

Исследование параметров процесса замораживания тестовых заготовок и хлебобулочных изделий различной степени готовности

Алексей Владимирович Лялин

Независимый исследователь
Российский биотехнологический университет
Москва, Россия
Novikova@mgupp.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Олег Алексеевич Феськов

Независимый исследователь
Российский биотехнологический университет
Москва, Россия
FeskovOA@mgupp.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Алла Николаевна Стрелюхина

Независимый исследователь
Российский биотехнологический университет
Москва, Россия
StrelyukhinaAN@mgupp.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Жанна Викторовна Новикова

Независимый исследователь
Российский биотехнологический университет
Москва, Россия
zh.novikova@mail.ru
ORCID 0000-0001-8652-4777

Поступила в редакцию 04.11.2023

Принята 22.12.2023

Опубликована 15.02.2024

УДК 664.6

EDN HCWRRF

ВАК 4.3.3. Пищевые системы (технические науки)

OECD 02.11.JY FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

Аннотация

Целью данной работы явились экспериментальные исследования параметров процесса быстрого замораживания тестовых заготовок из пшеничной муки и ржано-пшенично смеси, обогащенных ягелем. В статье проведены экспериментальные исследования параметров процесса быстрого замораживания тестовых заготовок из пшеничной муки и ржано-пшенично смеси, обогащенных ягелем. Определены теплофизические характеристики тестовых заготовок и полуфабрикатов хлеба высокой степени готовности. Исследования выполнены на лабораторной экспериментальной установке на базе аппарата шокового замораживания Polair CR-5G. В процессе исследований получены значения температурного поля, теплового потока замораживаемых образцов, температуры и скорости циркуляции охлаждающего воздуха, средней скорости и продолжительности замораживания. Выполнена оценка

достоверности полученных результатов. Исследование теплофизических процессов, происходящих при замораживании, крио хранении и размораживании теста и полуфабрикатов хлебобулочных изделий высокой степени готовности имеет теоретическую практическую значимость разработки технологии приготовления хлебобулочных изделий с использованием шоковой заморозки. Полученные результаты исследований использовали для определения рациональных режимов проведения технологических процессов, разработку научно обоснованных технологических решений при создании технологии приготовления хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов.

Ключевые слова

тестовые заготовки, замораживание, теплофизические свойства, физико-химические свойства, обогащенные хлебобулочные изделия.

Введение

Хлебопекарная продукция занимает существенное место в рационе питания большей части населения нашей страны. За счет этих продуктов пищевой рацион обеспечивается по калорийности на 40 %, белками – на 50, углеводами – на 60 %. Это выдвигает вопрос обеспечения качества хлебопекарной продукции (КХП) на государственный уровень и требует создания системы взаимосвязанных процессов производства, начиная от обеспечения качества зерна и заканчивая реализацией готовой продукции населению (Стрелюхина, 2014).

Привлекательность быстрозамороженных хлебобулочных изделий обусловлена удобством как для производителя, так и для потребителя. Но технология для полуфабрикатов, шоковой заморозки и приготовления после хранения всегда индивидуальна и может значительно отличаться из-за их специфических характеристик. Криогенные технологии в производстве хлебобулочных изделий как традиционных, так и оригинальных сортов дают ряд преимуществ их использования: благодаря длительному сроку хранения в замороженном виде появляется возможность эффективно планировать производство, иметь товарный запас продукции, повысить рентабельность производства, увеличить коэффициент использования производственной мощности путем диверсификации ассортимента продукции хлебопекарного предприятия (Белявская, 2019).

Научно-обоснованный подход к изучению динамики изменения температуры в центре полуфабрикатов при замораживании и размораживании необходим для формирования высокого качества ржано-пшеничных и пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности и обеспечения качества готовых изделий.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены на кафедре «Инженерия процессов, аппаратов, холодильной техники и технологий» ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ». Принципиальная схема экспериментального стенда представлена на рисунке 1, а общий вид его элементов – на рисунке 2 (а – г).

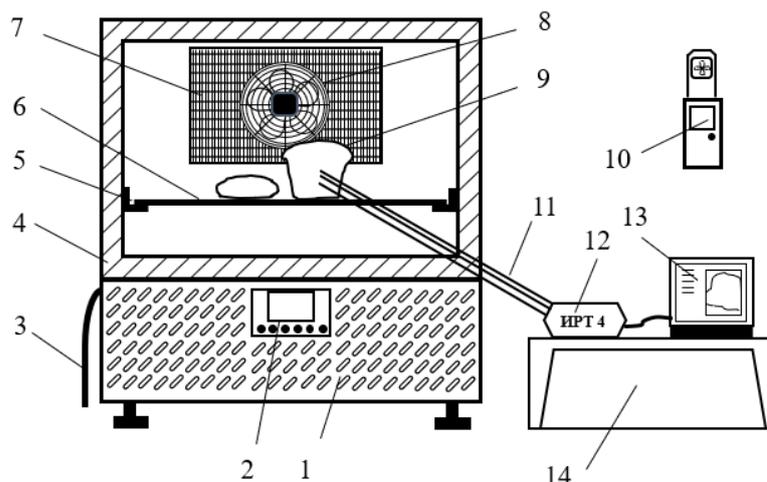


Рисунок 1. Принципиальная схема экспериментального стенда

На рисунке 1 показаны: 1 – аппарат шокового замораживания Polair CR-5G; 2 – контроллер; 3 – линия отвода талой воды; 4 – теплоизолированная камера; 5 – направляющие; 6 – противень; 7 – испаритель; 8 – вентилятор; 9 – исследуемые образцы; 10 – анемометр АПР-2; 11 – термопары и датчики тепловых потоков; 12 – прибор-измеритель температуры и тепловых потоков ИРТ-4; 13 – компьютер; 14 – стол с контрольно-измерительной аппаратурой.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 2. Общий вид элементов экспериментального стенда

На рисунке 2 показаны: а – аппарат шокового замораживания Polair CR-5G; б – управляющий контроллер; в – измеритель температуры и тепловых потоков ИРТ-4; г – анемометр АПР-2.

Аппарат шокового замораживания Polair CR-5G функционирует в нескольких базовых режимах:

– шоковое охлаждение с завершением цикла по достижении нужной температуры внутри продукта (контроль температуры с помощью термощупа) и последующее хранение.

- шоковое охлаждение с завершением цикла по предустановленному времени и последующее хранение.
- шоковое замораживание с завершением цикла по достижении нужной температуры внутри продукта (контроль температуры с помощью термощупа) и последующее хранение.
- шоковое замораживание с завершением цикла по предустановленному времени и последующее хранение.

Стенд оснащен контрольно-измерительной системой, включающей измеритель температуры и плотности теплового потока ИРТ-4, компьютер и анемометр АПР-2. Прибор ИРТ-4 изготовлен в модификации «Измеритель» и оснащен четырьмя термоэлектрическими преобразователями и двумя датчиками тепловых потоков с удлинителями (рисунок 3), предназначенными для проведения измерений в условиях скороморозильной техники широкой номенклатуры.



Рисунок 3. Общий вид измерительных термопар и датчиков теплового потока

В качестве термоэлектрических преобразователей использованы хромель – алюмелевые термопары ХА (К) с диапазоном измерения температуры от -200 до +40 °С. Датчики теплового потока позволяют измерять плотность теплового потока в диапазоне от 0 до 10000 Вт/м. Анемометр АПР-2 позволяет измерять скорость потоков газообразных сред в диапазоне от 0,2 до 20 м/с, при этом погрешность измерений составляет $\pm (0,1 + 0,05 \cdot V)$; V- значение измеряемой скорости.

Экспериментальные образцы теста и полуфабриката хлеба высокой степени готовности были приготовлены, согласно традиционной и разработанной (с добавками ягеля) рецептурам. Используются:

- тесто из пшеничной муки;
- тесто из пшеничной муки с добавлением ягеля;
- тесто из ржано-пшеничной муки с добавлением ягеля;
- хлеб формовой ржано-пшеничный с ягелем 85 % степени готовности;
- хлеб формовой пшеничный с ягелем 85 % степени готовности.

Тесто замораживали без предварительной расстойки, поскольку замораживание после расстойки неблагоприятно сказывается на формоустойчивости изделий и их внешнем виде после выпечки, которые приобретают расплывчатую форму, уплотненный мякиш, в них появляются пустоты на разрезе, имеют пониженный объем (Рощина, 2020).

Для измерения и контроля температурного и теплового поля замораживаемых образцов к ним подключали термопары и датчик, общий вид размещения которых представлен на рисунке 4 (а – г).

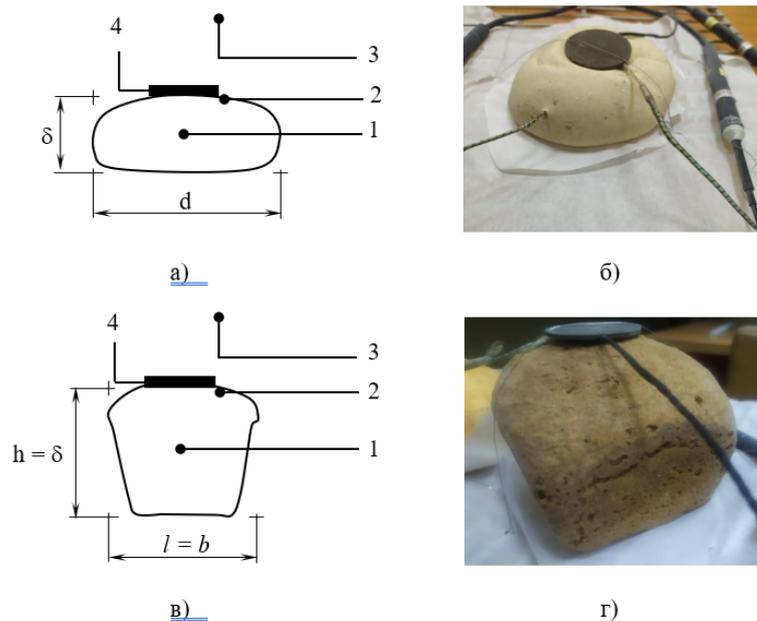


Рисунок 4. Схемы и общий вид подключения датчиков в образцах теста (а, б) и хлеба 85 % степени готовности (в, г)

На рисунке 4 показаны: 1 – термопара в центре продукта ($t_{ц}$); 2 – термопара на поверхности продукта ($t_{пов}$); 3 – термопара в охлаждающей среде – воздухе ($t_{в}$); 4 – датчик плотности теплового потока ($q_{пов}$); d – диаметр образца; l , b , h – длина, ширина и высота образца; δ – толщина образца.

Исследования проводили при режиме «шокового замораживания по времени» с рабочей температурой минус 40 °С и периодом цикла 240 мин. Период выхода установки на рабочий режим (захолаживание) составил 30 мин. Ход эксперимента постоянно отслеживался контрольно-измерительной системой с отображением на мониторе компьютера мгновенных значений с периодом записи $\Delta\tau = 2$ сек.

В ходе эксперимента измеряли и контролировали следующие параметры:

- габаритные размеры образца d , l , b , h , δ , м;
- начальная температура образца $t_{н}$, °С;
- температура воздуха внутри аппарата $t_{в}$, °С;
- скорость воздушного потока в зоне размещения образца $\omega_{в}$, м/с;
- температура в центре образца $t_{ц}$, °С;
- температура на поверхности образца $t_{пов}$, °С;
- плотность теплового потока с поверхности образца $q_{пов}$, Вт/м²;
- продолжительность процесса t , мин.

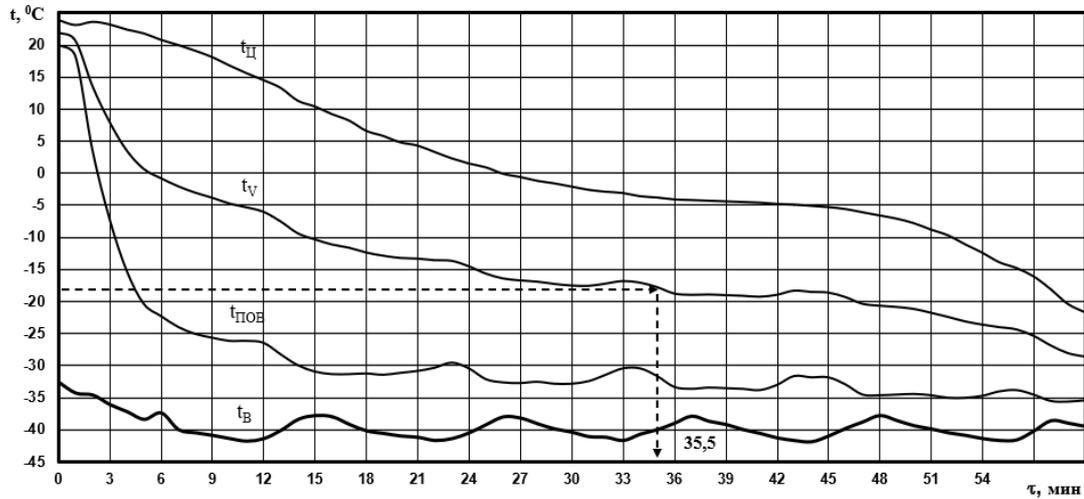
Наступление момента кристаллизации влаги в образцах определяли при достижении центром значения криоскопической температуры ($t_{кр}$): для теста – на уровне -3,5 ÷ -9 °С, для хлеба – на уровне -3,5 ÷ -4 °С, в зависимости от рецептуры (Антонов, 2002).

Для последующего определения итоговой продолжительности замораживания ($T_{эксп}$) до конечной среднеобъемной температуры $t_v = -18$ °С и значений средней скорости замораживания (кристаллизации) ($\omega_{ср}$), образцы продолжали замораживать, соблюдая условие, что температура в центре ($t_{ц}$) должна достичь значения на 10 градусов ниже криоскопической ($t_{кр}$).

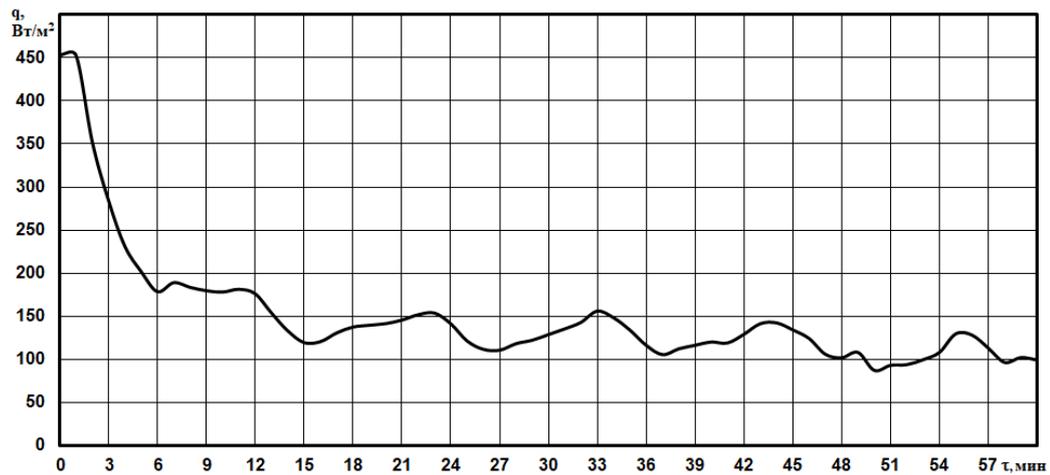
Весь массив точек статистики измеренных параметров обрабатывали с помощью специализированной программы Datarplotter (5), учитывая период записи показаний – 2 секунды, позволяющей воспроизводить графические зависимости вида $t = f(\tau)$ и $q = f(\tau)$, а при обработке этих данных вида $\alpha = f(\tau)$, где α – коэффициент теплоотдачи.

Результаты и обсуждение

Примеры распределения температуры (термограммы) $t = f(\tau)$ и плотности теплового потока $q = f(\tau)$ приведены на рисунках 5, 6 (а, б).

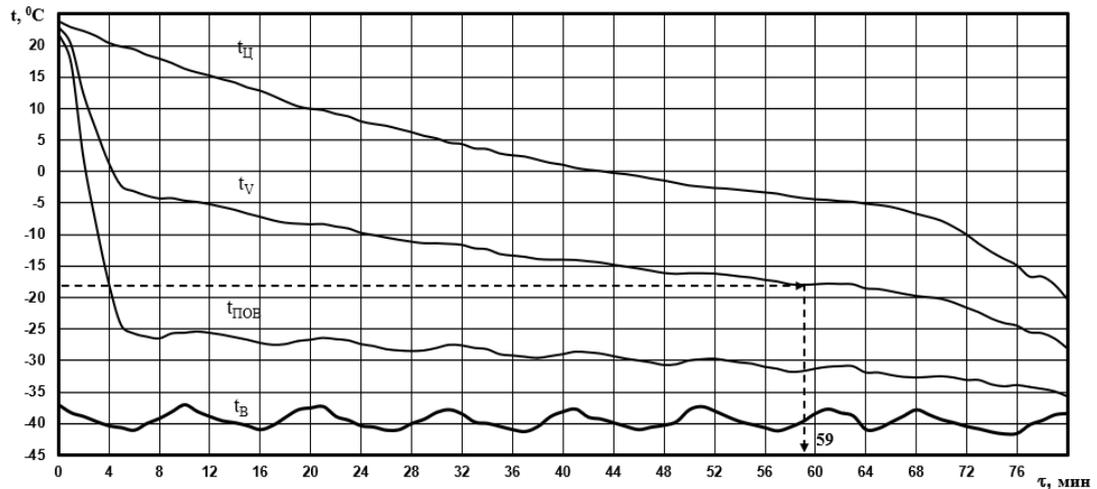


а)

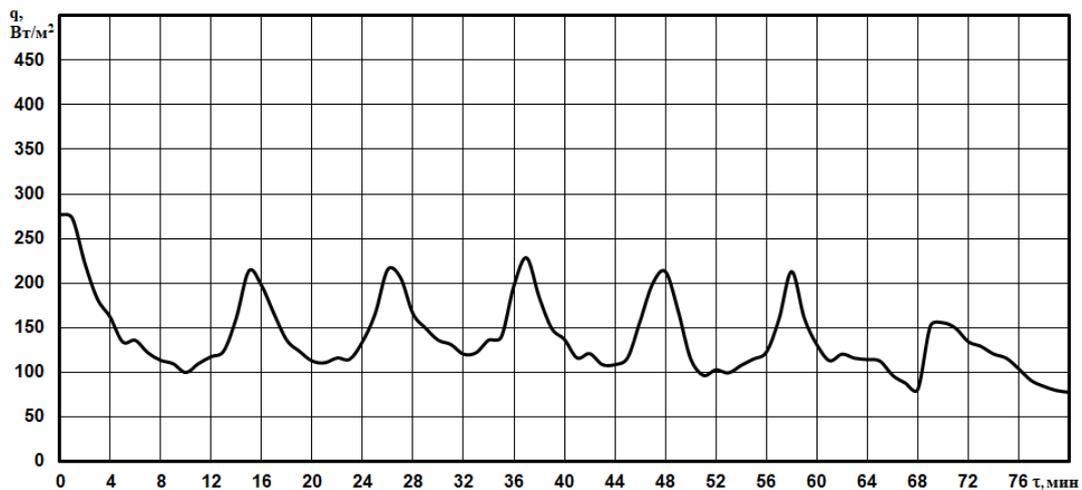


б)

Рисунок 5. Термограмма (а) и плотность теплового потока (б) при замораживании образцов теста из пшеничной муки с ягелем толщиной $\delta = 0,04$ м и диаметром $d = 0,09$ м при температуре воздуха $t_B = -40$ °С и скорости его циркуляции $\omega_B = 1$ м/с



а)



б)

Рисунок 6. Термограмма (а) и плотность теплового потока (б) при замораживании образцов полуфабриката высокой степени готовности хлеба формового ржано-пшеничного с ягелем толщиной (высотой) $\delta = h = 0,07$ м, длиной $l = 0,1$ м, шириной $b = 0,1$ м при температуре воздуха $t_{\text{в}} = -40$ °С и скорости его циркуляции $\omega_{\text{в}} = 1$ м/с

Определение определении средней ($\omega_{\text{ср}}$) и линейной ($\omega_{\text{л}}$) скоростей замораживания позволило оценить характер процесса замораживания. Для этих целей использовали международный классификатор процессов замораживания по скорости замораживания (кристаллизации). Так, по определению Международного института холода (МИХ) и комитета FAO/WHO, процесс замораживания, согласно величине средней скорости ($\omega_{\text{ср}}$), классифицируется определенным образом, данные показаны в таблице 1 (Антонов, 2002). Экспериментальные параметры замораживания исследуемых образцов представлены в таблице 2.

Таблица 1. Классификатор процесса замораживания МИХ по средней скорости ($\omega_{\text{ср}}$)

Характеристика процесса замораживания	Средняя скорость ($\omega_{\text{ср}}$) в:	
	см/ч	м/с
медленное	до 0,5	до $1,38 \cdot 10^{-6}$
быстрое	0,5 ÷ 5	$1,38 \cdot 10^{-6} \div 13,8 \cdot 10^{-6}$
сверхбыстрое	5 ÷ 10	$13,8 \cdot 10^{-6} \div 27,6 \cdot 10^{-6}$
ультрабыстрое	10 ÷ 100	$27,6 \cdot 10^{-6} \div 276 \cdot 10^{-6}$

Таблица 2. Экспериментальные параметры замораживания исследуемых образцов

Наименование образца	Толщина δ , м	Продолжительность t , мин		Скорость замораживания	Характеристика процесса
		предустановленная	до $t_v = -18^\circ\text{C}$		
Тесто из пшеничной муки с добавлением ягеля	0,04	60	35,5	$\omega_{\text{ср}} = 9,95 \cdot 10^{-6}$ м/с или 3,58 см/ч	быстрое
				$\omega_{\text{л}} = 6,3 \cdot 10^{-6}$ м/с или 2,3 см/ч	быстрое
Тесто из ржано-пшеничной муки с добавлением ягеля	0,04	54	31,0	$\omega_{\text{ср}} = 9,8 \cdot 10^{-6}$ м/с или 3,53 см/ч	быстрое
				$\omega_{\text{л}} = 7,29 \cdot 10^{-6}$ м/с или 2,63 см/ч	быстрое
				$\omega_{\text{л}} = 6,45 \cdot 10^{-6}$ м/с или 2,32 см/ч	быстрое
Хлеб формовой ржано-пшеничный с ягелем 85 % степени готовности	0,07	80	59,0	$\omega_{\text{ср}} = 10,51 \cdot 10^{-6}$ м/с или 3,78 см/ч	быстрое
				$\omega_{\text{л}} = 7,99 \cdot 10^{-6}$ м/с или 2,87 см/ч	быстрое
Хлеб формовой пшеничный с ягелем 85 % степени готовности	0,1	108	90,35	$\omega_{\text{ср}} = 9,33 \cdot 10^{-6}$ м/с или 3,36 см/ч	быстрое
				$\omega_{\text{л}} = 8,14 \cdot 10^{-6}$ м/с или 2,93 см/ч	быстрое

Приведенные данные показывают, что аппарат Polair CR-5G обеспечивает условия быстрого замораживания. Значения коэффициента теплоотдачи (α) определяли с использованием уравнения Ньютона – Рихмана. Пример полученных графических зависимостей вида $\alpha = f(\tau)$ приведен на рисунке 7.

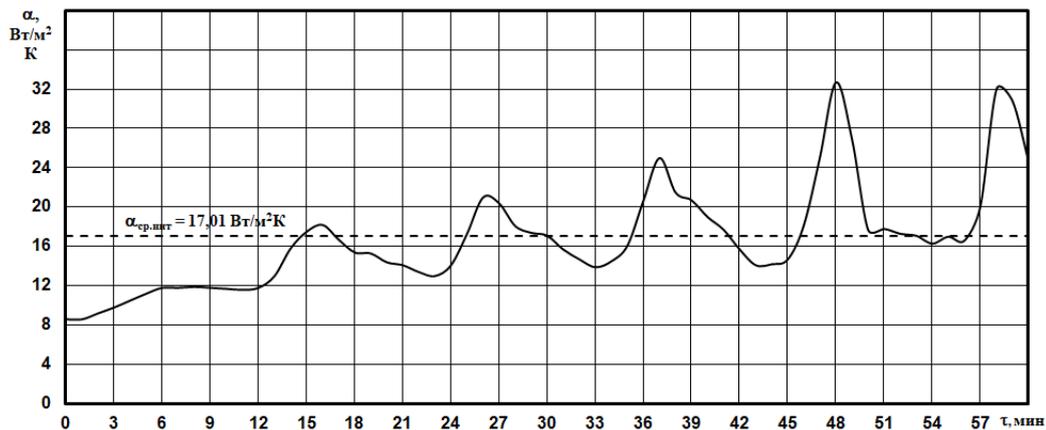


Рисунок 7. Зависимость коэффициента теплоотдачи $\alpha = f(\tau)$ при замораживании образцов теста из пшеничной муки с ягелем толщиной $\delta=0,04$ м, диаметром $d=0,09$ м при температуре воздуха $t_b=-40$ °С и скоростью его циркуляции $\omega_b = 1$ м/с

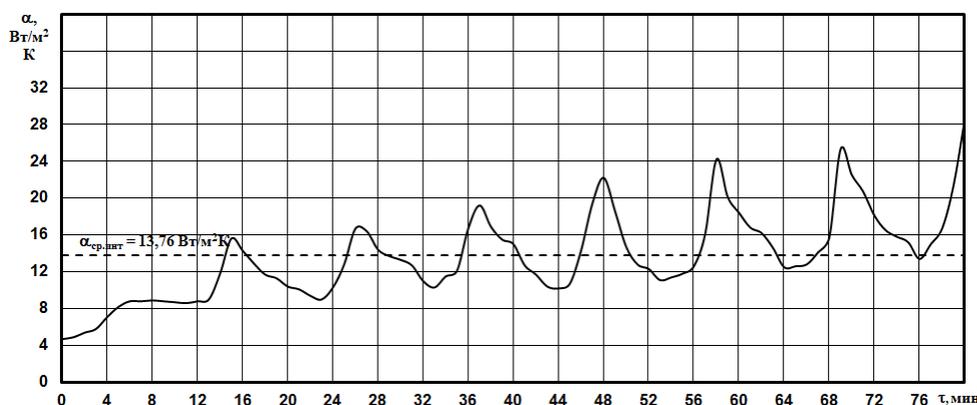


Рисунок 8. Зависимость коэффициента теплоотдачи $\alpha = f(\tau)$ при замораживании образцов полуфабриката высокой степени готовности хлеба формового ржано-пшеничного с ягелем толщиной (высотой) $\delta = h = 0,07$ м, длиной $l = 0,1$ м, шириной $b = 0,1$ м при температуре воздуха $t_b = -40$ °С и скорости его циркуляции $\omega_b = 1$ м/с

Для определения теплофизических характеристик исследуемых образцов использованы универсальные уравнения, разработанные А.М. Бражниковым и Э.И. Каучешвили. Уравнения позволяют аналитическим методом с достаточной точностью определить основные ТФХ продукта, опираясь на ранговые уровни его влажности (W , %) и жирности (F , %) (Антонов, 2002; Алмаши, 1981; Кульп, 2005).

Таблица 3. Основные теплофизические характеристики исследуемых образцов

Наименование образца	, %	$t_{кр}$, °С	ρ , кг/м ³	Теплоемкость, Дж/кгК		Теплопроводность, Вт/мК		Удельная теплота, Дж/кг		
				$C_{охл}$	$C_{зам}$	$\lambda_{охл}$	$\lambda_{зам}$	$q_{охл}$	$q_{зам}$	$q_{дом}$
тесто из пшеничной муки с добавл	4	4	1013	2345	1554	0,426	0,695	61970	114302	21756

ением ягеля										
тесто из ржано- пшени- чной муки с добав- лением ягеля	7	5	006	219	510	,408	,638	9913	13374	9630
хлеб формо- вой ржано- пшени- чный с ягелем 85% степен и готовн ости	5	3,5	1010	2303	1540	0,42	0,676	61030	121075	22330
хлеб формо- вой пшени- чный с ягелем 85% степен и готов- ности	3,5	5	1014	2366	1562	0,429	0,705	66248	104932	20306

Для оценки достоверности полученных результатов экспериментальных исследований, основные параметры процесса (α , τ) определяли расчетным путем (таблица 4).

Таблица 4. Результаты сравнения расчетных и экспериментальных значений основных параметров замораживания исследуемых образцов

Параметр	Наименование образца	Толщина δ , м	Значение		Погрешность Δ , %
			экспериментальное	расчетное	
α , Вт/м ² К	тесто из пшеничной муки	0,04	16,42	17,63	6,9
	тесто из пшеничной муки с добавлением ягеля	0,04	17,01	17,63	3,5

	тесто из ржано-пшеничной муки с добавлением ягеля	0,04	16,11	17,63	8,6
	тесто для сдобной булочки со сливочным маслом и ягелем	0,04	16,91	17,63	4,1
	хлеб формовой ржано-пшеничный с ягелем 85% степени готовности	0,07	13,76	14,29	3,7
	хлеб формовой пшеничный с ягелем 85% степени готовности	0,1	11,94	12,51	4,6
τ, мин	тесто из пшеничной муки	0,04	30,5	32,75	6,8
	тесто из пшеничной муки с добавлением ягеля	0,04	35,5	33,64	5,2
	тесто из ржано-пшеничной муки с добавлением ягеля	0,04	31,0	33,87	8,4
	тесто для сдобной булочки со сливочным маслом и ягелем	0,04	28,5	30,12	5,4
	хлеб формовой ржано-пшеничный с ягелем 85% степени готовности	0,07	59,0	57,1	3,2
	хлеб формовой пшеничный с ягелем 85% степени готовности	0,1	90,5	94,35	4,1

Общая оценка полученных результатов сравнения показала расхождение между расчетными и экспериментальными величинами по коэффициентам теплоотдачи (α) и по продолжительности процесса (τ) – в среднем на уровне от 3,5 до 8,5 %, что не превышает принятых в инженерной практике допустимых значений $\Delta \leq 10 \div 12\%$. Это свидетельствует о достоверности полученных экспериментально параметров замораживания образцов теста и хлеба рассматриваемого ассортимента, а также подтверждает работоспособность предложенных методик расчета (α) и (τ) для условий организации процесса, аппаратом шокового замораживания Polair CR-5G.

Отметим, что полученный интервал коэффициентов теплоотдачи (α) на уровне 12÷18 Вт/м²К относится к условиям вынужденного конвективного теплообмена со слабой циркуляцией воздуха, характерным для камерного способа замораживания и при применении скороморозильных аппаратов периодического принципа действия (стеллажные, тележечные, люлечные) (Краус, 2004; Лабутина, 2005; Венгер, 2002; Венгер, 2001).

Заключение

Благодаря проведенному анализу впервые получены данные о теплофизических свойствах тестовых заготовок и полуфабриката хлеба высокой степени готовности (85%) из ржано-пшеничного и пшеничного теста, обогащенного ягелем.

В процессе исследований решены следующие задачи:

- создан экспериментальный стенд на базе аппарата шокового замораживания Polair CR-5G;
- разработана методика экспериментальных исследований основных параметров процесса замораживания тестовых заготовок различной степени готовности;
- определена продолжительность замораживания ($\tau_{\text{эксп}}$) опытных образцов, средняя ($\omega_{\text{ср}}$) и линейная ($\omega_{\text{л}}$) скорости замораживания (кристаллизации), коэффициент теплоотдачи (α) и его среднее интегральное значение ($\alpha_{\text{ср.инт}}$);
- разработаны рациональные режимы замораживания, на базе модельного системного расчета параметров процесса (α , τ);
- проведена комплексная оценка полученных результатов исследований.

Список литературы

1. Алмаши Э., Эрдели Л., Шарой Т. Быстрое замораживание пищевых продуктов: Пер. с венг. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. 408 с.
2. Антонов А.А., Бобков А.В., Венгер К.П., Пчелинцев С.А. Классификация пищевых продуктов для унификации расчетов холодильного оборудования. М.: Мясная индустрия, 2002. № 5. С. 45-46.
3. Антонов А.А., Венгер К.П. Азотные системы хладоснабжения для производства быстрозамороженных пищевых продуктов: монограф. Рязань: Узорочье, 2002. 205 с.
4. Белявская И.Г., Лабутина Н.В., Балыхин М.Г., Юркина К.С., Никифорова Д.С., Матвеева И.В. Технологические аспекты криогенных технологий хлебобулочных изделий с использованием Carbo activatus // Пищевая промышленность. 2019. №3.
5. Венгер К.П., Выгодин В.А. Машинная и безмашинная системы хладоснабжения для быстрого замораживания пищевых продуктов. М.: Узорочье, 1999. 144 с.
6. Венгер К.П., Мотин В.В., Стефанова В.А., Феськов О.А. Расчет и компоновка воздушного скороморозильного аппарата со спиральным конвейером: метод. ук. М.: МГУПБ, ООО «Полисувенир», 2005. 28 с.
7. Венгер К.П., Мотин В.В., Феськов О.А. Расчет технологического оборудования: аппаратов непрерывного действия для быстрого замораживания пищевых продуктов. М.: МГУПБ, ООО «Полисувенир», 2001. 30 с.
8. Венгер К.П., Ручьев А.С., Феськов О.А. Исследование процесса быстрого замораживания пищевых продуктов в трехзонном азотном аппарате. М.: Вестник МАХ, 2001. Вып. 2. С.36-37.
9. Венгер К.П., Антонов А.А. Перспективные направления совершенствования процесса и оборудования быстрого замораживания пищевых продуктов // Холодильный бизнес. 2002. № 2. С. 40-42.
10. Голянд М.М., Малеванный Б.Н. Холодильное технологическое оборудование. М.: Пищевая промышленность, 1997. 335 с.
11. Голянд М.М., Малеванный Б.Н., Печатников М.З., Плотников В.Т.: сб. пр. расч. и лаб. работ по курсу «Холодильное технологическое оборудование». М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. 168 с.
12. Краус С., Аджигитов J.I., Люнина Е. Глубокая заморозка перспективная технология в хлебопечении // Хлебопродукты. 2005. № 7. С. 38-39.
13. Лабутина Н.В. Ржано-пшеничный хлеб из замороженных полуфабрикатов // Хлебопродукты. 2004. № 12. С.30-32.
14. Лабутина Н.В. Технология производства хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов: монограф. Смоленск: Универсум, 2004. 236 с.

15. Производство изделий из замороженного теста. Под ред. К. Кульп, К. Лоренц, Ю. Брюммер. Пер. с англ. под общ. ред. И.В. Матвеевой. СПб.: Профессия, 2005. 288 с.
16. Рощина Е.В., Григорьева Р.З., Баранец С.Ю., Давыденко Н.И., Куракин М.С. Шоковая заморозка булочных изделий с использованием нетрадиционного растительного сырья на предприятиях общественного питания // Техника и технология пищевых производств. 2020. № 3.
17. Стрелюхина А.Н., Мачихин С.А. Риск-ориентированный подход при создании и совершенствовании технологических систем пищевых производств // Пищевая промышленность. 2013. № 5. С. 26-29.
18. Стрелюхина А.Н., Мачихин С.А., Васильев А.М. Системное обеспечение качества и безопасности продуктов питания на примере хлебопекарной продукции // Пищевая промышленность. 2014. № 7. С. 8-11.
19. Чижов Г.Б. Теплофизические процессы в холодильной технологии пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность. 1979. 270 с.

Investigation of the parameters of the freezing process of dough blanks and bakery products of various degrees of readiness

Alexey V. Iyalin

Independent researcher
Russian University of Biotechnology
Moscow, Russia
Novikova@mgupp.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Oleg A. Feskov

Independent researcher
Russian University of Biotechnology
Moscow, Russia
FeskovOA@mgupp.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Alla N. Strelyukhina

Independent researcher
Russian University of Biotechnology
Moscow, Russia
StrelyukhinaAN@mgupp.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Zhanna V. Novikova

Independent researcher
Russian University of Biotechnology
Moscow, Russia
zh.novikova@mail.ru
ORCID 0000-0001-8652-4777

Received 04.11.2023

Accepted 22.12.2023

Published 15.02.2024

UDC 664.6
EDN HCWRRF
VAK 4.3.3. Food systems (technical sciences)
OECD 02.11.JY FOOD SCIENCE & TECHNOLOGY

Abstract

The purpose of this work was experimental studies of the parameters of the rapid freezing process of dough blanks made of wheat flour and rye-wheat mixture enriched with yagel. The article presents experimental studies of the parameters of the rapid freezing process of dough blanks made of wheat flour and rye-wheat mixture enriched with yagel. The thermophysical characteristics of dough blanks and semi-finished bread of a high degree of readiness are determined. The research was carried out on a laboratory experimental installation based on the Polair CR-5G shock freezing device. In the course of the research, the values of the temperature field, the heat flux of the frozen samples, the temperature and speed of cooling air circulation, the average speed and duration of freezing were obtained. The reliability of the obtained results was assessed. The study of thermophysical processes occurring during freezing, cryo storage and defrosting of dough and semi-finished bakery products of a high degree of readiness has theoretical and practical significance for the development of technology for the preparation of bakery products using shock freezing. The obtained research results were used to determine the rational modes of technological processes, the development of scientifically sound technological solutions for the creation of technology for the preparation of bakery products from frozen semi-finished products.

Keywords

dough pieces, freezing, thermophysical properties, physico-chemical properties, enriched bakery products.

References

1. Almashi E., Erdeli L., Sharoy T. Fast freezing of food products: Trans. from veng. M.: Light and food industry, 1981. 408 p
2. Antonov A.A., Bobkov A.V., Wenger K.P., Pchelintsev S.A. Classification of food products for the unification of calculations of refrigeration equipment. M.: Meat industriya, 2002. № 5. С. 45-46.
3. Antonov A.A., Wenger K.P. Nitrogen cooling systems for the production of quick-frozen food products: monograph. Ryazan: Uzoroche, 2002. 205 p.
4. Belyavskaya I.G., Labutina N.V., Balykhin M.G., Yurkina K.S., Nikiforova D.S., Matveeva I.V. Technological aspects of cryogenic technologies of bakery products using Carbo activatus // Food industry. 2019. № 3.
5. Wenger K.P., Vygodin V.A. Machine and machine-less cooling systems for fast freezing of food products. M.: Uzorechye, 1999. 144 p.
6. Wenger K.P., Motin V.V., Stefanova V.A., Feskov O.A. Calculation and layout of an air defrosting device with a spiral conveyor: method. uk. M.: MGUPB, LLC Polisuvenir, 2005. 28 p.
7. Wenger K.P., Motin V.V., Feskov O.A. Calculation of technological equipment: continuous-acting devices for fast freezing of food products. Moscow: MGUPB, Polisuvenir LLC, 2001. 30 p.
8. Wenger K.P., Ruchev A.S., Feskov O.A. Investigation of the process of rapid freezing of food products in a three-zone nitrogen apparatus. M.: Vestnik MACH, 2001. Iss. 2. С.36-37.
9. Wenger K.P., Antonov A.A. Promising directions for improving the process and equipment of rapid freezing of food products // Refrigeration business. 2002. № 2. pp. 40-42.
10. Golyand M.M., Malevanny B.N. Refrigerating technological equipment. M.: Food industry, 1997. 335 p.
11. Golyand M.M., Malevannyj B.N., Pechatnikov M.Z., Plotnikov V.T.: sat., rasch. and lab. works on the course «Refrigeration technological equipment». M.: Light and food industry, 1981. 168 p.

12. Kraus S., Akzhigitov J.I., Lunina E. Deep freezing perspective technology in bakery // Bread products. 2005. № 7. pp. 38-39.
13. Labutina N.V. Rye-wheat bread from frozen semi-finished products // Bread products. 2004. № 12. pp.30-32.
14. Labutina N.V. Technology of production of bakery products from frozen semi-finished products: monograph. Smolensk: Universum, 2004. 236 p
15. Production of frozen dough products. Edited by K. Kulp, K. Lorenz, Y. Brummer. Translated from English. under the general editorship of I.V. Matveeva. St. Petersburg: Profession, 2005. 288 p.
16. Roshchina E.V., Grigorieva R.Z., Baranets S.Yu., Davydenko N.I., Kurakin M.S. Shock freezing of bakery products using non-traditional vegetable raw materials at public catering enterprises // Technique and technology of food production. 2020. № 3.
17. Strelyukhina A.N., Machikhin S.A. Risk-oriented approach in the creation and improvement of technological systems of food production // Food industry. 2013. № 5. pp. 26-29.
18. Strelyukhina A.N., Machikhin S.A., Vasiliev A.M. Systemic quality assurance and food safety on the example of bakery products // Food industry. 2014. № 7. pp. 8-11.
19. Chizhov G.B. Thermophysical processes in food refrigeration technology. M.: Food industry. 1979. 270 p.