги) при продвижении фронта кристаллизации с температурой $t_{\text{кр}}$ от поверхности продукта к его термическому центру, Дж/кг; $q_{\text{вт}}$ — удельная теплота процесса выравнивания температуры по объему продукта до значений t_k или t_v , Дж/кг.

$$q_{\text{охл}} = C_{\text{нат}} (t_n - t_{\text{кр}});$$

$$q_{\text{кр}} = r \cdot W \cdot \omega;$$

$$q_{\text{вт}} = C_{\text{зам}} (t_{\text{кр}} - t_v),$$

где r — удельная теплота льдообразования в продукте, $r = 334000$ Дж/кг; ω — доля вымороженной влаги, доли единицы [5].

Величины теплопроводности $\lambda_{\text{нат}}$, $\lambda_{\text{зам}}$ и теплопроводности $a_{\text{нат}}$, $a_{\text{зам}}$ для любого объекта представленного классификатора находят применение при вычислении продолжительности процессов холодильной обработки τ в зависимости от выбранной математической модели. В последующем величина τ позволяет, на базе расчетов единовременной загрузки, спроектировать рабочий орган скороморозильного аппарата и его корпус, либо, с учетом способов размещения — компоновочное решение холодильной камеры.

Заключение

Полученные данные по ТФХ широкого ассортимента объектов замораживания имеют важное практическое значение для инженеров и конструкторов, а также для специалистов в сфере научных исследований в этой области.

При использовании, например, криогенных способов холодильной обработки, более точное определение ТФХ продукта и продолжительности процесса, а, следствием того, и расходных характеристик (проточное холодоснабжение), представляет собой элемент оптимизации при инженерном проектировании компактных конструкций морозильного оборудования, отвечающих современным технологическим, экономическим и экологическим требованиям.

В научном плане, применение широкого спектра данных по всему ассортименту объектов замораживания позволяет выполнять системные расчеты параметров процесса, а с учетом условий его организации — получить в итоге массивы табличных и графических данных, позволяющих разрабатывать практические рекомендации по рациональным режимам процесса в каждом конкретном случае, например, в виде универсальных номограмм, не требующих при практическом применении более никаких расчетов и исследований.

Необходимо отметить, что разработанный новый вариант классификатора объектов замораживания, даже в таком расширенном виде, отражающим основные разновидности, сорта и рецептуры продуктов, может совершенствоваться и в дальнейшем, по мере развития пищевой отрасли и расширения номенклатуры новых пищевых продуктов, натуральных и обогащенных всевозможными добавками в качестве именно объектов, подвергаемых замораживанию.

Таблица 3

Теплофизические характеристики всех объектов класса П₄ — плоды, фрукты, ягоды

Table 3

Thermophysical characteristics of all the objects from P₄ class — fruits and berries

Класс, Подкласс, Группа продукта			Наименование продукта	W, %	F, %	t _{кр.} °C	C _{нат} [*] Дж/(кг·K)	C _{зам} [*] Дж/(кг·K)	λ _{нат} [*] Вт/(м·K)	λ _{зам} [*] Вт/(м·K)	ρ, кг/м ³	a _{нат} ·10 ⁻⁷ , м ² /с	a _{зам} ·10 ⁻⁷ , м ² /с
П ₄	П ₄₁	П ₄₁₁	Вишня	84,4	0,1	−1,7	3536	1978	0,598	1,240	1089	1,55	5,76
			Черешня	85,7	0,4	−1,8	3598	2005	0,606	1,265	1069	1,58	5,90
			Абрикос	86,2	0,1	−1,2	3611	2005	0,609	1,274	1066	1,58	5,96
			Персик	86,1	0,1	−1,0	3607	2003	0,608	1,272	1067	1,58	5,95
			Нектарин	87,6	0,3	−1,0	3675	2030	0,618	1,301	1047	1,61	6,12
			Сливы	86,3	0,3	−0,8	3621	2011	0,610	1,276	1063	1,58	5,97
			Терн	83,0	0,3	−0,8	3482	1962	0,590	1,213	1105	1,53	5,60
			Алыча	89,0	0,1	−0,9	3729	2046	0,626	1,328	1033	1,63	6,28
			Кизил	85,0	0,1	−1,7	3561	1987	0,602	1,251	1081	1,56	5,82
			Манго	83,5	0,4	−1,0	3506	1972	0,593	1,223	1097	1,54	5,65
		П ₄₁₂	Яблоки	86,3	0,4	−1,5	3623	2014	0,610	1,276	1062	1,59	5,97
			Груши	85,0	0,3	−1,6	3566	1992	0,602	1,251	1079	1,56	5,82
			Айва	84,0	0,5	−2,0	3529	1982	0,596	1,233	1089	1,55	5,71
			Киви	83,8	0,4	−2,0	3518	1977	0,595	1,229	1093	1,55	5,69
			Хурма	81,5	0,4	−2,2	3422	1942	0,581	1,184	1124	1,51	5,43
			Папайя	88,1	0,3	−0,9	3696	2038	0,621	1,311	1041	1,61	6,18
			Маракуйя	78,0	0,4	−2,2	3276	1891	0,560	1,117	1174	1,46	5,03
			Виноград с косточками	80,5	0,2	−2,1	3375	1923	0,575	1,165	1140	1,49	5,31
			Виноград без косточек	80,5	0,2	−2,1	3375	1923	0,575	1,165	1140	1,49	5,31
			Инжир	83,0	0,2	−2,5	3480	1960	0,590	1,213	1106	1,53	5,60
	П ₄₂	П ₄₂₁	Ананасы	85,5	0,1	−1,1	3582	1994	0,605	1,261	1075	1,57	5,88
			Бананы	74,0	0,5	−0,8	3111	1834	0,536	1,041	1236	1,39	4,59
		П ₄₂₂	Апельсин	86,8	0,2	−0,8	3639	2016	0,613	1,286	1058	1,59	6,03
			Лимон	87,8	0,1	−1,5	3678	2028	0,618	1,305	1047	1,61	6,15
			Мандарин	88,0	0,2	−1,9	3689	2034	0,620	1,309	1043	1,61	6,17
			Клементин	86,6	0,2	−1,9	3631	2013	0,611	1,282	1060	1,59	6,01
			Грейпфрут	88,8	0,2	−1,6	3723	2046	0,625	1,324	1034	1,62	6,26
			Лайм	88,3	0,2	−1,3	3702	2038	0,622	1,315	1040	1,62	6,20
			Танжерин	87,8	0,2	−1,9	3681	2031	0,619	1,305	1046	1,61	6,14
			Кумкват	80,9	0,9	−1,9	3410	1946	0,578	1,174	1126	1,51	5,36
			Помело	89,1	0,1	−1,9	3733	2048	0,626	1,330	1031	1,63	6,30
	П ₄₃	П ₄₃₁	Земляника	91,6	0,3	−0,9	3842	2090	0,642	1,378	1001	1,67	6,58
			Клубника	91,6	0,3	−0,8	3842	2090	0,642	1,378	1001	1,67	6,58
			Малина	84,7	0,5	−0,7	3559	1992	0,600	1,246	1080	1,56	5,79
			Облепиха	83,0	5,4	−1,5	3610	2090	0,597	1,221	1046	1,58	5,58
			Шиповник	60,0	0,7	−2,2	2530	1631	0,451	0,773	1517	1,18	3,12
			Смородина красная	85,0	0,1	−1,0	3561	1987	0,602	1,251	1081	1,56	5,82
			Смородина черная	84,7	0,4	−1,0	3556	1990	0,600	1,246	1081	1,56	5,79
			Крыжовник	85,0	0,2	−1,2	3564	1989	0,602	1,251	1080	1,56	5,82
			Рябина красная	85,8	0,2	−1,0	3597	2001	0,607	1,267	1070	1,58	5,92
			Рябина черная	83,3	0,2	−1,0	3492	1964	0,591	1,219	1102	1,54	5,63
			Ежевалина (карака)	85,7	0,5	−0,9	3600	2007	0,606	1,265	1068	1,58	5,90
			Ежевика (коламбия)	88,0	0,5	−0,9	3697	2041	0,620	1,309	1040	1,61	6,17
			Боярышник	87,2	0,0	−1,2	3651	2017	0,615	1,293	1055	1,60	6,08
		П ₄₃₂	Брусника	86,0	0,5	−1,2	3613	2012	0,608	1,271	1064	1,58	5,94
			Голубика	87,7	0,5	−0,9	3684	2037	0,618	1,303	1044	1,61	6,13
			Клюква	88,9	0,2	−1,4	3727	2047	0,625	1,326	1033	1,62	6,27
			Черника	86,0	0,6	−1,4	3616	2014	0,608	1,271	1063	1,58	5,94
			Морошка	83,3	1,1	−0,9	3515	1987	0,593	1,220	1091	1,55	5,63
			Земляника дикая	87,0	0,4	−0,9	3652	2024	0,614	1,290	1053	1,60	6,05
			Ежевика	88,0	0,4	−0,9	3694	2039	0,620	1,309	1041	1,61	6,17
			Костяника	86,7	0,9	−1,5	3652	2032	0,613	1,285	1051	1,60	6,02
			Можжевельник	69,0	0,0	−2,2	2889	1747	0,505	0,944	1333	1,31	4,05

Таблица 4

Теплофизические характеристики УРП по группам класса П4

Table 4

Thermophysical characteristics of average calculated indicators for the groups of P4 class

Класс продукта	Подкласс продукта	Группа продукта	W, %	F, %	t _{кр.} °C	C _{нат*} Дж/(кг·К)	C _{зам*} Дж/(кг·К)	λ _{нат*} Вт/(м·К)	λ _{зам.} Вт/(м·К)	ρ, кг/м³	a _{нат} ·10 ⁻⁷ , м²/с	a _{зам} ·10 ⁻⁷ , м²/с
П4 — плоды, фрукты, ягоды	П41 — плоды	П411 — косточковые	85,7	0,2	−1,2	3593	2000	0,606	1,264	1072	1,57	5,90
		П412 — семечковые	83,1	0,3	−1,9	3486	1964	0,590	1,214	1105	1,53	5,61
	П42 — фрукты	П421 — субтропические и тропические	79,8	0,3	−1,0	3346	1914	0,639	1,151	1155	1,49	5,24
		П422 — цитрусовые	87,1	0,3	−1,6	3654	2022	0,615	1,292	1054	1,60	6,07
	П43 — ягоды	П431 — садовые	84,3	0,7	−1,1	3546	1922	0,598	1,238	1094	1,56	5,75
		П432 — лесные	84,7	0,5	−1,3	3560	1993	0,601	1,247	1086	1,56	5,80

Таблица 5

Теплофизические характеристики УРП по подклассам класса П4

Table 5

Thermophysical characteristics of average calculated indicators for the subclasses of P4 class

Класс продукта	Подкласс продукта	W, %	F, %	t _{кр.} °C	C _{нат*} Дж/(кг·К)	C _{зам*} Дж/(кг·К)	λ _{нат*} Вт/(м·К)	λ _{зам.} Вт/(м·К)	ρ, кг/м³	a _{нат} ·10 ⁻⁷ , м²/с	a _{зам} ·10 ⁻⁷ , м²/с
П4 — плоды, фрукты, ягоды	П41 — плоды	84,4	0,3	−1,5	3540	1982	0,598	1,239	1088	1,55	5,75
	П42 — фрукты	83,4	0,3	−1,3	3500	1968	0,627	1,221	1099	1,54	5,66
	П43 — ягоды	84,5	0,6	−1,2	3553	1957	0,599	1,243	1090	1,56	5,77

Таблица 6

Теплофизические характеристики УРП по всему классу П4

Table 6

Thermophysical characteristics of average calculated indicators for P4 class

Класс продукта	W, %	F, %	t _{кр.} °C	C _{нат*} Дж/(кг·К)	C _{зам*} Дж/(кг·К)	λ _{нат*} Вт/(м·К)	λ _{зам.} Вт/(м·К)	ρ, кг/м³	a _{нат} ·10 ⁻⁷ , м²/с	a _{зам} ·10 ⁻⁷ , м²/с
П4 — плоды, фрукты, ягоды	84,1	0,4	−1,3	3531	1969	0,608	1,234	1092	1,55	5,73

Таблица 7

Теплофизические характеристики УРП по классам классификатора

Table 7

Thermophysical characteristics of average calculated indicators for the classes of the classifier

Класс продукта	W, %	F, %	t _{кр.} °C	C _{нат*} Дж/(кг·К)	C _{зам*} Дж/(кг·К)	λ _{нат*} Вт/(м·К)	λ _{зам.} Вт/(м·К)	ρ, кг/м³	a _{нат} ·10 ⁻⁷ , м²/с	a _{зам} ·10 ⁻⁷ , м²/с
П1 — мясо, мясопродукты, субпродукты и ЭФС	68,8	10,1	−2,0	3134	1998	0,519	0,956	1182	1,40	4,15
П2 — мясо птицы, птицепродукты, субпродукты	65,5	11,2	−2,1	3025	1976	0,501	0,891	1222	1,36	3,76
П3 — рыба и морепродукты	70,8	8,5	−2,1	3246	1944	0,547	1,064	1183	1,44	4,71
П4 — плоды, фрукты, ягоды	84,1	0,4	−1,3	3531	1969	0,608	1,234	1092	1,55	5,73
П5 — овощи, растения, грибы	84,2	1,2	−1,0	3554	2002	0,598	1,237	1091	1,56	5,74
П6 — тесто, хлеб	44,1	5,8	−4,0	2004	1514	0,367	0,489	1810	0,98	1,77
П7 — комбинированные продукты типа «тесто+начинка»	54,6	11,9	−3,3	2665	1782	0,458	0,772	1466	1,21	3,27
П8 — молочные, масложирные продукты	51,0	27,3	−4,6	3027	2034	0,493	0,860	1232	1,35	3,59
П9 — яйца и изделия из яиц	79,6	11,5	−1,6	3619	2192	0,586	1,164	1025	1,59	5,21
П10 — готовые блюда	74,8	7,3	−1,3	3315	2016	0,551	1,067	1139	1,47	4,66
П0 — нулевой ранг модели (УРП)	67,8	9,5	−2,3	3112	1943	0,523	0,973	1244	1,39	4,26

Литература

References

1. Челомбитко М. А. Тенденции развития мирового рынка замороженных пищевых продуктов // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. 2020. с. 199–201.
2. Дахнович А. А. Тренды российского рынка сыров // Переработка молока. 2017. т. 213. № 7. с. 12–13.
3. Новосад Т. П., Фесков О. А. Классификационная модель объектов быстрого замораживания/Тезисы докладов XIII Международной научной конференции студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств» Могилев, Беларусь: БГУТ, 2024. с. 278.
4. Венгер К. П., Пчелинцев С. А., Фесков О. А. и др. Классификация объектов быстрого замораживания в морозильных аппаратах // Вестник Международной академии холода. 2001. № 1. с. 41–44.
5. Антонов А. А., Венгер К. П. Азотные системы хладоснабжения для производства быстрозамороженных пищевых продуктов. Монография. Рязань: Узорочье, 2002, 208 с.
6. Ковтунов Е. Е. Совершенствование процесса холодильной обработки фасованного потребительскими порциями сливочного масла: автореферат диссертации кандидата технических наук. М.: ГПП «Печатник», 1996, 32 с.
7. Ковтунов Е. Е., Бушуева И. Г., Пинаева А. Н. Качество молочных продуктов и сокращение их потерь в процессе производства и хранения: Обзорная информация. М.: АгроНИИТЭИММП, 1991, 44 с.
8. Скурихин И. М., Тутельян В. А. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания. Справочник. М.: ДеЛи принт, 2007, 275 с.
9. Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания/под общей ред. А. Н. Ершова, З. Н. Сосниной и др. М.: Экономика, 1981, 715 с.
10. Бурова Т. Е., Баженова И. А., Баженова Т. С. Технология замороженных готовых блюд: учебное пособие для вузов. СПб: Лань, 2022, 148 с.
11. Сивачева А. М., Донцова Н. Т. Новое поколение быстрозамороженных готовых блюд // Производство и реализация мороженого и быстрозамороженных продуктов, 2006, № 9, с. 25–26.
12. Rogov I. A., Zabashta A. G., Ibragimov R. M., Zabashta L. K. Производство мясных полуфабрикатов и быстрозамороженных блюд. М.: Колос, 1997, 336 с.
13. Теоретические основы пищевых технологий. Книга 2/отв. редактор В. А. Панфилов. М.: КолосС, 2009, 800 с.
14. Dennis R. Heldman, Daryl B. Lund, Cristina M. Sabliov. Handbook of Engineering. Ohio, USA: CRC Press, 2019, 1194 p.
15. Murlidhar Meghwal, Megh R. Goyal. Food Process Engineering: Emerging Trends in Research and Their Applications. Ohio, USA: CRC Press, 2021, 436 p.
16. Codex Alimentarius. Vol. I. General Requirement. Section 4.1. Codex General Guidelines on Claims. Rome, 1995, 275 p.
17. Rogov I. A., Kutsakova V. E., Filippov V. I., Frolov S. V. Консервирование пищевых продуктов холодом (теплофизические основы). М.: Колос, 2002, 184 с.
1. Chelombitko M. A. Trends in the development of the global frozen food market. *Storage and processing of agricultural raw materials*, 2020, p. 199–201. (in Russian)
2. Dakhnovich A. A. Trends in the Russian cheese market. *Milk Processing*. 2017. vol. 213. No. 7. p. 12–13. (in Russian)
3. Novosad T. P., Feskov O. A. Classification model of fast freezing facilities/Abstracts of the XIII International Scientific Conference of Students and postgraduates «Machinery and technology of food production». Mogilev, Belarus: BGUT, 2024. p. 278. (in Russian)
4. Venger K. P., Pchelintsev S. A., Feskov O. A. and others. Classification of objects of rapid freezing in freezers. *Journal of International Academy of Refrigeration*, 2001. No. 1. p. 41–44. (in Russian)
5. Antonov A. A., Venger K. P. Nitrogen cold supply systems for the production of quickly frozen food products. Monograph. Ryazan, Uzorochie, 2002, 205 p. (in Russian)
6. Kovtunov E. E. Improving the process of refrigerating packaged butter in consumer portions: abstract of the thesis of the Candidate of Technical Sciences. Moscow: GPP «Pechatnik», 1996, 32 p. (in Russian)
7. Kovtunov E. E., Bushueva I. G., Pinaeva A. N. The quality of dairy products and reduction of their losses during production and storage: An overview. Moscow: AgroNIITEIMMP, 1991. 44 p. (in Russian)
8. Skurikhin I. M., Tutelyan V. A. Tables of chemical composition and caloric content of Russian food products. Handbook — M.: DeLi print, 2007. 275 p. (in Russian)
9. Collection of recipes of dishes and culinary products for public catering enterprises/under the general editorship of A. N. Ershov, Z. N. Sosnina, etc. Moscow: Ekonomika, 1981, 715 p. (in Russian)
10. Burova T. E., Bazhenova I. A., Bazhenova T. S. Technology of frozen ready meals: a textbook for universities. St. Petersburg: Lan, 2022, 148 p. (in Russian)
11. Sivacheva A. M., Dontsova N. T. A new generation of quick-frozen ready meals. *Production and sale of ice cream and quick-frozen products*. 2006, No. 9, pp. 25–26. (in Russian)
12. Rogov I. A., Zabashta A. G., Ibragimov R. M., Zabashta L. K. Production of semi-finished meat products and quick-frozen dishes, Moscow: Kolos, 1997, 336 p. (in Russian)
13. Theoretical foundations of food technology. Book 2/edited by V. A. Panfilov, Moscow: KolosS, 2009, 800 p. (in Russian)
14. Dennis R. Heldman, Daryl B. Lund, Cristina M. Sabliov. Handbook of Engineering. Ohio, USA: CRC Press, 2019, 1194 p.
15. Murlidhar Meghwal, Megh R. Goyal. Food Process Engineering: Emerging Trends in Research and Their Applications — Ohio, USA: CRC Press, 2021, 436 p.
16. Codex Alimentarius. Vol. I. General Requirement. Section 4.1. Codex General Guidelines on Claims. Rome, 1995, 275 p.
17. Rogov I. A., Kutsakova V. E., Filippov V. I., Frolov S. V. Cold preservation of food products (thermophysical foundations). Moscow: Kolos, 2002, 184 p. (in Russian)

Сведения об авторах

Феськов Олег Алексеевич

К. т. н., доцент кафедры «Промышленная инженерия»,
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ),
125080, Москва, Волоколамское ш., 11,
Feskov76@mail.ru, ORCID ID: 0009-0004-8468-6704

Новосад Тимофей Петрович

Аспирант кафедры «Промышленная инженерия», Российский
биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), 125080,
Москва, Волоколамское ш., 11, Timofeynov1@rambler.ru.
ORCID ID: 0009-0006-2934-6533

Спиридонов Алексей Леонидович

Аспирант кафедры «Промышленная инженерия», Российский
биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), 125080,
Москва, Волоколамское ш., 11, alexeyspiridonov.rosbiotech@mail.ru
ORCID ID: 0009-0000-8891-9940

Хемеров Никита Витальевич

Аспирант кафедры «Промышленная инженерия»,
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ),
125080, Москва, Волоколамское ш., 11, nxemerov@bk.ru.
ORCID ID: 0009-0001-3737-9603

Information about authors

Feskov Oleg A.

Ph. D., Associate Professor of the Department «Industrial
Engineering», Russian Biotechnology University (ROSBIOTECH),
Russia, 125080, Moscow, Volokolamskoe sh., 11,
Feskov76@mail.ru, ORCID ID: 0009-0004-8468-6704

Novosad Timofey P.

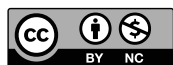
Postgraduate student of the Department «Industrial Engineering»,
Russian Biotechnology University (ROSBIOTECH), Russia,
125080, Moscow, Volokolamskoe sh., 11, Timofeynov1@rambler.ru.
ORCID ID: 0009-0006-2934-6533

Spiridonov Aleksey L.

Postgraduate student of the Department «Industrial Engineering»,
Russian Biotechnology University (ROSBIOTECH), Russia,
125080, Moscow, Volokolamskoe sh., 11,
alexeyspiridonov.rosbiotech@mail.ru
ORCID ID: 0009-0000-8891-9940

Hemerov Nikita V.

Postgraduate student of the Department «Industrial Engineering»,
Russian Biotechnology University (ROSBIOTECH), Russia,
125080, Moscow, Volokolamskoe sh., 11,
nxemerov@bk.ru. ORCID ID: 0009-0001-3737-9603



Статья доступна по лицензии

Creative Commons «Attribution-NonCommercial»



Выставка продуктов питания и напитков

*InterFood Krasnodar***22–24 апреля 2026 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.

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 снековая продукция.

Организатор выставки: Компания MVK

г. Краснодар, ул. Конгрессная 1, павильон 2

Тел.: +7 (861) 200 12 34

e-mail: krasnodar@mvk.ru

Место проведения:

ВКК «Экспоград Юг»,

г. Краснодар, ул. Конгрессная, 1

<https://inter-food-su/ru-RU/>