

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ»**

На правах рукописи

**ГЕРАСИМОВА ЭЛЛА ОЛЕГОВНА**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЖАНО-ПШЕНИЧНОГО  
ХЛЕБА ИЗ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ВЫСОКОЙ  
СТЕПЕНИ ГОТОВНОСТИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ПАРАМЕТРОВ ВЫПЕЧКИ**

Специальность 05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных, продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства

**ДИССЕРТАЦИЯ**  
на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:  
доктор технических наук, профессор  
**Лабутина Наталья Васильевна**

Москва – 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	6
<b>1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	12
1.1 Основные направления развития технологии хлеба и хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов.....	12
1.2 Анализ процессов и основных закономерностей, происходящих при выпечке хлеба.....	21
1.3 Научные и практические аспекты криохранения и размораживания полуфабрикатов хлебопекарного производства .....	35
Заключение по обзору литературы.....	40
<b>2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ</b> .....	42
2.1 Сырьё и материалы, применявшиеся при проведении исследований .....	46
2.2 Методы исследований, применявшиеся в работе .....	46
2.2.1 Методы исследования свойств сырья .....	46
2.2.2 Методы приготовления теста и хлеба.....	47
2.2.3 Методы оценки качества готового хлеба.....	50
2.2.4 Метод исследования процесса прогрева ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности .....	51
2.2.5 Специальные методы исследования.....	53
2.2.6 Методы математической обработки экспериментальных данных .....	54
2.3 Характеристики сырья, применявшегося в работе .....	55
2.4 Результаты исследований и их анализ .....	59
2.4.1 Исследование влияния параметров выпечки на изменение теплофизических характеристик тестовых заготовок, предназначенных для приготовления замороженных формовых ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности и качество хлеба .....	59

2.4.1.1 Влияние температуры пекарной камеры на процесс прогрева тестовых заготовок, предназначенных для приготовления замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности.....	59
2.4.1.2 Исследование влияния продолжительности выпечки на процесс прогрева тестовых заготовок, предназначенных для приготовления замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности .....	63
2.4.1.3 Исследование влияния режимных параметров выпечки на качество формового ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности .....	65
Заключение по разделу 2.4.1 .....	71
2.4.2 Исследование влияния соотношения ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта на изменение теплофизических характеристик тестовых заготовок, предназначенных для приготовления замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности и качество хлеба.....	72
2.4.2.1 Влияние температуры пекарной камеры на процесс прогрева тестовых заготовок с различным соотношением ржаной и пшеничной муки, предназначенных для приготовления полуфабрикатов высокой степени готовности .....	72
2.4.2.2 Исследование влияния продолжительности выпечки на процесс прогрева тестовых заготовок с различным соотношением ржаной и пшеничной муки, предназначенных для приготовления замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности .....	75
2.4.2.3 Исследование влияния режимных параметров выпечки на качество формового ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности .....	76
Заключение по разделу 2.4.2.....	78
2.4.3 Исследование влияния параметров двухстадийной выпечки на изменение теплофизических характеристик тестовых заготовок, предназначенных для	

приготовления замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности и качество хлеба.....	79
2.4.3.1 Влияние температуры пекарной камеры при двухстадийной выпечке на процесс прогрева тестовых заготовок, предназначенных для приготовления ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности .....	79
2.4.3.2 Исследование влияния продолжительности двухстадийной выпечки на процесс прогрева тестовых заготовок, предназначенных для приготовления замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности	82
2.4.3.3 Исследование влияния режимных параметров двухстадийной выпечки на качество формового ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности.....	84
Заключение по разделу 2.4.3 .....	86
2.4.4 Исследование влияния добавления жировых продуктов и муки из семян чиа на изменение теплофизических характеристик тестовых заготовок, предназначенных для приготовления замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности и качество хлеба.....	88
2.4.4.1 Исследование влияния дозировки жировых продуктов и муки из семян чиа на качество формового ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности.....	88
2.4.4.2 Влияние жировых продуктов и муки из семян чиа на процесс прогрева тестовых заготовок, предназначенных для приготовления замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности .....	100
2.4.4.3 Влияние продолжительности криохранения полуфабрикатов высокой степени готовности на качество формового ржано-пшеничного хлеба.....	111
Заключение по разделу 2.4.4 .....	115
2.4.5 Исследование процесса прогрева тестовых заготовок, предназначенных для приготовления ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, электроконтактным способом энергоподвода .....	117

2.4.5.1 Исследование электро- и теплофизических процессов, протекающих при электроконтактном нагреве тестовых заготовок, предназначенных для приготовления замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности .....	117
2.4.5.2. Определение готовности формового ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности .....	129
Заключение по разделу 2.4.5 .....	140
2.4.6 Построение теплофизической модели процесса выпечки ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности.....	141
Заключение по разделу 2.4.6. ....	149
2.5 Опытно-промышленная апробация и определение экономической эффективности разработанной технологии формового ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности .....	151
Выводы .....	157
Список литературы .....	160
Список сокращений .....	176
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	177
ПРИЛОЖЕНИЕ I. Акт опытно-промышленной апробации .....	178
ПРИЛОЖЕНИЕ II. Технические условия.....	203

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Одной из перспективных технологий хлебопекарной промышленности является технология хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, позволяющая предприятиям любой мощности оперативно реагировать на потребности рынка, иметь пополняемый запас продукции в ассортименте, а также имеет стратегическое значение.

Выпечка является завершающей стадией приготовления хлеба, при которой происходят сложные теплофизические, биохимические, микробиологические, коллоидные процессы, вызывающие изменение качества готового изделия. Изучению процесса прогрева и моделированию параметров выпечки хлеба из замороженных полуфабрикатов до сих пор посвящены лишь немногочисленные работы, хотя отдельные аспекты этой технологии исследованы.

В научно-технической литературе недостаточны сведения о функциональных свойствах нетрадиционных видов сырья, обладающих криопротекторными свойствами для получения ржано-пшеничного хлеба хорошего качества из замороженных полуфабрикатов и влиянии режимов выпечки на готовность хлебобулочных полуфабрикатов.

Представленная работа направлена на разработку теоретического обоснования и научно-практических рекомендаций по совершенствованию технологии ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности на основе моделирования параметров выпечки.

Поэтому данное направление исследований является актуальным для хлебопекарной промышленности.

**Степень разработанности темы.** Разработке технологии хлебобулочных изделий с использованием замороженных полуфабрикатов посвящены научные работы отечественных и зарубежных исследователей: *Р.Д. Поландовой И.В. Матвеевой, Н.В. Лабутиной, Н.В. Кенийз, Н.В. Сокол, О.А. Суворова, К. Lorenz, W. Bushuk, M. E. Bárcenas, C. M. Rosell* и др. Основные закономерности процесса

прогрева хлеба были разработаны и сформулированы *Л.Я. Ауэрманом, А.В. Лыковым, А.С. Гинзбургом, И.И. Маклюковым, В.И. Маклюковым, А.А. Михелевым, А.Т. Лисовенко, В.А. Брязуном, В.Я. Черных*. Исследования комплекса биотехнологических и теплофизических процессов, происходящих при замораживании, криохранении и размораживании полуфабрикатов позволят обеспечить высокое качество хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности.

**Цель и задачи исследования.** Целью исследований является разработка теоретического обоснования и научно-практических рекомендаций по совершенствованию технологии ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности на основе моделирования параметров выпечки.

Для реализации поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- исследование влияния температуры пекарной камеры и продолжительности выпечки на процесс прогрева ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности;
- исследование влияния соотношения ржаной и пшеничной муки и добавления жировых продуктов, муки из семян чиа при выпечке на процесс прогрева ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности;
- исследование влияния температуры пекарной камеры при двухстадийной выпечке на процесс прогрева ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности;
- определение готовности формового ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности;
- построение теплофизической модели процесса выпечки ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности;

- опытно-промышленная апробация и определение экономической эффективности разработанной технологии формового ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности.

**Научная новизна.** Диссертационная работа содержит научную новизну в соответствии с п. 3, 4 и 7 паспорта научной специальности 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства».

Определены зависимости влияния соотношения ржаной и пшеничной муки, добавления рецептурных компонентов на протекание теплофизических процессов при выпечке, которые обеспечивают формирование оптимальной криотропной структуры ржано-пшеничных полуфабрикатов и получение хлеба высокого качества.

Установлены зависимости изменения температуры внутренних слоёв выпекаемой тестовой заготовки от продолжительности при двухстадийной выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности.

Установлена температура перехода теста в мякиш и начало протекания коллоидных процессов при выпечке формового ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности в зависимости от рецептуры.

Установлено, что критерием готовности формового ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности является минимальное количество свободной влаги в изделии, которое зависит от продолжительности выпечки.

Построена теплофизическая модель процесса выпечки формового ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, позволяющая устанавливать рациональные режимы прогрева в зависимости от соотношения ржаной и пшеничной муки в смеси и рецептурных ингредиентов. Основываясь на результатах теплофизической модели процесса выпечки, можно прогнозировать и обеспечивать качество выпекаемого ржано-пшеничного хлеба из



замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, создаваемого тепловыми режимами.

**Теоретическая значимость работы.** Проведённые исследования позволяют: расширить теоретические знания в области процесса прогрева ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности; позволяющие обосновать влияние тепловых режимов и продолжительности выпечки на качество готового хлеба.

Результаты исследований и научные выводы использованы в учебном процессе ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств» при реализации образовательных программ по направлениям подготовки бакалавров 19.03.02 и магистров 19.04.02 «Продукты питания из растительного сырья».

**Практическая значимость работы.** На основе выполненных исследований разработан и научно обоснован рациональный режим выпечки ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, в основе которого лежит зависимость между теплофизическими и физико-химическими свойствами выпекаемой тестовой заготовки и параметрами процесса выпечки.

Определена температура начала перехода теста в мякиш при выпечке формового ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности в зависимости от рецептуры, которая лежит в пределах от  $(67,5 \pm 0,5)$  до  $(77,5 \pm 0,5)$  °С, что позволяет получить изделия высокого качества.

Разработан рациональный двухстадийный режим выпечки формового ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, обеспечивающий получение поверхностного слоя мякиша-корки толщиной 4–6 мм с учетом минимального содержания свободной влаги в материале.

Проведены опытно-промышленные испытания рационального двухстадийного режима выпечки ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности на АО «Кондитерско-булочный комбинат «Черемушки».

Разработана техническая документация на новый вид замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности и готовых изделий из них «Любительские» (ТУ 10.71.11–043–020680634–2021).

**Методология и методы исследования.** Методологической основой являются исследования, направленные на изучение процесса прогрева при выпечке ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности при использовании различных рецептур и режимов выпечки. Методология исследования основана на изучении теплофизических зависимостей, полученных при выпечке хлеба с использованием медь-константановых термопар, соединенных с устройством S-Recorder L. Выпечки ржано-пшеничных полуфабрикатов и ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности производились радиационно-конвективным способом.

**Положения, выносимые на защиту:**

- экспериментальное обоснование режимных параметров выпечки ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности в зависимости от соотношения ржаной и пшеничной муки, добавления жировых продуктов, муки из семян чиа;
- совокупность экспериментальных данных по влиянию режима выпечки ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности на показатели качества готовых изделий;
- теплофизическая модель процесса выпечки ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности.

**Степень достоверности результатов.** Достоверность полученных результатов подтверждена современными методами анализа и обработки экспериментальных данных с помощью программы Microsoft Office Excel, а также в производственных условиях.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы были представлены на: Научной конференции с международным участием «Развитие пищевой промышленности России: кадры и наука» (Москва, 2017 г.); Научно-

практической конференции «Продукты переработки зерна: технологии, безопасность, качество» (Москва, 2019 г.); Международной научно-практической молодежной конференции, посвящённой памяти Р.Д. Поландовой «Пищевые технологии будущего: инновационные идеи, научный поиск, креативные решения» (Москва, 2019 г.); VI Международной научно-практической конференции «Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века» (Краснодар, 2019 г.); VI Национальной научной конференции "Инновации в технологии продуктов здорового питания" (Балтийский морской форум, Калининград, 2019 г.); VI Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство» (посвящённой 90-летию технологического факультета ФГБОУ ВО ВГУИТ, Воронеж, 2019 г.); IV международной конференции «Качество зерна, муки и хлеба» (Москва, 2019 г.); VII Международной научно-практической конференции «Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века» (Краснодар, 2021 г.).

**Публикации.** Основные результаты исследований опубликованы в 12 печатных работах, в том числе 6 – в научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, и 1 – в международном журнале с открытым рецензированием.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, выводов, списка используемой литературы, приложения. Работа изложена на 176 страницах основного текста, включает 74 рисунка и 27 таблиц. Список литературы состоит из источников российских и зарубежных авторов.

## 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Рассмотрены и систематизированы сведения, имеющиеся в научно-технической литературе по технологии хлеба и хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов. Освещены существующие технологии. Подробно рассмотрены вопросы особенностей выпечки ржаного и ржано-пшеничного хлеба. Представлены и проанализированы научно-практические аспекты криохранения и размораживания полуфабрикатов хлебопекарного производства, а также описаны факторы, влияющие на качество готовых изделий. Отражены перспективы использования криопротекторов в технологии хлеба и хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов.

### 1.1 Основные направления развития технологии хлеба и хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов

В настоящее время не уменьшается интерес к современным направлениям, использующим технологии хлеба и хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов. Одним из основных факторов, повлиявшим на внедрение производителями хлебобулочных изделий данных технологий – это увеличение спроса со стороны потребителей на мелкоштучную сдобную, национальную и другую продукцию, учитывающую современный потребительский рынок хлебобулочных изделий [93]. Учитывая, что расходуются они малыми объемами и необходимы в первую очередь для привлечения клиентов и поддержания ассортимента, производители столкнулись с проблемами нерационального использования оборудования из-за его неполной загрузки, поиском необходимой упаковки и материалов для неё и соответственно ростом себестоимости выпускаемой продукции. Частичным решением, для выхода из данной ситуации, стало внедрение современных технологий хлеба и хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов в производстве хлебобулочных изделий.

Технология хлеба и хлебобулочных изделий на основе замороженных полуфабрикатов является одним из успешно развивающихся направлений в хлебопекарной промышленности Российской Федерации [1, 44, 57, 59, 72, 100,

106].

Применение криогенных технологий в хлебопечении позволяет сохранять хлебобулочное изделие без изменений структуры и химического состава. Данные технологии основаны на свойствах замерзания жидкости, молекулы которой при понижении температуры кристаллизуются. При этом образующиеся кристаллы льда имеют одинаковый размер с молекулами воды [18]. Это позволяет не разрушаться структуре продукта после разморозки и сохранять [18] все полезные свойства [18, 92, 93, 120].

Действительно, технологии хлеба и хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов, несмотря на увеличение издержек на замораживание и хранение продукции (от 15 до 30 %) [18], имеют множество преимуществ перед традиционными способами производства и хранения хлебобулочных изделий [18]. Перечислим основные из них:

- продление срока годности [18] продукта;
- возможность транспортировки продукта на любые расстояния в замороженном виде без потери [18] его качественных характеристик;
- простота и надежность изготовления;
- регулирование колебаний спроса за счет запаса длительного хранения;
- снижение издержек на возврат непроданной продукции;
- отсутствие необходимости иметь большие площади для производства и хранения [18] продукта.

Замораживание хлебобулочных изделий возможно тремя основными способами:

- 1 способ - замораживание тестовых заготовок;
- 2 способ - замораживание частично выпеченных изделий;
- 3 способ - замораживания готовых изделий.

Считается, что производство замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности [18] является более перспективным направлением, которое позволяет [70] поставщику хлеба обеспечивать рынок продукцией стабильно

высокого качества, а потребителю всегда иметь у себя на столе вкусный и свежий продукт [18].

Существует множество современных методов замораживания пищевых продуктов с использованием давления, ультразвука, гидрофлюидизации и перекачки суспензий льда, а также множество способов размораживания [112, 135].

Исследуем основные этапы замораживания хлебобулочных изделий. На первом этапе производства методом шокового замораживания, с дальнейшим прерыванием расстойки, важно соблюдать определенные технологические требования при приготовлении теста:

- для формирования оптимально развитого клейковинного каркаса теста должен быть произведён его интенсивный замес, что способствует лучшему сохранению формы и удержанию газа [18];

- для замедления процессов брожения замес теста нужно производить до температуры 12–14 °С [18];

- при замесе теста необходимо несколько уменьшить количество добавляемой воды для получения более крепкой консистенции [48, 68]

Второй этап – этап замораживания хлеба. На скорость замораживания существенное влияние оказывает интенсивность теплоотвода. Результатом интенсивной теплоотдачи с поверхности является быстрое понижение температуры последовательно во всех слоях хлеба. После вымерзания определенного количества воды в предыдущих слоях начинается кристаллизация воды в следующих слоях. В каждом следующем слое начинается льдообразование, сопровождаемое снижением температуры. Граница раздела «лед–вода» перемещается к центру мякиша хлеба и повышает его влажность [18].

Проведенными исследованиями было установлено, что уже через 40 мин после начала вымораживания наличие влаги в поверхностном слое составляет около 80 %, в то время как на глубине 1,6 см только начинается процесс льдообразования. По истечению 100–120 мин., после начала замораживания, интенсивное вымораживание наблюдается в центре хлеба [18].

Вымораживание большей части воды, находящейся в хлебе, происходит в

интервале температур от  $-3$  до  $-7$  °С. Процесс замораживания в этот период идет с замедленной скоростью. Скорость охлаждения хлеба начинает повышаться только после полного замерзания воды [18]. Исследователями установлено, что скорость замораживания зависит от влажности теста экспоненциально, и оптимальная влажность теста составляет порядка 48-49 % [64–68].

На скорость замораживания хлеба оказывает влияние как температура самого продукта, его масса и рецептура выпекания, так и температура и скорость воздуха в морозильных камерах. Например, температура мякиша хлеба массой 0,8 кг падает с  $+20$  до  $-20$  °С в течение 4 часов. А при температуре  $-18$  °С и скорости воздуха 0,8 м/с продолжительность замораживания сокращается на 8 %, при  $-2,5$  м/с на 23 % по сравнению с замораживанием продукта без циркуляции воздуха. Мелкоштучные булочные изделия могут быть заморожены при температуре  $-18$  °С за 1–3 часа, а хлеб большой массы, при той же температуре, за 3–4 ч. Таким образом, увеличение скорости воздуха способствует сокращению периода прохождения критического диапазона температур, а, следовательно, снижению вероятности получения более черствой продукции. Для сохранения качества хлебобулочных изделий максимальная продолжительность их замораживания не должна превышать 3–5 ч [18].

Замороженные без охлаждения после выхода из печи хлебобулочные изделия отличаются лучшим качеством мякиша, который после размораживания получается более мягким, чем у продукта, замороженного уже в остывшем состоянии [18]. Недостатком данной технологии является большой расход холода, поэтому замораживать изделия с температурой мякиша выше  $40$  °С считается нецелесообразным. Рекомендуется проводить замораживание изделий до температуры ниже  $-7$  °С, при которой прекращается процесс ретроградации крахмала [18].

Быстрое замораживание при температуре от  $-25$  °С до  $-30$  °С с использованием интенсивной циркуляции воздуха в морозильной камере позволяет в меньшей степени нарушать структуру хлебобулочных изделий [18].

В зависимости от скорости замораживания хлеба различают медленный,

быстрый и сверхбыстрый (глубокий) методы замораживания [18].

При медленном методе замораживания (проводится при естественной циркуляции воздуха и температуре до  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), внутренние слои изделия продолжительное время не замерзают, перераспределение влаги сопровождается образованием в межклеточных пространствах крупных кристаллов льда [18].

При быстром методе замораживании (при усиленной циркуляцией воздуха и температуре ниже  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) в условиях интенсивного отвода тепла кристаллы льда образуются в местах естественного распределения влаги, что приводит к образованию мелкокристаллической структуры с большим количеством мелких кристаллов льда, которые равномерно распределяются в продукте [18, 107].

При сверхбыстром (глубоком) методе замораживания (проводится в среде азота при температуре около  $-195\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) происходит образование более мелких кристаллов льда, что не приводит к изменению структуры изделий и не ухудшает его качества при разморозке. Кроме того, замораживание хлебобулочных изделий данным методом позволяет значительно снизить продолжительность этого процесса до 2–8 мин [18].

Рассмотрим основные технологии шоковой заморозки хлебопродуктов используемых большинством производителей.

«Готовые к формованию». При данной технологии, из теста после замеса формируют заготовки с максимально плоской формой для лучшего промораживания и массой от 100 г до 3 кг, после чего заготовки подвергают шоковой заморозке и хранению при температуре  $-18^{\circ}\text{C}$ . Перед началом использования тестовые заготовки в течение 10–20 часов подвергают размораживанию при температуре  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , после чего технологический процесс возобновляется. Положительной стороной данной технологии является возможность изготовления изделий различной формы и добавление в состав продукта различных заквасок и опар. Отрицательной стороной данной технологии - необходимость использования улучшителей клейковины, т.к. для получения более упругой консистенции необходимо уменьшение влажности теста, а это в свою очередь приводит к более низкому выходу теста [18].



Следующая технология - технология замораживание после формования тестовых полуфабрикатов. В профессиональной среде более известна как технология «Cru surgle». Основные преимущества данной технологии:

- возможность выпечки заготовок на точке или пекарне без стадии формования [18];
- нерасстоявшиеся заготовки менее чувствительны к колебаниям температуры хранения;
- нерасстоявшиеся заготовки занимают меньше места, чем расстоявшиеся полуфабрикаты.

Данная технология является более энергозатратной, т.к. предполагает наличие расстойного шкафа для размораживания, что увеличивает энергоемкость процесса и предъявляет более высокие требования к уровню специалиста-технолога. Все это увеличивает финансовые затраты.

«Готовые к выпечке» - технология шоковой заморозки, осуществляемая после окончательной расстойки тестовых заготовок. Срок хранения готовой продукции, полученной данным способом не велик, что и является ее основным недостатком [18, 142].

Многие производители осуществляют процесс прерывания расстойки следующим образом: тестовые заготовки после формования находятся в климатической камере один час при температуре +20 °С, затем в течение 6 часов температура уменьшается до +1 °С. Таким образом наступает фаза прерывания расстойки – погружение в «холодный сон». В последующие шесть часов выпекаемые тестовые заготовки, находятся в расстойном шкафу при температуре от +12 °С до +15 °С, и затем направляются в печь [18]. Следует отметить, что в данной фазе происходит снижение активности дрожжей, вплоть до их полной остановки. В тоже время активность ферментов продолжается, что развивает в тесте особый вкус и аромат [18, 115].

При производстве хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности в качестве криопротекторов используют молочные продукты. Добавление муки чиа в количестве 2 % на

молочной закваске приводит к улучшению качества ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности по физико-химическим и органолептическим показателям и увеличивает срок хранения готовых изделий на 24 часа [18]. Кроме того, при расчете пищевой ценности ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности установлено, что добавление муки чиа от 1 до 5 % приводит к повышению количества белка от 8,2 до 8,3 г, жира от 1,1 до 1,3 г, углеводов от 73,7 до 74 г, энергетической ценности готовых изделий [4, 18, 54, 67, 143].

Предприятия используют следующие виды морозильного оборудования, в зависимости от планируемого объёма производства замораживаемого продукта: шкафы, камеры, туннели [18].

Пекарни небольшой мощности используют морозильные шкафы и камеры с циркуляцией и без циркуляции воздуха. Для ускорения процесса замораживания используют циркуляцию воздуха с применением вентиляторов. Замораживание осуществляется при температурах от  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  и различных скоростях воздуха [18].

Хлебопекарные заводы большой мощности оснащаются непрерывно действующими установками туннельного типа, в которых замораживание хлебобулочных изделий производится при температуре  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  и ниже в условиях интенсивной циркуляции воздуха. Транспортировка продукции при замораживании в морозильном туннеле осуществляется спиральным конвейером [18].

При исследовании современных направлений в развитии криогенных технологий в хлебопечении необходимо отметить такое важное направление, как упаковка замороженных хлебобулочных изделий, основные свойства – это влаго- и воздухополупроницаемость, мягкость, холодоустойчивость, легкость герметичного заклеивания [18].

Для хранения замороженных тестовых полуфабрикатов, используют:

- ориентированный полипропилен (ОПП), который по сравнению с полиэтиленом низкой плотности (ПЭНП) обладает почти двойной прочностью на

растяжение, менее проницаем для кислорода и более стоек при нагревании [18];

- ЛПЭНП (линейный ПЭНП по сравнению с ПЭНП обладает большей прочностью на разрыв и прокол (стойкость к перфорации), более высокой стойкостью к истиранию, что позволяет обеспечить прочность соединений. Но он менее прозрачный и стоит несколько дороже [18];

- Соэкструзионные пленки. Например, ЭВА (этиленвинилацетат и ЛПЭНП) или ЛПЭНП и ПЭВП (полиэтилен высокой прочности).

Замороженные полуфабрикаты хранят при температуре  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Соль и сахар, входящие в состав теста, снижают температуру кристаллизации воды. Следовательно, замерзание воды происходит не при  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  или  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а при  $-(12\div 14)\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Далее, при достижении температуры  $-(18\div 20)\text{ }^{\circ}\text{C}$  и при выборе оптимальной упаковки достигается необходимая стабильность продукции. Продолжительность хранения заготовок может составлять от нескольких суток до нескольких месяцев и будет зависеть от: качества сырья, рецептуры (не рекомендуется хранить тестовые полуфабрикаты больше 3-х месяцев, в состав которых входит сливочное масло, т.к. оно имеет склонность к прогорканию), от соблюдения норм ведения производственного процесса [18]. При транспортировке категорически не допускается даже кратковременные прерывания цепочек холода. Необходимо использовать специальную транспортную тару, чтобы обеспечивать сохранность продукции [18].

Упакованные изделия замораживаются в течение более длительного времени по сравнению с неупакованными. При длительном хранении недопустимо использование неупакованных полуфабрикатов, что приводит к усушке и опасности микробиологического заражения [18, 115]. Главной причиной микробиологической порчи является большое разнообразие микроорганизмов, способных выживать в экстремальных условиях. Для увеличения микробиологической устойчивости используют упаковочные материалы, содержащие наночастицы, либо упаковочные материалы с антимикробными добавками. Широкое применение получили препараты на основе наночастиц серебра, обладающие сильным бактерицидным и фунгицидным действием [18].

Такие добавки имеют широкий спектр действий и резистентность к ним у микроорганизмов еще не выработана. Кроме того, подобные препараты сохраняют свою стабильность при их применении в течение длительного времени. Здесь необходимо сделать оговорку: учитывая способность микроорганизмов быстро адаптироваться к изменениям внешней среды, не существует универсальных средств, обладающих антимикробными свойствами, способных долгое время оставаться активными [37, 105]. Работы, по добавкам в материалы для изготовления упаковки новых антимикробных наночастиц и наноструктур ведутся многими ведущими исследовательскими лабораториями.

Основные требования к упаковке при охлаждении и криохранении продуктов питания и соответственно хлебобулочных полуфабрикатов заключаются в следующем: герметичность, нетоксичность и обладать достаточной механической прочностью, чтобы защитить продукты питания и саму пищу от стрессов при хранении и транспортировке.

В завершении о наметившихся тенденциях в производстве и реализации замороженного хлеба в России. Большинство российских производителей замороженных хлебопродуктов считают, что необходимо выпускать данную продукцию с учётом национальных вкусовых предпочтений потребителей: ржаные и ржано-пшеничные виды хлеба, выпечка с традиционными для местной кухни начинками [18]. В настоящее время, в условиях санкций отечественные производители занимают до 80–90 % рынка замороженного хлеба, а в некоторых ассортиментных сегментах и все 100 %. Многие из ритейлеров, уловив данную тенденцию, в короткие сроки смогли организовать выпечку и реализацию замороженной хлебобулочной продукции в своих хлебных секциях [18]. В результате был отмечен не просто рост продаж, но и повышение лояльности потребителей к сети в целом [18].

В заключении отметим следующее: использование криогенных технологий в хлебопекарной промышленности является сложившимся перспективным трендом и обладает значительным конкурентным преимуществом по сравнению с традиционной технологией производства хлебобулочных изделий [18, 111, 116].

## **1.2 Анализ процессов и основных закономерностей, происходящих при выпечке хлеба**

При выпечке хлеба внутри выпекаемой тестовой заготовки и на ее поверхности возникает сложный комплекс необратимых физических, коллоидных, микробиологических и биохимических процессов [87]. Все эти процессы протекают с разной скоростью под действием прогрева, а также замедляются или прекращаются. Также при выпечке мы наблюдаем изменение агрегатного состояния, сопровождаемое тепломассопереносом и испарением влаги [5, 12, 23].

Продолжительность и интенсивность процессов, протекающих в любом слое выпекаемой тестовой заготовки, зависят от температуры [71]. Скорость протекания процессов зависит от скорости изменения температуры [98] в каждом слое выпекаемой тестовой заготовки. Регулируя температуру, можно управлять процессами, протекающими при выпечке [71], а также качеством хлеба.

Выпекаемые тестовые заготовки прогреваются постепенно, поэтому процессы, происходящие при выпечке, происходят послойно – сначала в наружных слоях, затем во внутренних. Температурное поле внутри ВТЗ является неоднородным и поэтому температура при выпечке в разных слоях повышается с разной скоростью [5, 23, 43]. С большей скоростью повышается температура верхней поверхности, далее скорость уменьшается и становится почти постоянной, что приводит к стабилизации температуры. Температура внутренних слоев тоже повышается, но с меньшей скоростью, также стремящейся к постоянству. Это объясняется капиллярно-пористым строением ВТЗ и высокой влажностью прогреваемого теста-мякиша. Для внутренних слоев температура ограничена температурой насыщения в зависимости от атмосферного давления.

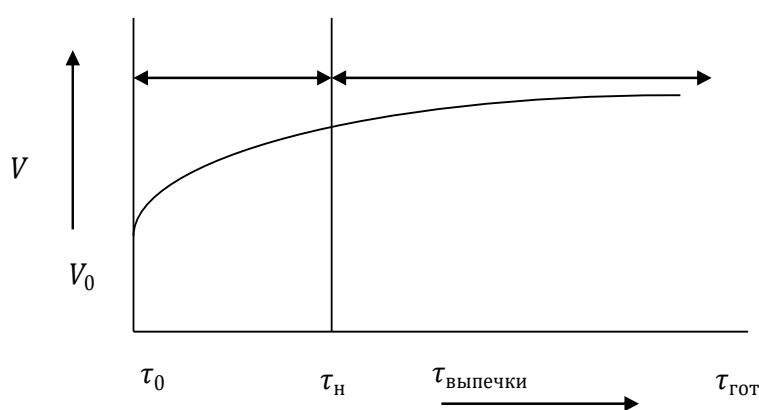
При помещении выпекаемой тестовой заготовки в пекарную камеру она начинает увеличиваться в объеме. Спустя определенное время прирост объема резко замедляется и затем прекращается. Этот объем сохраняется неизменным до конца выпечки. Объем выпеченного изделия на 10–30 % больше объема тестовой заготовки. Увеличение объема происходит в начале процесса выпечки из-за расширения пузырьков воздуха и углекислого газа, находящегося в тесте, а в

результате нагревания отдельных слоев [72] выпекаемых тестовых заготовок до определенной температуры начинается превращение спирта в парообразное состояние. Это приводит к увеличению давления внутри выпекаемой тестовой заготовки и соответственно объема [73, 83, 84, 85].

Поверхностный слой (корка) обезвоживается по двум причинам: испарение влаги в окружающую среду и перемещение влаги внутрь. Влажность основной массы выпекаемой тестовой заготовки (тесто-мякиш) увеличивается примерно на 1–3 %. Состояние влажного материала зависит от разности температур внутри выпекаемой тестовой заготовки в процессе выпечки [97].

Процесс выпечки делится на два этапа по двум причинам: первая – это различная скорость влагоудаления, 1 этап – переменная, 2 – постоянная; вторая – характер изменения объема, 1 этап – объем увеличивается, 2 этап – остается постоянным. Границей двух этапов является процесс образования корки, которая появляется при достижении температуры 100 °С. При выпечке объем ВТЗ сначала резко увеличивается, далее стабилизируется, так как образующаяся корка, которая отлична по реологическим свойствам от мякиша, не позволяет ему растягиваться.

На рис. 1.1 изображен график изменения объема  $V$  от продолжительности выпечки ВТЗ.



$\tau_0$  – начальное время выпечки,  $\tau_H$  – время начала образования корки,

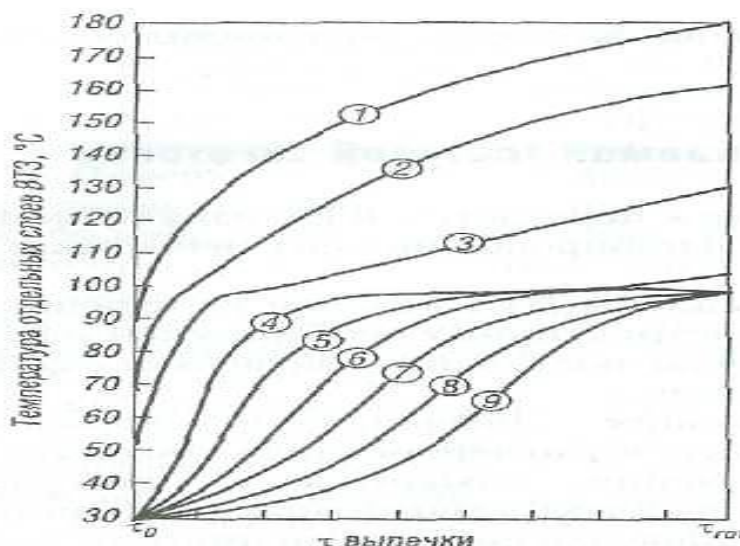
$V_0$  – начальный объем

Рисунок 1.1 – Изменение объема ВТЗ в процессе выпечки

Увеличение объёма в процессе выпечки пшеничного и ржано-пшеничного хлеба различны из-за различия в реологических свойствах мякиша, поэтому необходимо изучить как изменяется высота во время выпечки ржано-пшеничного хлеба, а следовательно, и объём.

По А.С. Гинзбургу изменение давления внутри ВТЗ имеет сложный характер в связи с изменением термодинамического состояния продуктов брожения и изменением структурно-механических свойств теста-мякиша. Это зависит от процесса клейстеризации крахмала и денатурации белка. При денатурации белка увеличение объёма замедляется, с началом образования корки стабилизируется, а к концу выпечки объём ВТЗ уменьшается из-за усадки [5, 23].

Изменение температуры различных слоев выпекаемой тестовой заготовки в процессе выпечки и является основным в процессе образования хлеба [97]. Построение температурных кривых вызывало большой интерес многих исследователей и ученых [5, 11, 12, 23] На основе этих экспериментальных данных построены следующие примерные графики температурных кривых отдельных слоев выпекаемой тестовой заготовки, представленные на рисунке 1.2.



- 1 – верхняя поверхность (корка); 2, 3, 4, 5 – подкорковые слои;  
6, 7, 8 – слои, расположенных между коркой и центром мякиша;  
9 – центральный слой мякиша.

Рисунок 1.2 – График изменения в процессе выпечки температуры отдельных слоев ВТЗ при постоянной температуре (250 °C) в неувлажненной пекарной камере

Из полученных экспериментально температурных полей можно сделать следующие выводы: температура внутренних слоев при выпечке не превышает 100 °С; время окончания выпечки соответствует моменту, когда температура внутренних слоев уравнивается и достигает 100 °С [19]; температура поверхности быстро увеличивается до 100 °С и к концу выпечки достигает примерно 180 °С; в конце процесса выпечки температурные кривые представляют вид изотермических поверхностей параллельных поверхности ВТЗ [5, 23].

На рисунке 1.3 представлены температурные кривые характерные при переменной температуре пекарной камеры, получаемые при выпечке ВТЗ.

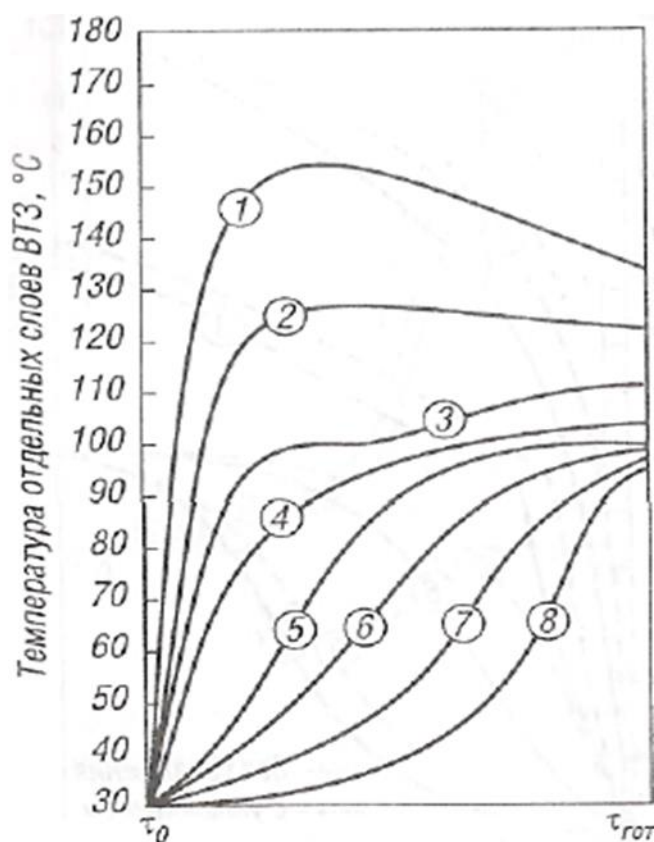


Рисунок 1.3 – График изменения температуры в процессе выпечки ВТЗ при температуре в пекарной камере, снижающейся за период выпечки с 280 °С до 180 °С

Анализируя график, изображённый на рисунке 1.3 и сравнивая его с рисунком 1.2, можно констатировать тот факт, что слои 5, 6, 7, 8, к концу выпечки превращающиеся в мякиш, существенных отличий от их характера при постоянном температурном режиме не установлено. Только скорость нарастания температуры этих слоёв несколько меньше [5, 11, 12, 23].



Все кривые имеют точки перегиба близкой к температуре 60 °С. При данной температуре происходит эндотермический процесс коагуляции белка, который сопровождается клейстеризацией крахмала, после которого происходит переход теста в мякиш. Тесто и мякиш имеют не только разные структурно-механические свойства, но и теплофизические [5, 23].

Продолжительность процесса выпечки оказывает существенное влияние на качество получаемой продукции. Сама же продолжительность зависит от множества факторов – это теплофизические свойства ВТЗ, масса, форма, интенсивность тепловой обработки и способа выпечки [11, 12].

Окончание процесса выпечки устанавливают по результатам измерения температуры в центральной части выпекаемой тестовой заготовки, т.е. в момент готовности изделия температура центра должна соответствовать наибольшей температуре испаряющейся влаги, равной приблизительно 100 °С.

Многими учеными представлены теоретические соотношения, которые определяют продолжительность выпечки, но для практических расчетов они совершенно не пригодны из-за отсутствия практических рекомендаций по [11, 12] вычислению чисел подобия, определяющих размеров выпекаемой тестовой заготовки и теплофизических коэффициентов, которые изменяются в процессе выпечки [3, 13, 23, 62].

Продолжительность выпечки обычно не рассчитывается, а принимается по данным инструкций. Продолжительность выпечки для каждого вида хлебобулочных изделий характеризуется [11, 12] определенным интервалом рекомендуемых значений.

Анализируя температурные кривые, представленные на графиках 1.2 и 1.3, окончание процесса выпечки считали в момент достижения температуры внутренних слоёв 100 °С. Но к этому моменту хлеб еще является неполностью пропеченным.

Для определения продолжительности выпечки нужно искать новые подходы, которые будут учитывать качество производимых хлебобулочных изделий и сырьевые затраты на их производство.

Перенос тепла при выпечке неразрывно связан с массообменном и наоборот, поэтому при рассмотрении процесса выпечки эти два процесса следует рассматривать неразрывно.

Основные законы тепломассопереноса по А.В. Лыкову, выражаются формулами (1.1) и (1.2):

$$q = -\lambda \nabla t + (I_{\text{ж}} + \varepsilon \dot{r}) \dot{q}, \quad (1.1)$$

$$\dot{q} = -\dot{\rho}_0 \nabla I - \dot{\rho}_0 \delta \nabla t, \quad (1.2)$$

где  $q$  – плотность потока тепла, Вт/м<sup>2</sup>;

$\dot{q}$  – плотность общего потока вещества, кг/(м<sup>2</sup> · с);

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м · °С);

$\nabla t$  – градиент температуры, °С/м;

$I_{\text{ж}}$  – энтальпия жидкости, Дж/кг;

$\dot{r}$  – теплота испарения, Дж/кг;

$I_{\text{ж}}$  – градиент влагосодержания, кг/(кг · м);

$\delta$  – термографический коэффициент, кг/(кг · °С);

$\varepsilon$  – критерий фазового превращения [11, 12, 77, 78].

Процитируем А.С. Гинзбурга: «перенос тепла в хлебе-тесте в процессе выпечки в основном обуславливается теплопроводностью твердого скелета каравая и в определенной мере перемещением влаги из поверхностных слоев внутрь каравая» [23] и основной закон переноса тепла при выпечке, описывается формулой (1.3) [11, 12, 23, 24]:

$$q = -\lambda \nabla t + Ij, \quad (1.3)$$

где  $I$  – приведенная энтальпия влаги, перемещающейся внутри тела в виде жидкости и пара, Дж/кг;  $j$  – плотность потока влаги в кг/(м<sup>2</sup> · с) [11,12].

В первом периоде процесса выпечки теплота расходуется на прогрев выпекаемой тестовой заготовки, в процессе переходящая в упругий мякиш. Часть теплоты затрачивается на поверхностное испарение влаги. Во втором периоде выпечки расход теплоты на испарение влаги становится основным.

Полный расход теплоты на выпечку рассчитывается по формуле (1.4) [81, 83, 94]:

$$Q_{\text{вып}} = \frac{[m_{\text{м}}c_{\text{м}}(t_{\text{м}}-t_{\text{Т}})+m_{\text{к}}c_{\text{к}}(t_{\text{к}}-t_{\text{Т}})+m_{\text{к}}c_{\text{к}}(h_{\text{пп}}-h_{\text{вл}})]n_{\text{из}}}{\tau_{\text{вып}}}, \quad (1.4)$$

где  $m_{\text{к}}$  – масса мякиша в составе готовых изделий, кг;

$c_{\text{м}}$  – удельная теплоемкость мякиша, кДж/ (кг · °С);

$t_{\text{м}}$  – температура мякиша по окончании выпечки, °С;

$t_{\text{Т}}$  – температура теста перед выпечкой, °С;

$m_{\text{к}}$  – масса корки у готовых изделий, кг;

$c_{\text{к}}$  – удельная теплоемкость корки, кДж/ (кг · °С);

$t_{\text{к}}$  – ее температура по окончании выпечки, °С;

$m_{\text{ис}}$  – масса испарившейся влаги, кг;

$h_{\text{вл}}$  – удельная энтальпия влаги при температуре теста перед выпечкой, кДж/кг;

$h_{\text{пп}}$  – удельная энтальпия пара, перегретого до температуры среды пекарной камеры, кДж/кг;

$n_{\text{из}}$  – общее количество изделий, выпекаемых в печи [11, 12].

Прогрев характеризуется различными температурами составных частей выпекаемой тестовой заготовки. Использование этой формулы усложнено тем, что при выпечке существует несовпадение теплофизических свойств теста, мякиша и корки, а также возникновением при выпечке комплекса внутренних процессов [11,12], физической, коллоидной, физико-химической и биологической природы.

Прогрев выпекаемой тестовой заготовки характеризуется температурным полем, которое не наблюдается у однородных тел. Температурное поле представляет собой температурные кривые только для центральной области и поверхностного слоя выпекаемой тестовой заготовки, которые получают экспериментальным путем [12]. На рисунке 1.4 представлены температурные кривые ВТЗ хлебобулочных изделий.

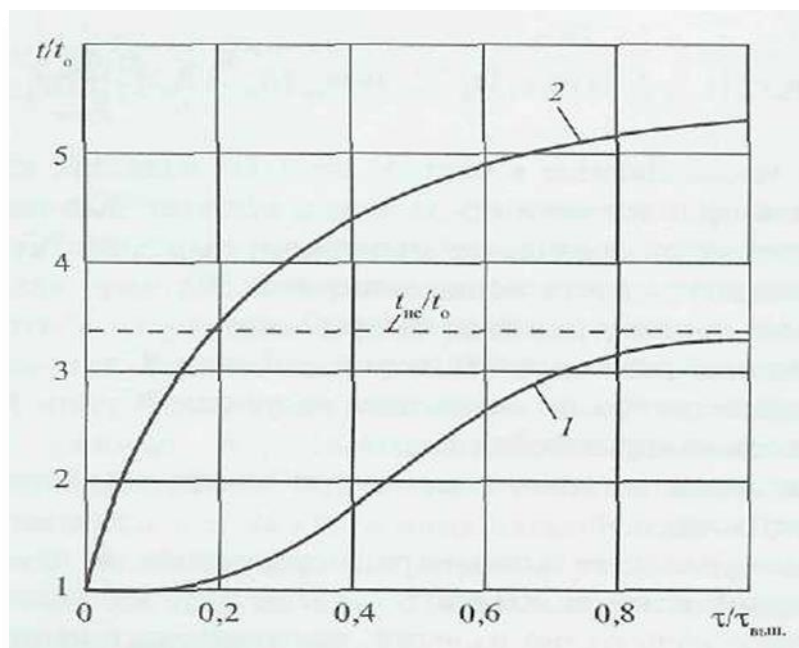


Рисунок 1.4 – Примерные температурные кривые ВТЗ хлебобулочных изделий:

1 – для центральной области ВТЗ; 2 – для их поверхностного слоя

Многие ученые и исследователи, зная закономерности процесса выпечки, ставили задачу по определению аналитическим путем температурного поля выпекаемой тестовой заготовки. Эти работы, основывались на классическом описании температурного поля твердых тел, описывались следующим дифференциальным уравнением согласно формуле (1.5) [43]:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}. \quad (1.5)$$

Коэффициент температуропроводности  $a$  характеризует теплоинерционные свойства выпекаемых заготовок и определяется по формуле (1.6):

$$a = \lambda / (C_{y\partial} \cdot \rho), \text{ м}^2/\text{с}, \quad (1.6)$$

где  $C_{y\partial}$  – удельная теплоемкость, Дж/ (кг · °С);

$\rho$  – плотность материала, кг/м<sup>3</sup>;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/ (м · °С).

В процессе выпечки данные коэффициенты изменяются в зависимости от температуры выпекаемой тестовой заготовки. Коэффициент температуропроводности является физическим параметром вещества, он имеет существенное значения для нестационарного процесса, каким и является выпечка [25, 26].

Решить систему дифференциальных уравнений, описывающую процесс выпечки хлеба, относящийся к нестационарному процессу теплопроводности, пока не удалось из-за несимметричности прогрева выпекаемых тестовых заготовок, непостоянства теплофизических свойств, изменения линейных размеров и объема ВТЗ в процессе выпечки [11, 12].

К определению температурного поля выпекаемых тестовых заготовок многие исследователи подходили, используя теорию подобия физических явлений. Неудобства использования этих уравнений состоит в следующем: закон изменения плотности теплового потока на поверхности ВТЗ изменяется в процессе выпечки.

Не удобны в использовании численные методы интегрирования дифференциальных уравнений для нахождения температурных полей выпекаемой тестовой заготовки, так как для реализации этих методов нужно располагать экспериментальными данными по теплофизическим характеристикам выпекаемых тестовых заготовок в зависимости от продолжительности.

Следовательно, существующие методы аналитического определения температуры выпекаемых тестовых заготовок нуждаются в дополнительном развитии, поэтому температурные кривые, описывающие различные участки поверхности в зависимости от времени выпечки, получают экспериментальным путем. И эти графики будут являться элементарной теплофизической моделью [85, 86].

Основным и наиболее сложным этапом при выполнении тепловых расчетов, является этап определения упека.

В первом периоде выпечки влага на поверхности выпекаемой тестовой заготовки испаряется с возрастающей скоростью, а во втором периоде скорость испарения влаги стабилизируется, и зона испарения влаги углубляется во внутрь выпекаемой тестовой заготовки.

Парциальное давление на открытой поверхности выпекаемой тестовой заготовки имеет сравнительно низкое значение. В среднем оно составляет 0,25–0,28 от давления среды пекарной камеры и отличается от парциального давления пара в

камере на 30–40 %. По мере развития процесса выпечки парциальное давление пара на открытой поверхности линейно возрастает с тенденцией к стабилизации [83, 87].

Так как структура теста, мякиша и корки имеет капиллярно-пористую структуру, то изменение парциального давления пара на открытой поверхности выпекаемой тестовой заготовки зависит от [19] давления насыщенного пара, который образуется при испарении свободной, несвязанной жидкости, поверхностного натяжения жидкости, плотность жидкости и пара, капилляров, наличие которых приводит к понижению парциального давления пара по сравнению с давлением насыщенного пара [83].

Радиус капилляров поверхностного слоя открытой части выпекаемой тестовой заготовки должен изменяться и в процессе выпечки он уменьшается. Это происходит до момента коркообразования. Уменьшение радиуса капилляров обусловлено физико-химическим переходом эластичного теста в упругий мякиш, который отличается менее крупными капиллярами, чем тесто. У обезвоженной твердеющей корки радиус капилляров практически не изменяется. Увеличение парциального давления на открытой поверхности выпекаемой тестовой заготовки прекращается [83].

Термовлагопроводность зависит от парциального давления, изменения радиуса капилляров на поверхности ВТЗ, которое приводит к отжатию капиллярной жидкости, что объясняет появление дополнительного сопротивления выходу пара на поверхность. В процессе выпечки термовлагопроводность уменьшается и количество выходящего пара увеличивается [83, 87].

Влажность внутренних слоев ВТЗ увеличивается на 2–3 % по сравнению с влажностью до выпечки. Возрастание скорости влагоотдачи при выпечке определяется уменьшением термовлагопроводности и повышением диффузной влажностепроводности, что приводит к постоянству влагоотдачи [12].

Увеличение толщины корки для открытой части выпекаемой тестовой заготовки характеризуется двумя периодами: периодом убывающей скорости коркообразования и периодом постоянного значения скорости этого процесса. С увеличением температуры выпечки скорость процесса коркообразования

возрастает и зависит от массы изделия. Влагосодержание вещества выпекаемой тестовой заготовки в зоне испарения меньше, чем у теста – мякиша. Зона испарения выпекаемой тестовой заготовки – это прослойка между коркой и мякишем, у которых влагосодержание минимально и максимально [5, 12, 83].

Коэффициент внутреннего теплопереноса зависит от теплофизических свойств нагреваемых тел и от длительности прогрева. С увеличением длительности прогрева коэффициент внутреннего теплопереноса уменьшается из-за ограниченной особенности у нагретых тел аккумулировать теплоту [23].

По окончании выпечки подводимая теплота расходуется в основном на испарение влаги из-за завершения прогрева теста-мякиша и малого расхода теплоты на образование корки.

Основные теплофизические характеристики – это плотность, теплопроводность и удельная теплоемкость. Ранее все эти параметры использовались как усредненные по температуре при различных этапах выпечки, т.е. мякиша, корки и непосредственно готового продукта – хлеба [5, 24, 124].

В процессе выпечки тестовых заготовок хлеба масса и объем уменьшаются. Величина массы изменяется значительно, так как уменьшается плотность хлеба в процессе выпечки. Удельная теплоемкость теста-хлеба в начале процесса выпечки уменьшается также как и плотность. Теплопроводность и температуропроводность теста-хлеба зависят от плотности теплового потока  $q$  на поверхности образца [79, 84].

Процесс образования твердой корки при выпечке хлеба происходит в результате обезвоживания наружных слоев выпекаемой тестовой заготовки. Образующая корка в процессе выпечки является препятствием для роста объема теста и хлеба. Корка начинает образовываться спустя 6–8 минут после начала выпечки, в этот момент времени достигается максимальный объем заготовки. В момент времени, когда верхний слой прогревается до температуры 100 °С и начинает быстро терять влагу и прогреваясь до температуры 110–112 °С превращается в тонкую корку, которая в процессе выпечки постепенно утолщается.

Толщина корки при выпечке хлебобулочных изделий не должна превышать 4 мм [5, 23, 84].

В процессе выпечки, около 50 % влаги находящейся в корке испаряется в окружающую среду, а часть переходит в мякиш. При обезвоживании корки, ее влажность к концу выпечки составляет 5–7 %, а влажность мякиша повышается всего на 1,5–2,5 %.

Температура обезвоженной корки в конце выпечки может достигать до 160–180 °С и более не нагревается, потому что подводимое к ней тепло идет на образование мякиша и испарение влаги.

Теплофизические процессы, происходящие при образовании корки, влияют на формирование ароматического комплекса в хлебе, а первостепенную роль в этом играет реакция Майяра [88].

При выпечке ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности [20] большое значение для увеличения качества, вкусовых свойств и увеличение сроков хранения имеет использование различных добавок в качестве криопротекторов.

По данным исследователей природа и состав криопротекторов оказывают селективное влияние на качество и теплофизические свойства хлеба при выпечке, замораживании и размораживании [6, 16, 42, 46, 51]. Требования к криопротекторам включают следующее: абсолютная безвредность, сохранность природных качеств готовых изделий, улучшение реологических свойств и сохранение стабильности при хранении, улучшение структуры и качества изделий [67, 68].

В качестве протекторов используют как традиционные добавки, так и нетрадиционные, в каждом конкретном случае, изучая влияние на качество, вкусовые свойства и сроки хранения теста или замороженных полуфабрикатов различной степени готовности [69], так и готового хлебобулочного изделия. В качестве нетрадиционных добавок встречаются Carbo Activatus, гидроколлоиды, гипромилоза (НРМС), мука из семян Chia (*Salvia hispanica*), пектины и многие другие [7, 50, 54, 126, 128, 129].



Одними из самых распространенных криопротекторов являются растительные масла и их смеси, жировые продукты растительного и животного происхождения, так как все эти продукты работают как криостабилизаторы, замедляя ухудшающие процессы во время хранения и размораживания. Оптимальная дозировка криопротектора зависит от его природы [47, 48, 52, 53, 65]. Поэтому требуется тщательная работа по определению дозировки добавок, используемых в качестве криопротекторов, с выявлением их влияния на теплофизические и реологические свойства, а также на качество готового продукта в целом.

Использование жировых продуктов как растительного, так и животного происхождения [72], в составе которых имеются полиненасыщенные жирные кислоты, оказывают влияние на объем хлеба и укрепление клейковины. В процессе приготовления хлеба доля данных жиров, взаимодействуя с компонентами теста не изменяется [120].

Сравнивая растительные и животные жиры, многие исследователи смещают преимущества в сторону применения растительных жидких жиров, что обусловлено следующим преимуществом: при хранении продукты, содержащих растительные жиры меньше подвержены окислительным процессам, что увеличивает срок хранения, в том числе с применением низких температур [48, 91, 143].

Самое распространенное в нашей стране подсолнечное масло, которое также часто используют в качестве криопротектора, имеет в своем составе насыщенные жирные кислоты примерно 12 %, а также линолевую (омега-6) порядка 71 % и линоленовая (Омега-3) всего около 1 %, и моновенасыщенные жирные кислоты около 16 %, а также комплекс витаминов А, В, С, D, Е и РР. Кукурузное масло также содержит витамины А, К, провитамин D и своим составом близко к подсолнечному, а именно имеет в своем составе линолевую (Омега-6) порядка 57 %, а моновенасыщенные жирные кислоты около 29 %.

В настоящее время при производстве хлебобулочных изделий рекомендуют использовать муку из семян чиа, так как она содержит примерно до 64 % Омега-3

полиненасыщенной жирной кислоты, являясь безопасным, гипоаллергенным пищевым ингредиентом [145]. В семенах чиа содержится значительное количество белка 19–23 % от массы зерен, множество микроэлементов таких как кальций, магний, калий, фосфор, йод, селен, а также значительное количество пищевых волокон, что не только повышает пищевую ценность изделий, но и увеличивает влагоудерживающую способность, тем самым увеличивая сроки хранения [40, 41, 126, 134]. Внесение муки из семян чиа также положительным образом оказывает влияние на показатели качества такие как удельный объем и формоустойчивость [54, 122].

При производстве хлебобулочных изделий для улучшения вкусовых свойств, реологических показателей и пищевой ценности часто используют маргарин и жир энзимной перэтерификации, которые относятся к твердым жирам, и при внесении в рецептуру только улучшают качество готового продукта. Жир энзимной перэтерификации, изготовленный по ГОСТ 31648–2012 не содержит опасных трансизомеров жирных кислот. Многие авторы исследований рекомендуют заменять традиционный маргарин на жир энзимной перэтерификации, так как он помимо своей безвредности, также обладает свойствами, улучшающими качество хлебобулочных изделий по физико-химическим и органолептическим показателям [39, 123]. Существуют исследования положительного влияния перэтерифицированного быстрозамораживающегося жира на структуру замороженного теста [145]. Использование этих продуктов в качестве криопротекторов пока не изучено и требует дополнительного изучения также как и количество дозировки при производстве хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов.

Электроконтактный способ выпечки (ЭК-выпечка) впервые был разработан Шумаевым Ф.Г. в 1936 г. во ВНИИХП [5, 125]. Также посвящены ЭК-выпечке исследования Островского Я.Г., выполненные в 1953-1954 гг. [5, 103].

В исследованиях использовали постоянное напряжение, подаваемое на электроды, при этом сила тока менялась в зависимости от электропроводности теста. Также рассматривался вариант, когда поддерживали постоянный ток, а

напряжение менялось в процессе выпечки. Были сделаны основные выводы, которые лежат в основе процесса ЭК-выпечки:

- тесто – это полидисперсная среда, обладающая ионной проводимостью, при которой ток протекает в водном солевом растворе, находящемся в тесте;
- хлеб получают с «нормальным» мякишем, но корка отсутствует;
- длительность выпечки 1 кг хлеба зависит от электропроводности теста-хлеба и составляет 2,25 мин при 220 В; 5,95 мин при 120 В;
- количество соли в рецептуре 0–1,5 % оказывает влияние на электропроводность теста [5, 103, 125].

Электроконтактный способ получил широкое распространение на разных этапах хлебопекарного и кондитерского производства, а именно для быстрой выпечки бескоркового хлеба, зернового хлеба, бисквитного полуфабриката, для получения сухарей и хлеба специального назначения. Но чаще всего данный метод используют для анализа свойств теста [61, 112, 113].

Так как при выпечке электроконтактным способом происходит равномерный прогрев, то данный способ использовали в исследованиях для определения момента перехода теста в мякиш, в частности для пшеничного и ржаного хлеба [14, 15, 19, 97, 99, 104, 117]. Существует потребность в определении начала коллоидного процесса, т.е. момента перехода теста в мякиш для ржано-пшеничного хлеба с применением жировых добавок.

### **1.3 Научные и практические аспекты криохранения и размораживания полуфабрикатов хлебопекарного производства**

В данном обзоре изучены процессы, протекающие при криохранении и дефростации хлебобулочных изделий.

Хлебобулочные изделия являются продуктом, который содержит большое количество питательных веществ и микроэлементов, при хранении это количество резко уменьшается [10]. Один из лучших способов увеличить срок хранения хлебобулочных изделий и сохранить в них достаточное количество микроэлементов является заморозка [2, 10, 45, 60, 119].

Замораживание является одним из лучших способов хранения пищевых продуктов и соответственно хлебобулочных полуфабрикатов высокой степени готовности [18]. Замораживание позволяет сохранить пищевые продукты за счет сочетания снижения биохимической, микробиологической и ферментативной активности воды, вызывая минимальные изменения качества и питательной ценности [118, 134, 147]. Но при хранении происходят как физические, так и химические изменения клеточной структуры, которые могут повлиять на качество пищевого продукта, подвергнувшегося замораживанию. Как известно большинство повреждений при заморозке происходит из-за морфологии кристаллов льда, т.е. размеров, числа, распределения и формы, что оказывает существенное влияние на микроструктуру пищевых продуктов. При замораживании часть воды, содержащейся в продукте, преобразуется в кристаллы льда за счет фазового перехода. Количество воды, которое переходит в лед, зависит от температуры замерзания и состава продукта [134, 149]. Больше количество льда образуется при температуре  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что ниже начальной точки замерзания. Данная температура замораживания является критической и чем быстрее происходит заморозка и переход через эту температуру, тем меньший ущерб от замерзания. Большая скорость замораживания приводит к большему количеству кристаллов льда с меньшим распределением по размерам, что не влияет на структуру продукта и на его изменение в процессе криохранения. Международный институт холодильной техники утверждает, что пищевые продукты замораживаются при температуре  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  и до температуры, когда замерзает 80 % воды, содержащейся в продукте [144, 147].

При охлаждении пищевых продуктов ниже точки замерзания происходит так называемая криодеформация, которая приводит к расширению объёма воды примерно на 9 %, а другие компоненты продукта могут сжиматься по мере снижения температуры. Неоднородность пространственного распределения воды в пищевом продукте при замораживании приводит к изменению термических и механических свойств при перепаде температур. При замораживании образуются микротрещины в пищевом продукте из-за того, что при фазовом переходе

происходят растягивающие и сжимающие как радиальные, так и тангенциальные напряжения как внутри, так и на поверхности продукта. Физические свойства материала, такие как содержание влаги, модуль Юнга, пористость, плотность влияют на образование микротрещин при замораживании [132].

Частично выпеченный хлеб относят к двуслойному пищевому материалу, так как часть корки может отделяться физически при последующей выпечке от мякиша и может отслаиваться полностью во время окончательной выпечки. Отслаивание корки вызвано деформациями, связанными с различным содержанием влаги в корке и мякише, жесткая корка не может противостоять деформации, вызванной в мякише [131, 137].

Замораживание при рассмотрении на клеточном уровне происходит сначала вне клетки, из-за более низкой концентрации растворенных веществ. Образование кристаллов льда во внеклеточной жидкости немедленно изменяет осмотический баланс внутри внутриклеточной жидкости. Если скорость замораживания будет медленной, то будет достаточно времени для диффузии воды из ячейки в попытке сбалансировать химический потенциал между двумя отделениями, что приведет к обезвоживанию ячейки и увеличению концентрации растворенного вещества. Увеличение концентрации растворенного вещества может повлиять на рН и ионную прочность незамерзшей жидкости, а также может вызвать нарушение эмульсии и даже денатурацию белка [116, 135].

Известна форма обезвоживания, связанная с повреждением, которое может произойти во время замороженного хранения, особенно в неупакованных пищевых материалах, которая называется ожог морозильной камеры. При этом происходит изменение цвета, текстуры, вкуса замороженного продукта. Ожог от заморозки приводит к ухудшению качества и пищевой ценности пищевых продуктов, поэтому при криохраниении обязательно использование упаковки в контейнеры или в пленку с низкой паропроницаемостью [123].

Ухудшение качества пищевых продуктов при хранении в замороженном виде продолжается, так как происходит изменение количества, размера, формы, ориентации или совершенства кристаллов после завершения начального

затвердевания. Это явление называется "рекристаллизация". Рекристаллизация льда в пищевых продуктах характеризуется увеличением среднего размера кристаллов льда, уменьшением количества кристаллов и минимизацией поверхностной свободной энергии всей кристаллической фазы.

Анализу процесса хранения хлеба, выпекаемого из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности [18], а в особенности ржано-пшеничного хлеба, посвящены немногочисленные исследования. Но процессы при замораживании полуфабрикатов как биополимерных систем сходны с процессами, происходящими при замерзании растворов поливинилового спирта. Рассмотрим эти процессы на примере криотропного гелеобразования. Криогели на основе полимерных систем это структуры, превращающиеся в гель, которые образуются при замораживании и выдерживаются в этом состоянии продолжительное время. Также как любая полимерная система, в хлебных полуфабрикатах при замораживании происходит кристаллизация основной массы. При размораживании получают анизотропные пористые продукты, которые обладают свойствами криогелей [75-78].

В области от  $-1$  до  $-7$  °C наблюдаются гистерезисные явления, поэтому рекомендуется медленное оттаивание, чтобы не наблюдалось изменение структуры и количества жидкой фазы продукта.

Температура криогенной обработки определяет возможность переохлаждения и скорость кристаллизации образцов, и чем ниже температура охлаждения и хранения, и чем быстрее протекает процесс заморозки, тем меньше вероятность переохлаждения продукта и его порча. В результате кристаллизации и при низких температурах в твердом замороженном образце появляется дополнительное количество жидкой составляющей, что говорит о наличии прочно связанного невымораживающегося растворителя. Температура хранения влияет также и на твердость размороженного продукта, при температурах порядка  $-10$  °C, твердость возрастает. Автором сделан вывод, что длительное криогенное воздействие при «высоких» отрицательных температурах порядка  $-(20 \div 30)$  °C, не влияет на изменение макропористой структуры продукта. Природа и количество

различных добавок оказывают воздействие на процессы замерзания и оттаивания [75]. Поэтому требуется изучить процесс прогрева и его продолжительность при выпечке ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности [20], с учетом дополнительных жировых добавок.

Результаты исследований показывают, что ржано-пшеничные полуфабрикаты необходимо замораживать до температуры не менее  $-18,5$  °С в центре продукта. Уменьшение температуры приводит к вязкости жидкой фазы, при которой происходит кинетически неограниченное движение молекул и образование кристаллов льда сводится к минимуму. Это соответствует процессу «стеклования», который является основным показателем стабильности свойств продукта при хранении [70].

Исследователями установлены оптимальные параметры процессов замораживания-размораживания при производстве ржано-пшеничного хлеба, выпеченного из замороженных полуфабрикатов [19]:

- продолжительность брожения полуфабрикатов должна быть минимальна с использованием воды с температурой  $2-4$  °С;
- рекомендуемая температура замораживания порядка  $-(30-32)$  °С в течение  $1,5-2$  ч с последующей выдержкой при температуре  $-(18-20)$  °С;
- размораживание производить при температуре  $40-45$  °С, при этом температура центра заготовки должна быть не менее  $18-20$  °С.

Данные параметры процесса позволяют сохранить клетки дрожжей в активном состоянии и получить качественный продукт [63].

Чаще при криохраниении используют двуступенчатую заморозку, сначала при температуре порядка  $-(35 \div 40)$  °С, далее хранят при температуре около  $-18$  °С. Установлено, что температура, скорость и относительная влажность оказывают влияние на потерю массы изделия, концентрацию льда на границе корка-мякиш. Рекомендуют использовать медленное замораживание на первом этапе и быстрое замораживание на втором, что снижает образование льда на  $13,5$  % по сравнению с одноступенчатой заморозкой. Флуктуации температуры сильно влияют на структуру продуктов и не допустимы при хранении. Хранение при более низких

температурах и с большой продолжительностью не сильно отличается по качеству и многим показателям, таким как удельный объем, потеря веса и плотности мякиша, от хранения при постоянной температуре порядка  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Если же наблюдались отклонения в постоянстве температуры более порядка  $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , это приводило к значительно быстрой потере качества как теста, так и хлеба. Исследователи рекомендуют поддерживать изменения температуры в пределах от  $0,1$  до  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , данные изменения не оказывают влияния на структуру льда при хранении, не увеличивается потеря влаги, что не влечет за собой снижение качества и товарного веса. Оптимизация замораживания и связанная с данным процессом потеря влаги важны как с точки зрения качества, так и с точки зрения энергопотребления процесса [110, 130, 132, 135, 138, 139, 141].

Замороженные хлебобулочные изделия, включающие в свой состав качественные ингредиенты с добавлением соответствующих криопротекторов, имеющих необходимую влажность, при правильном хранении могут сохранять свои качественные показатели длительное время. Зная, как изменяются основные показатели в течение всего срока хранения, можно прогнозировать конечный продукт [93, 95, 106, 127, 136, 140].

### **Заключение по обзору литературы**

Анализ научно-технической литературы показывает, что технология хлеба и хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов является перспективной, ресурсосберегающей, эффективной и инновационной. Развитию данной технологии на примере производства теста и мелкоштучной хлебобулочной продукции посвящено множество научных работ. Сегмент данной продукции широко развивается как на внутреннем рынке, так и за пределами нашей родины.

Исследования были посвящены процессам улучшения качества хлеба из замороженных полуфабрикатов различной степени готовности, влиянию на качество готовых изделий различных добавок. Рассмотрены процессы замораживания, хранения и дефростации этих продуктов на разных этапах технологического процесса. В литературе широко описаны классические способы



выпечки хлебобулочных изделий с применением как традиционного, так и нетрадиционного сырья. Как отечественными, так и зарубежными учеными широко изучено влияние замораживания на качество и структуру хлебобулочных изделий, влияние размораживания на внешний вид и вкусовые свойства изделий.

Анализ научно-технической литературы показывает, что исследованию процесса прогрева при выпечке ржано-пшеничного хлеба из полуфабрикатов высокой степени готовности уделялось недостаточно внимания. При рассмотрении процесса выпечки получены доказательства того, что тепловой процесс оказывает существенное влияние на показатели качества хлеба. Поэтому существует потребность в научном обосновании и исследовании теплофизических процессов, протекающих при выпечке ржано-пшеничного хлеба, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, установлению рациональных тепловых режимов, продолжительности выпечки в зависимости от различных добавок. Все эти исследования направлены на получение хлеба высокого качества. Зная температуру в каждый момент выпечки для различных рецептурных составов, температуру различных слоев в течении всего процесса выпечки, можно управлять процессами, протекающими при приготовлении полуфабрикатов и придавать выпекаемой продукции заданные свойства.

Обобщив все выводы, можно заключить, что современное производство ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности является перспективным направлением и требует к себе повышенного внимания и разработки научных основ для выпечки качественного и полезного продукта.

## **2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**

Исследования проводили в лабораториях кафедр «Зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий» и «Инженерии процессов, аппаратов, холодильной техники и технологий» ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств». Производственные испытания проводили на АО «Кондитерско-булочный комбинат «Черемушки».

Структурная схема исследований приведена на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Структурная схема исследований

## **2.1 Сырьё и материалы, применявшиеся при проведении исследований**

При проведении исследований применяли следующее сырьё:  
муку ржаную хлебопекарную обдирную (ГОСТ 7045–2017);  
муку пшеничную хлебопекарную 1-го сорта (ГОСТ 26574-2017);  
муку из семян чиа (лат. *Salvia hispanica*, декларация соответствия ТР ТС 021/2011 о безопасности пищевой продукции);  
соль пищевую (ГОСТ Р 51574–2018);  
дрожжи хлебопекарные прессованные (ГОСТ Р 54731–2011);  
воду питьевую (ГОСТ 32220–2013, СанПиН 2.1.4.1116–2002);  
масло подсолнечное (ГОСТ Р 1129–2013);  
масло кукурузное (ГОСТ 8808–2000);  
маргарин (ГОСТ 32188–2013);  
жир энзимной переэтерификации (ГОСТ 19708–2019).

Для упаковывания полуфабрикатов использовали полиэтиленовую пищевую пленку.

## **2.2 Методы исследований, применявшиеся в работе**

При изучении свойств сырья [58], полуфабрикатов и качества готовых изделий в работе использовали общепринятые органолептические и физико-химические методы исследований, а также специальные методы исследования [8, 9, 31, 55, 56, 91].

### **2.2.1 Методы исследования свойств сырья**

При проведении исследований изучали физико-химические свойства муки ржаной обдирной муки ГОСТ 7045–2017 [34] и пшеничной муки 1-го сорта ГОСТ 26574–2017 [35].

Ржаную муку анализировали по показателям качества: влажности, кислотности, числу падения. Пшеничную муку анализировали по показателям качества: влажности, кислотности, количеству и качеству клейковины, числу падения.

Влажность муки определяли по ГОСТ 9404–88 [27], кислотность – ГОСТ 27493–87 [28], число падения – ГОСТ 27676–88 [29], количество и качество

клеяковины – ГОСТ 27839–2013 [31] и в соответствии с методикой, приведённой в руководстве [108].

Закваску густую ржаную анализировали по показателям влажности, кислотности и подъемной силы в соответствии с методикой, приведённой в руководстве [9].

Дрожжи хлебопекарные прессованные оценивались по органолептическим показателям: цвет, вкус, запах, консистенция и по показателю подъёмной силы, в соответствии с ГОСТ 171–81.

Соль пищевая оценивалась по органолептическим показателям в соответствии с ГОСТ Р 51574–2018.

### 2.2.2 Методы приготовления теста и хлеба

Ржано-пшеничные полуфабрикаты высокой степени готовности и ржано-пшеничный формовой хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности [32, 33] выпекали в лабораторных условиях по классической технологии [109]. Приготовление теста также осуществлялось в лабораторных условиях на кафедре «Зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий» МГУПП.

Тесто готовили при различном соотношении ржаной обдирной и пшеничной муки 1-го сорта в смеси 60:40, 70:30 и 80:20 с добавлением жировых продуктов растительного и животного происхождения, муки из семян чиа в различных количествах на густой ржаной закваске в соответствии с рецептурой, приведенной в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Рецептура ржаной густой закваски

Наименование сырья	Количество вносимого сырья
Мука ржаная хлебопекарная обдирная, кг	1,5
Дрожжи хлебопекарные прессованные, кг	0,03
Закваска, кг	0,3
Вода, кг	1,5

Приготовленную закваску ставили в термостат при температуре 32 °С на 16 часов.

Приготовление теста из смеси ржаной обдирной и муки пшеничной 1-го сорта при соотношении ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта в смеси 60:40, 70:30 и 80:20 осуществляли по рецептуре хлеба, приведённой в таблице 2.2. Таблица 2.2 - Рецептура приготовления ржано-пшеничного теста при соотношении ржаной обдирной и пшеничной муки 1-го сорта в смеси 60:40, 70:30 и 80:20

Наименование сырья	Количество вносимого сырья (в % к массе муки)		
	Соотношение муки ржаной обдирной и пшеничной 1-го сорта		
	60:40	70:30	80:20
Закваска густая	57	57	57
Мука ржаная обдирная (W = 12 %)	27	37	47
Мука пшеничная 1-го сорта (W = 13,5 %)	40	30	20
Дрожжи хлебопекарные прессованные	1,0	1,0	1,0
Соль поваренная пищевая	1,4	1,4	1,4
Вода питьевая	По расчету, исходя из влажности теста W = 48 %		

Осуществляли приготовление теста из смеси ржаной обдирной и муки пшеничной 1-го сорта в соотношении 60:40 с добавлением растительных масел подсолнечного и кукурузного, жира энзимной переэтерификации в количестве 1, 2 и 3 % к массе муки; теста из смеси ржаной обдирной муки и муки пшеничной 1-го сорта в соотношении 60:40 с добавлением муки из семян чиа в количестве от 1, 2, 3, 4 и 5 % к массе муки; теста из смеси ржаной обдирной и муки пшеничной 1-го

сорта при соотношении ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта 70:30 и 80:20 с добавлением муки из семян чиа в количестве 5 % к массе муки.

Прессованные хлебопекарные дрожжи вносили при замесе теста в виде дрожжевой суспензии; соль – в водном растворе.

Количество вносимой при замесе воды определяли по формуле, приведенной в руководстве [108].

В месильную емкость вносили расчетное количество муки, закваску, солевой, дрожжевой растворы в соответствии с приведённой рецептурой, а также оставшуюся воду.

Замес теста осуществляли на тестомесильной машине Diosna. Брожение теста проводили в бродильном шкафу при температуре 30-32 °С, длительность брожения теста составляла 90 минут (до кислотности теста 7,6–8,0 град). Из выброженного теста вручную формовали тестовые заготовки массой 0,4 кг. Окончательную расстойку тестовых заготовок осуществляли в расстойном шкафу при температуре 30–32 °С и относительной влажности воздуха 75–80 % 45–50 минут до готовности. Готовность тестовых заготовок к выпечке определяли органолептически.

Радиационно-конвективную выпечку ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности проводили в лабораторной универсальной печи Miwe condo для одностадийной выпечки при температурах пекарной камеры 180, 210, 240 и 270 °С, а для двухстадийной выпечки: I этап - контролируя достижение температуры верхней поверхности 100 °С производили при температуре пекарной камеры 270 °С, а на II этапе – при температурах пекарной камеры 190, 220 и 240 °С. Для измерения температуры в процессе выпечки выпекаемых тестовых заготовок использовали медь-константановые термопары типа Т, соединяя их с устройством S-Recorder L, сигнал с которого подавался на компьютер.

Выпеченные ржано-пшеничные полуфабрикаты высокой степени готовности охлаждали в естественных условиях, упаковывали в пищевую полиэтиленовую пленку и помещали в морозильную камеру с температурой  $-(35-37)$  °С. Криохранение протекало 1, 3 нед, и 2 мес. После криохранения полуфабрикаты

освобождали от упаковки и размораживали. Размораживание (дефростацию) полуфабрикатов проводили при естественных условиях или в расстойном шкафу при температуре 30–32 °С. После разморозки полуфабрикаты допекали до полной готовности в лабораторной печи радиационно-конвективным способом энергоподвода при температуре пекарной камеры (240 ± 5) °С. Анализ ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности проводили по органолептическим и по физико-химическим показателям.

Электроконтактную выпечку проводили путем подвода электрического тока к электродам при постоянном напряжении порядка 60 В и 80 В. Для измерения температуры использовали медь-константановые термопары с регистрирующим устройством, изменение высоты и массы регистрировали с помощью видеокамеры в режиме реального времени.

### **2.2.3 Методы оценки качества готового хлеба**

Для исследования свойств теста, выпеченных полуфабрикатов высокой степени готовности и качества готовых изделий использовали различные методы оценки.

Контроль технологического процесса приготовления теста осуществляли по методикам, приведённым в руководствах [8, 9, 55, 56, 108].

Пробы готового ржано-пшеничного хлеба анализировали через 4 ч и 16 ч после выпечки (в зависимости от поставленных задач) по органолептическим и физико-химическим показателям качества.

При органолептической оценке определяли такие показатели, как внешний вид (правильность формы, цвет корки, состояние поверхности), состояние мякиша (цвет мякиша, пропеченность, эластичность, состояние пористости, промес), вкус и аромат хлеба. Определение всех показателей проводили согласно методикам, приведенным в руководствах [8, 9, 108].

Из физико-химических показателей готового хлеба определяли: массу, упёк, удельный объем по стандартной методике, влажность мякиша определяли по ГОСТ 21094–75, пористость хлеба определяли по ГОСТ 5669–96, кислотность хлеба

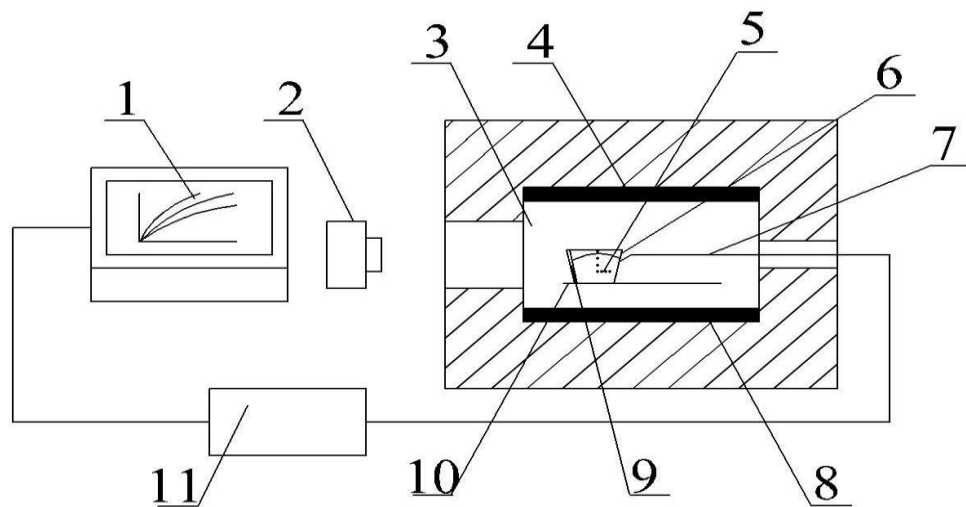


определяли по ГОСТ 5670–96, общую, упругую и пластическую деформацию мякиша согласно руководствам[55, 56, 101].

Методики оценки качества хлеба приведены в руководстве [108].

#### 2.2.4 Метод исследования процесса прогрева ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности

При исследовании процесса выпечки ржано-пшеничного хлеба радиационно-конвективным способом использовали информационно-измерительную установку, представленную на рисунке 2.2.



- 1. компьютер;
- 2. видеочасть;
- 3. печь;
- 4, 8. нагревательные элементы;
- 5. термопары;
- 6. форма;
- 7. провод;
- 9. стекло;
- 10. платформа;
- 11. регистрирующее устройство S-Recorder L.

Рисунок 2.2 – Информационно-измерительная установка

В печной камере лабораторной печи (3) имеются верхний и нижний нагревательные элементы (4,8), на платформе (10) размещены металлические формы (6). В одной форме размещали выпекаемую тестовую заготовку, в которую устанавливали медь – константановые термопары (5) типа Т для измерения температуры в разных слоях выпекаемой тестовой заготовки (здесь и далее ВТЗ).

Термопары (5) при помощи проводов (7) соединены с устройством S-Recorder L (11), сигналы термопар подавали на компьютер (1). Сигнал регистрировался в виде термоэлектродвижущей силы (термоэдс - ТЭДС) в милливольтках (мВ), затем переводился, используя согласно ГОСТ Р 8.585–2001 [36] полином, аппроксимирующий обратную зависимость номинальных статических характеристик преобразования температуры от ТЭДС для данного вида термопары в температуру в градусах Цельсия [18,19]. При помощи видеокамеры (2) производили видеосъемку изменения высоты тестовой заготовки, находящейся в металлической форме со стеклом [19, 20]. Раскадровку полученного видео делали с помощи программы VLC-mediaplayer, через каждую минуту на полученных кадрах измеряли изменение высоты и учитывая увеличение изображения, получали реальные значения изменения высоты. Далее строили графики зависимости температуры слоев ВТЗ и изменения высоты от продолжительности выпечки [19,20].

Тесто готовили по рецептуре и методике, описанной в разделе 2.2.2.

Расположение термопар внутри ВТЗ, представлено на рисунке 2.3. Две пары термопар с датчиками, расположенными на разной глубине, регистрировали сигналы в милливольтках, далее результаты усредняли, переводили в градусы Цельсия и по полученным данным строили графики изменения температуры различных слоев ВТЗ от продолжительности выпечки [19, 20]. Градуировка каналов термопары осуществляли классическим способом с помощью тающего льда температуры 0 °С и температуры кипения воды 100 °С. Температуру контролировали с помощью с высокоточного термометра GMH3710 (Greisinger).

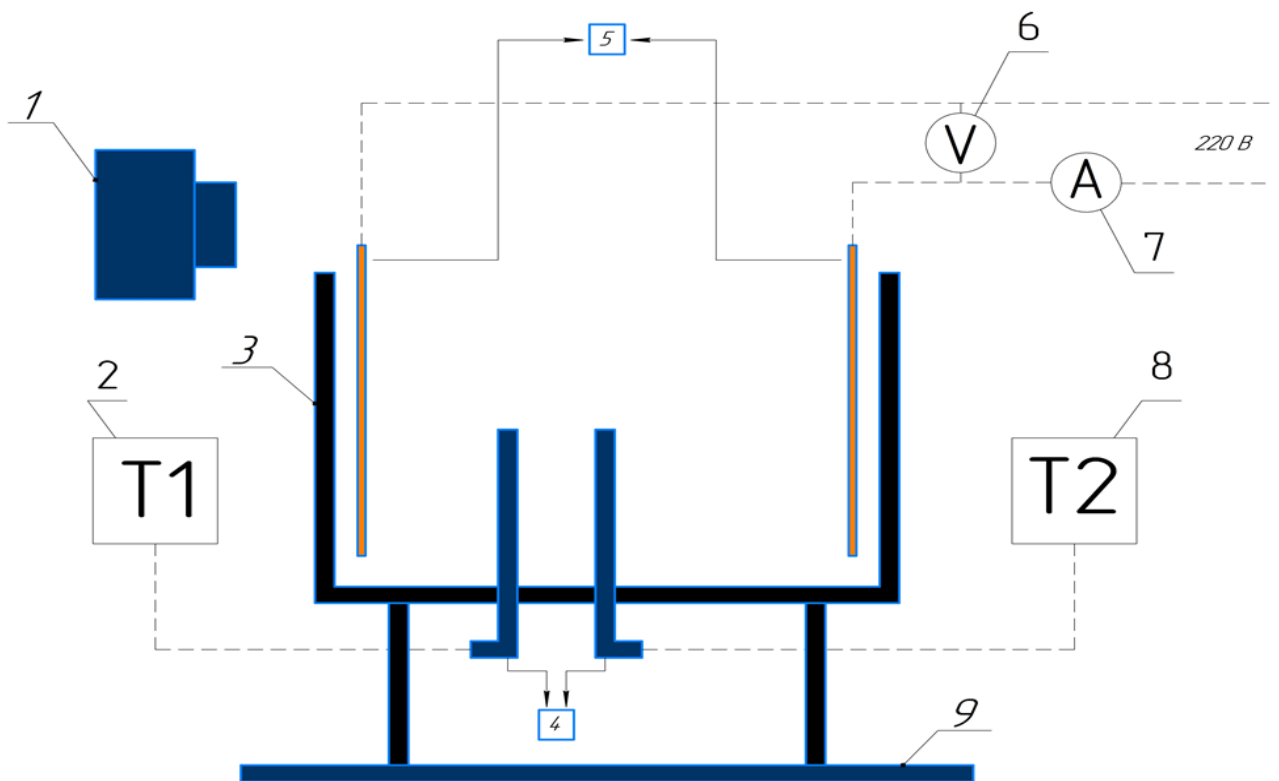


Рисунок 2.3 - Схема расположения термопар

Первые опыты проводили с расположением термопар по всей глубине ВТЗ, результаты, полученные с использованием данных термопар, подтвердили теоретическое обоснование данное Л.Я. Ауэрманом [5], что теплопередача осуществляется последовательно от краев ВТЗ к центру, т.е. кривые зависимости температур совпадают на одинаковом расстоянии симметрично от центра.

### 2.2.5 Специальные методы исследования

При исследовании процесса прогрева ржано-пшеничного хлеба электроконтактным способом использовали информационно-измерительную установку, представленную на рисунке 2.4 [21].



- 1 – видеокамера;
- 2, 8 – датчики термопары;
- 3 – форма для выпечки;
- 4 – термопары;
- 5 – электроды;
- 6 – вольтметр;
- 7 – амперметр;
- 9 – весы.

Рисунок 2.4 – Схема установки при электроконтактной выпечке хлеба

Нагрев ВТЗ производили путем подвода электрического тока к электродам (5) установки. При помощи электродов (5) ток проходил через массу тестовой заготовки, которая имеет электрическое сопротивление. В соответствии с законом Джоуля-Ленца при протекании тока через тестовую заготовку, она нагревалась, причем нагрев проходил достаточно равномерно по всей массе. Для измерения температуры теста в различных местах ВТЗ были установлены термопары (4). Результаты измерений обрабатывали и строили график изменения температуры от продолжительности выпечки [21]. Для определения геометрических характеристик ВТЗ и готового изделия проводили видеосъемку процесса выпечки. Так как одна стенка формы (3), в которой выпекалась ВТЗ, сделана из стекла, то видеокамера позволяла фиксировать изменение высоты ВТЗ [21]. С помощью весов (9) фиксировали изменение массы, чтобы в дальнейшем определить зависимость упека от продолжительности выпечки [21].

При электроконтактном способе тестовая заготовка прогревается за счет наличия электрического сопротивления при прохождении через неё электрического тока [21]. Прогрев происходит равномерно быстро практически по всему объему ВТЗ [21]. Электроконтактный способ позволяет определить момент перехода теста в мякиш. ВТЗ состоит из мякиша, не имеющего на поверхности обезвоженной корки. Поверхность ВТЗ покрыта тонкой пленкой. Увеличение объема ВТЗ происходит в результате термического расширения газа в порах [21, 88].

Тесто готовили по методике, описанной в разделе 2.2.2. Тестовую заготовку массой 0,1 кг помещали после брожения в расстойный шкаф в форме для исследования.

### **2.2.6 Методы математической обработки экспериментальных данных**

Экспериментальные данные, полученные в процессе исследований, обрабатывали в программе Excel. Сигналы устройства S-Recorder L с находившихся в ВТЗ медь – константановыми термопарами типа Т передавались на компьютер, который регистрировал полученный сигнал в виде

термоэлектродвижущей силы (термоэдс – ТЭДС) в милливольтгах (мВ). Далее сигналы переводили с использованием разработанной программы, использующей согласно ГОСТ Р 8.585–2001 полином, аппроксимирующий обратную зависимость номинальных статических характеристик преобразования температуры от ТЭДС для данного вида термопары в температуру в градусах Цельсия и строили графики зависимости температуры при различных режимах от продолжительности выпечки [19, 20].

### 2.3 Характеристики сырья, применявшегося в работе

В работе использовали 3 пробы ржаной обдирной муки и 3 пробы пшеничной муки первого сорта. Все сырье по показателям качества и технологическим свойствам соответствовало требованиям технической документации.

Физико-химические показатели свойств ржаной обдирной муки приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Показатели качества ржаной обдирной муки

№ пробы	Показатели качества		
	Влажность, %	Кислотность, град	Число падения, с
1.	12,0	3,6	165
2.	12,0	4,1	165
3.	12,5	3,6	170

Мука ржаная обдирная соответствовала требованиям ГОСТ 7045–2017.

Физико-химические показатели качества пшеничной муки первого сорта представлены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Показатели качества пшеничной муки первого сорта

№ пробы	Показатели качества				
	Влажность, %	Кислотность, град	Количество клейковины, %	Общая деформация, ед. пр. ИДК	Число падения, с
1	13,5	3,0	32,0	72,0	399
2	13,0	3,2	31,6	82,5	486
3	11,0	3,6	32,8	70,0	398

Мука пшеничная хлебопекарная 1-го сорта соответствовала требованиям ГОСТ 26574–2017.

Соль пищевая была белого цвета, не имела запаха и заметных глазу посторонних примесей и отвечала требованиям ГОСТ Р 51574–2018.

Дрожжи хлебопекарные прессованные имели плотную консистенцию, равномерный кремовый цвет, запах и вкус и соответствовали ГОСТ Р 54731–2011.

Вода питьевая удовлетворяла требованиям СанПиН 2.1.4.1074–01.

Физико-химические показатели свойств густой ржаной закваски представлены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Физико-химические свойства густой закваски

Наименование показателей	Показатели
Влажность, %	50,0
Кислотность, град	12,4
Подъемная сила, мин	15

При проведении исследований в качестве дополнительных рецептурных компонентов использовали подсолнечное и кукурузное масло, маргарин и жир энзимной переэтерификации и муку из семян чиа.

Мука из семян чиа содержит в 100 г продукта белков – 24,21 г; жиров – 13,33 г; углеводов – 47,62 г. Из жирорастворимых витаминов в муке из семян чиа присутствует только витамин Е, из водорастворимых – С, В1, В2, В3 (РР) и В9. Минеральный состав муки из семян чиа очень богат макро- и микроэлементами, такими как кальций, железо, магний, фосфор, калий, натрий, цинк, медь, марганец, селен. Данный продукт относят к суперфудам.

Мука из семян чиа (лат. *Salvia hispanica*) согласно декларации соответствия ТР ТС 021/2011 о безопасности пищевой продукции.

Подсолнечное и кукурузное масла в своем составе не содержат углеводов, но содержат жирорастворимые витамины Е и К, причем Е в достаточно большом количестве на 100 г продукта в подсолнечном примерно 280 % от нормы потребления, в кукурузном – 97 %.

Масло подсолнечное удовлетворяло требованиям ГОСТ Р 1129–2013, кукурузное масло – ГОСТ 8808–2000.

Жирно-кислотный состав продуктов [101] представлен в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Жирно-кислотный состав продуктов

Наименование жирных кислот	Содержание жирных кислот, %		
	Кукурузное масло	Подсолнечное масло	Мука из семян чиа
Миристиновая	0,1	0,1	0,05
Пальмитиновая	10,9	7,0	0,02
Пальмитолеиновая	0,2	0,1	7,38
Маргариновая	0,1	–	0,04
Стеариновая	2,0	4,5	2,93
Олеиновая	25,4	18,7	5,48
Линолевая	59,6	67,5	17,57
Линоленовая	1,2	0,1	64,46
Арахидиновая	0,4	0,4	0,23
Гадолеиновая	–	0,1	0,10
Бегеновая	0,1	0,7	0,02
Лигноцеридовая	–	–	0,08

Маргарин содержит на 100 г продукта белков – 0,22 г; жиров – 80,17 г; углеводов – 0,75 г; воду – 17,07 г; золу – 1,78г. Также в маргарине присутствуют жирорастворимые витамины – А, бета-каротин, Е и К, из водорастворимых – С, В4, В9, В12. Минеральный состав маргарина – кальций, магний, фосфор, калий, натрий, все элементы в малом количестве, не превышающем 1 % от суточной нормы. Температура плавления маргарина 45 °С. Маргарин удовлетворял требованиям ГОСТ 32188–2013.

Жир энзимной переэтерификации содержит на 100 г продукта жиров – 99,7 г, обогащен полиненасыщенными жирными кислотами  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6, содержит трансизомеры не более 1 % и удовлетворял требованиям ГОСТ 19708–2019. Температура плавления жира энзимной переэтерификации – (28-32) °С, а температура застывания – (22-25) °С.

Сырьё, используемое для проведения исследований, должно соответствовать нормативным и техническим документам, ТР ТС 021/2011 и действующим техническим регламентам на отдельные виды продукции, нормативным правовым актам Российской Федерации и сопровождаться документами, удостоверяющими его безопасность и качество.



## **2.4 Результаты исследований и их анализ**

### **2.4.1 Исследование влияния параметров выпечки на изменение теплофизических характеристик тестовых заготовок, предназначенных для приготовления замороженных формовых ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности и качество хлеба**

При выпечке, в режиме реального времени, регистрировали результаты измерений температуры в различных слоях ВТЗ и фиксировали изменение её высоты в процессе выпечки. По полученным графикам можно определить начало и продолжительность теплофизических, микробиологических, коллоидных и биохимических процессов, в результате которых происходит переход теста в мякиш и образование корки [19]. Скорость изменения температуры в различных слоях происходит по-разному, интенсивнее всего увеличивается температура верхней поверхности и при достижении 100 °С начинается образование корки. Поверхность ВТЗ и корка могут прогреваться выше температуры 100 °С, в зависимости от рецептуры и режимных параметров выпечки. Образование плотной корки не позволяет внутренним слоям прогреваться выше температуры 96–98 °С, которая соответствует готовности хлеба [19]. Анализ графиков позволяет сделать вывод о том, в какой момент времени достигается данная температура и уравнивается температура всех внутренних слоев. Продолжительность выпечки после момента образования корки влияет на вкусовые свойства хлеба и цвет корки. Термическое расширение газа в порах на поверхности протекает интенсивнее и быстрее, чем в центре ВТЗ. При исследовании фиксировали изменение высоты ВТЗ [19-21].

#### **2.4.1.1 Влияние температуры пекарной камеры на процесс прогрева тестовых заготовок, предназначенных для приготовления замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности**

При изучении влияния температуры пекарной камеры при выпечке на процесс прогрева тестовых заготовок, предназначенных для приготовления полуфабрикатов высокой степени готовности, проводили исследования при

одностадийной выпечке и температуре пекарной камеры 180, 210, 240 и 270 °С. Тесто готовили по рецептуре и методике, описанной в разделе 2.2.2. Методика проведения исследований представлена в разделе 2.2.4.

На рисунке 2.5 представлены кривые изменения температуры различных слоёв и высоты ВТЗ при температуре пекарной камеры 180 °С.

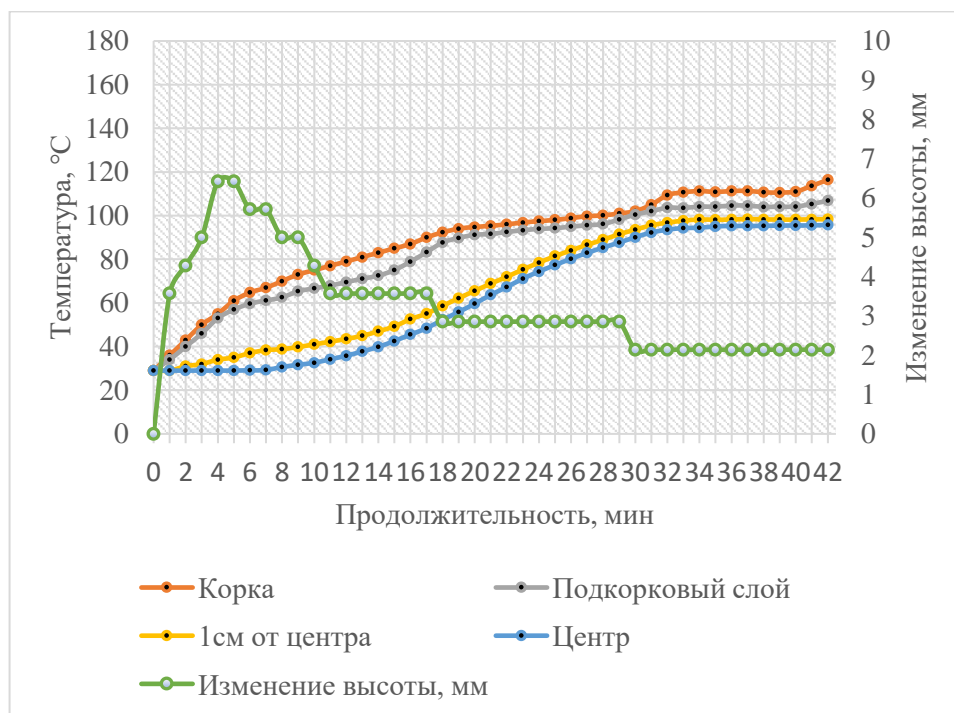


Рисунок 2.5 – Изменение температуры и высоты ВТЗ при температуре пекарной камеры 180 °С от продолжительности выпечки

Анализируя график можно сделать вывод, что при достижении максимального изменения высоты ВТЗ, которое наступает на 4 минуте выпечки, начинается процесс перехода теста в мякиш при температуре 55 °С, что соответствует окончанию микробиологических процессов. Прогрев разных слоев ВТЗ происходит неравномерно в направлении от поверхности к центру, интенсивнее всего прогреваются верхний и нижний слои, а при достижении температуры 100 °С начинается образование корки. Образование корки при данной температуре пекарной камеры происходило на 30 минуте, при этом температура внутренних слоев выравнивалась и достигала 96 °С. При дальнейшем прогреве ВТЗ температура мякиша не изменялась. Высота тестовой заготовки в процессе выпечки уменьшалась на 4–5 мм. Для получения готового продукта требовался

достаточно длительный прогрев при температуре 180 °С, что отрицательно сказывалось на качестве хлеба. Изменение высоты ВТЗ происходило скачкообразно, в следствии того, что у ржано-пшеничного хлеба стенки пор не растягиваются, а с увеличением давления в порах и продолжительности выпечки лопаются [20].

На рисунке 2.6 представлены кривые изменения температуры различных слоёв и высоты ВТЗ при температуре пекарной камеры 210 °С.

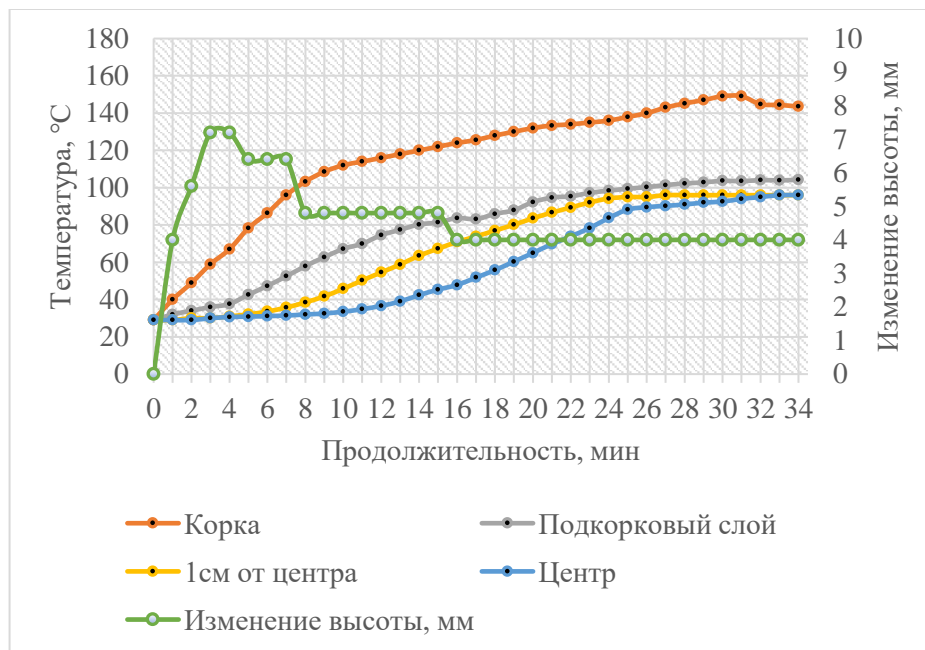


Рисунок 2.6 – Изменение температуры и высоты ВТЗ при температуре пекарной камеры 210 °С от продолжительности выпечки

При температуре пекарной камеры 210 °С максимальное изменение высоты верхнего слоя ВТЗ происходило при температуре 59 °С и на третьей минуте выпечки начинался процесс перехода теста в мякиш. Образование корки начиналось на 8–9 минуте. Достижение центральными слоями температуры 96 °С происходило на 28–29 минуте. Изменение высоты ВТЗ при данном режиме выпечки составило 3–4 мм [20].

На рисунке 2.7 представлены кривые изменения температуры различных слоёв и высоты ВТЗ при температуре пекарной камеры 240 °С.

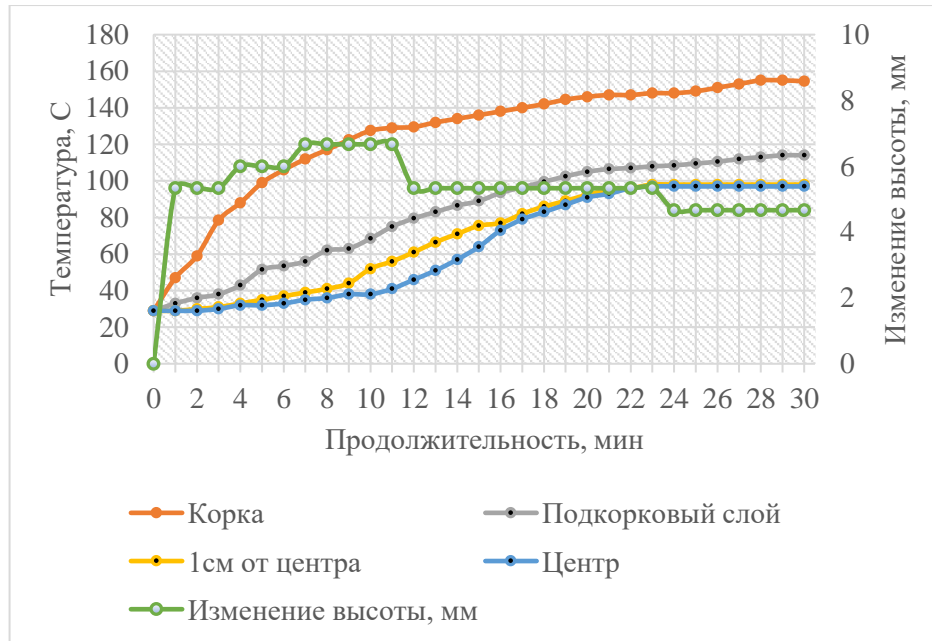


Рисунок 2.7 – Изменение температуры и высоты ВТЗ при температуре пекарной камеры 240 °С от продолжительности выпечки

При температуре пекарной камеры 240 °С происходило сокращение продолжительности выпечки до полной готовности изделия. При достаточно большом изменении высоты ВТЗ, наблюдаемом на 2–3 минуте, температура поверхности ВТЗ достигла 59 °С. Далее происходил плавный рост высоты до 7-ой минуты с последующим её уменьшением на 2–2,5 мм, что соответствует началу перехода теста в мякиш при температуре внутренних слоев 67–68 °С. Корка начинала образовываться на 6–7 минуте. Температура внутренних слоев тестовой заготовки уравнивалась на 21–22 минуте и достигала температуры 96–98 °С. Продолжая выпечку еще в течение 4–5 минут, получали полуфабрикат высокой степени готовности [20].

На рисунке 2.8 представлены кривые изменения температуры различных слоёв и высоты ВТЗ при температуре пекарной камеры 270 °С.

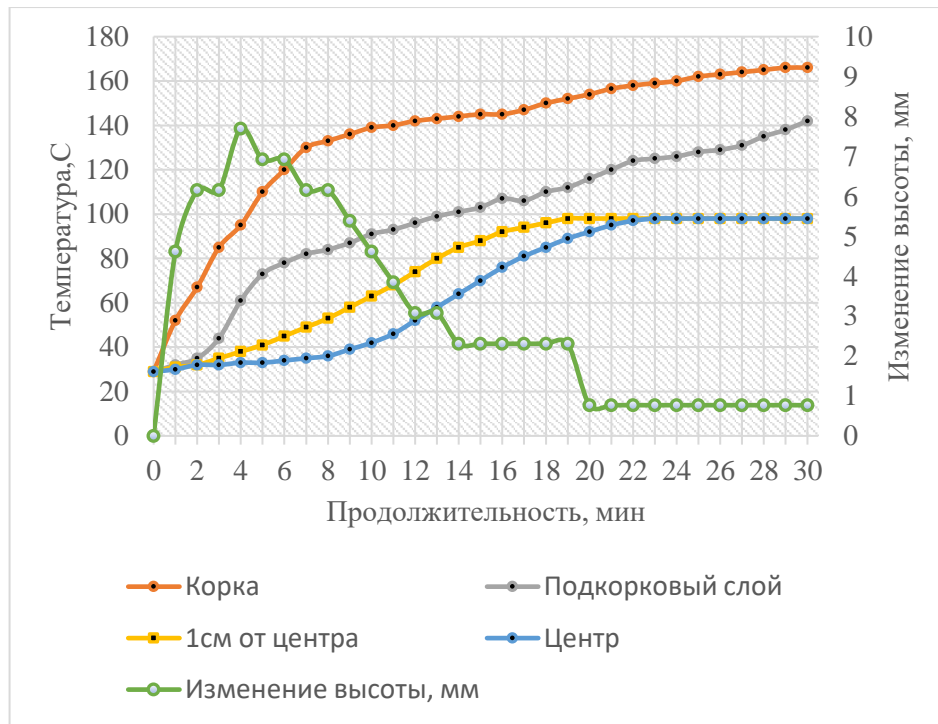


Рисунок 2.8 – Изменение температуры и высоты ВТЗ при температуре пекарной камеры 270 °С от продолжительности выпечки

При температуре пекарной камеры 270 °С рост изменения высоты продолжался до 4 минуты и далее происходила плавная усадка изделия, вследствие разрыва пор у поверхности ВТЗ. Изменение высоты тестовой заготовки при данном режиме максимально и соответствует 6–8 мм. Образование корки наступало на 4–5 минуте, но температура внутренних слоев уравнивалась на 20–21 минуте, т.к. теплоизолирующая корка не позволяла быстро прогреваться всем слоям. При данном режиме наблюдаем темную и подгорелую корку [20].

#### 2.4.1.2 Исследование влияния продолжительности выпечки на процесс прогрева тестовых заготовок, предназначенных для приготовления замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности

При изучении влияния продолжительности выпечки на процесс прогрева тестовых заготовок, предназначенных для приготовления полуфабрикатов высокой степени готовности, проводили исследования при продолжительности 25, 30, 35 и 40 минут и температуре пекарной камеры 240 °С. Тесто готовили по рецептуре и

методике, описанной в разделе 2.2.2. Методика проведения исследований представлена в разделе 2.2.4.

При разных продолжительностях выпечки все процессы протекали единообразно. Как видно из графика на 21-22 минуте прогрева тестовой заготовки температура внутренних слоев достигает 96-98 °С и сохраняется неизменной в течение следующего периода выпечки независимо от продолжительности.

На рисунке 2.9 представлены кривые изменения температуры различных слоёв и высоты ВТЗ при температуре в пекарной камере 240 °С и продолжительности выпечки 30 минут.

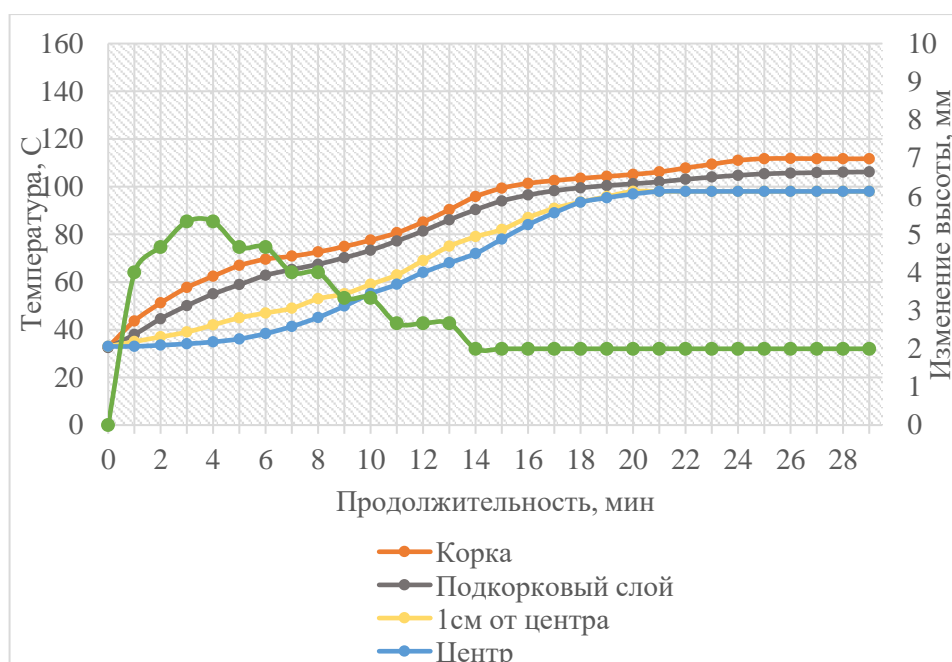


Рисунок 2.9 – Изменение температуры и высоты ВТЗ при температуре 240 °С пекарной камеры от продолжительности выпечки

По полученным графикам можно определить, когда начинается момент образования корки, переход теста в мякиш и зафиксировать готовность изделия и рекомендовать продолжительность выпечки полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания.

Основной вывод, вытекающий из данного исследования следует, что продолжительность выпечки не влияет на температуру внутренних слоев, а влияет только на толщину и цвет корки изделия.

### **2.4.1.3 Исследование влияния режимных параметров выпечки на качество формового ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности**

Проводили исследования влияния режимных параметров выпечки на качество формового ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, выпеченных при одностадийной выпечке и температуре пекарной камеры 180, 210, 240 и 270 °С. Тесто готовили по рецептуре и методике, описанной в разделе 2.2.2. Методика проведения исследований представлена в разделе 2.2.3.

Физико-химические показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, приведены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Физико-химические показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, выпеченных при температуре пекарной камеры 180, 210, 240 и 270 °С

Наименование показателей	Показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, выпеченных при разной температуре пекарной камеры			
	180 °С	210 °С	240 °С	270 °С
Удельный объём, см <sup>3</sup> /г	1,6	1,8	2,1	2,0
Влажность, %	46,2	46,8	47,5	47,2
Кислотность, град	6,0	6,0	6,4	6,4
Пористость, %	58	60	64	62
Деформация общая, мм	6,6	6,7	6,9	7,1
Деформация упругая, мм	3,1	3,1	3,7	3,6
Деформация пластическая, мм	3,5	3,6	3,2	3,5
Упёк, %	11	12	13	16



На рисунке 2.10 представлена профилограмма органолептических показателей качества ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, выпеченных при температуре пекарной камеры 180, 210, 240 и 270 °С.

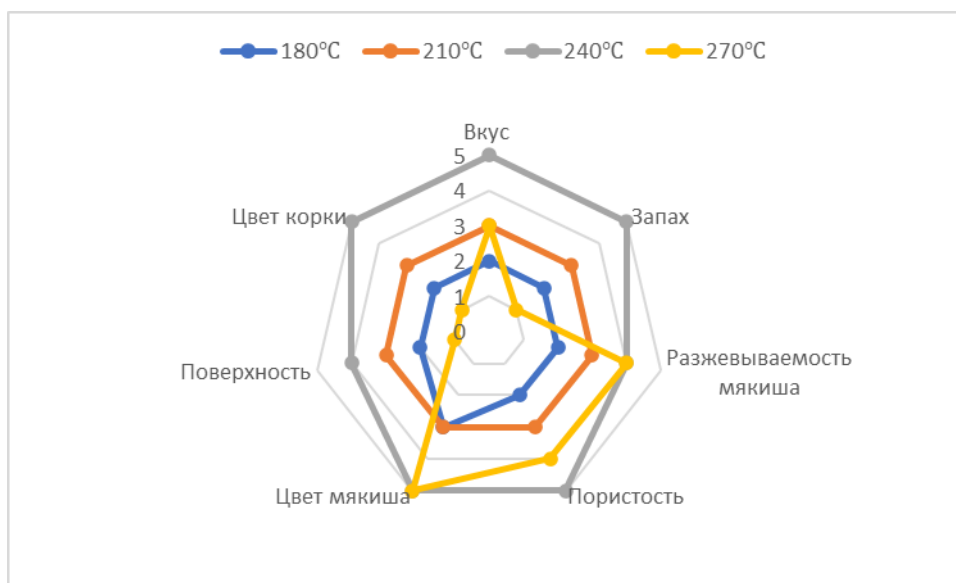


Рисунок 2.10 – Профилограмма органолептических показателей качества ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, выпеченных при температуре пекарной камеры 180, 210, 240 и 270 °С

Проанализировав полученные результаты можно сделать вывод, что лучшее качество ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, выпеченных при температуре пекарной камеры 180, 210, 240 и 270 °С достигается при температуре пекарной камеры 240 °С.

При увеличении температуры пекарной камеры также наблюдали изменение пористости в сторону увеличения. Упек при температуре 270 °С был равен 16 %, что является очень большим значением.

Проводили исследования влияния продолжительности выпечки на качество ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, выпеченных при температуре пекарной камеры 240 °С и продолжительности 25, 30, 35 и 40 минут. Тесто готовили по рецептуре и методике, описанной в разделе 2.2.2. Методика проведения исследований представлена в разделе 2.2.3.

Физико-химические показатели качества при продолжительности 25, 30, 35 и 40 минут и температуре пекарной камеры 240 °С ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, приведены в таблице 2.12.

Таблица 2.12 – Физико-химические показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, выпеченных при температуре пекарной камеры 240 °С и различной продолжительности

Наименование показателей	Показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, выпеченных при температуре пекарной камеры 240 °С и различной продолжительности			
	25 мин	30 мин	35 мин	40 мин
Удельный объём, см <sup>3</sup> /г	1,9	2,2	2,0	1,8
Влажность, %	47,2	46,8	46,6	46,2
Кислотность, град	6,4	6,6	6,8	6
Пористость, %	61	64	60	59
Деформация общая, мм	6,9	7,2	7,2	7,3
Деформация упругая, мм	3,5	3,6	3,6	3,5
Деформация пластическая, мм	3,4	3,6	3,6	3,8
Упёк, %	12	13	14	15

На рисунке 2.11 представлена профилограмма органолептических показателей качества ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, выпеченных при температуре пекарной камеры 240°C различной продолжительности

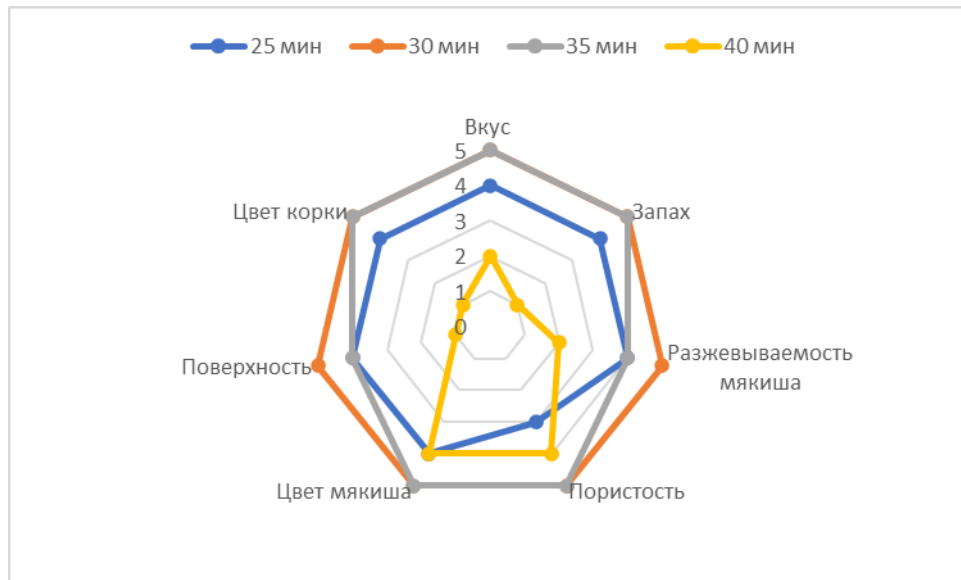


Рисунок 2.11 - Профилограмма органолептических показателей ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, выпеченных при температуре пекарной камеры 240°C различной продолжительности

Увеличение продолжительности выпечки ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания, оказывает влияние как на физико-химические показатели качества, так и на органолептические.

Проанализировав полученные результаты, можно сделать вывод, что продолжительность выпечки при постоянной температуре пекарной камеры не влияет на момент перехода теста в мякиш, а влияет на качественные показатели, уменьшается влажность и кислотность изделия [19].

Продолжительность выпечки не влияет на изменение высоты готового продукта.

По результатам исследований сделали вывод, что лучший режим выпечки ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности,

предназначенных для замораживания, соответствует продолжительности не более 30 минут.

### **Заключение по разделу 2.4.1**

Получены новые теплофизические характеристики ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности в зависимости от различных технологических факторов – температуры и продолжительности выпечки.

Установлено, что температура пекарной камеры влияет на процесс прогрева полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания. Температура пекарной камеры влияет не только на продолжительность выпечки и, следовательно, на все процессы, происходящие в ВТЗ, но и на качество полуфабрикатов. Одностадийную выпечку полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания, не рекомендуется проводить при температурах пекарной камеры 180 и 210 °С, так как это отрицательно влияет на их качество. На поверхности образуются провалы, лопаются поры из-за выхода газа и значительно увеличивается продолжительность выпечки полуфабрикатов до достижения температуры внутренних слоев 96 °С. Одностадийная выпечка полуфабрикатов при температуре 270 °С также приводит к ухудшению их качества, а именно поджаривает верхняя поверхность. При 240 °С температура внутренних слоев выпекаемой тестовой заготовки выравнивается на 9-10 минут раньше, чем при выпечке при 180 и 210 °С и позволяет получить полуфабрикаты высокой степени готовности, предназначенные для замораживания, хорошего качества. При увеличении продолжительности выпечки выпекаемой тестовой заготовки не происходит изменения конечной температуры мякиша. Продолжительность выпечки влияет на цвет корки и ее толщину.

Выявленные различия в изменении теплофизических характеристик ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания, позволили рекомендовать одностадийную выпечку при температуре пекарной камеры порядка  $(240 \pm 5)$  °С и продолжительность 25-26 минут.

## **2.4.2 Исследование влияния соотношения ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта на изменение теплофизических характеристик тестовых заготовок, предназначенных для приготовления замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности и качество хлеба**

Для исследования влияния соотношения ржаной и пшеничной муки при выпечке на процесс прогрева тестовых заготовок, предназначенных для приготовления ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания, исследования проводили при соотношении муки в смеси 60:40, 70:30 и 80:20.

### **2.4.2.1 Влияние температуры пекарной камеры на процесс прогрева тестовых заготовок с различным соотношением ржаной и пшеничной муки, предназначенных для приготовления полуфабрикатов высокой степени готовности**

Проводили исследования влияния температуры пекарной камеры на процесс прогрева при выпечке полуфабрикатов высокой степени готовности с различным соотношением ржаной и пшеничной муки при температуре пекарной камеры 240 °С. Выпечки проводили по рецептуре, указанной в разделе 2.2.2. Методика проведения исследований представлена в разделе 2.2.4.

На рисунке 2.12 представлены кривые изменения температуры различных слоёв и высоты ВТЗ при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания, полученные при температуре пекарной камеры 240°С, соотношение ржаной обдирной и пшеничной муки 1-го сорта в смеси 60:40. Данные образцы будем считать контрольными.

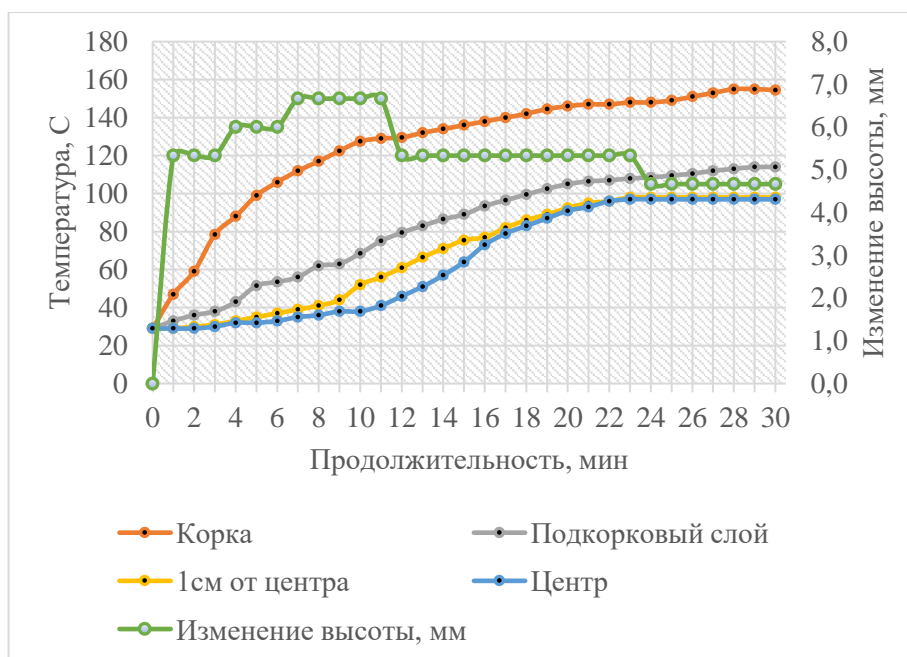


Рисунок 2.12 – Изменение температуры и высоты ВТЗ, предназначенных для замораживания, от продолжительности выпечки при соотношения ржаной и пшеничной муки в смеси 60:40

По рисунку 2.12 видно, что температура внутренних слоёв ВТЗ, предназначенных для замораживания, при соотношения ржаной и пшеничной муки в смеси 60:40, уравнивалась и достигала 96–98 °С на 21–22 минуте. Максимальное изменение высоты 6,5–7,0 мм продолжалось до 7 мин, далее плавная усадка на 1,5–2 мм.

На рисунке 2.13 представлены кривые изменения температуры различных слоёв и высоты ВТЗ при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания, полученные при температуре пекарной камеры 240°С, соотношение ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта в смеси 70:30 без добавок.

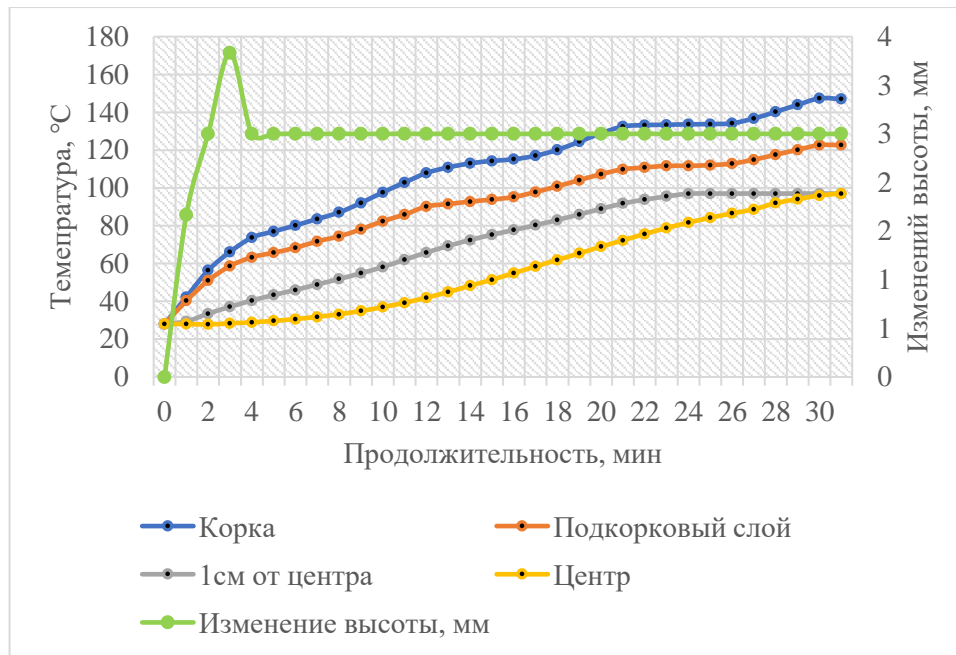


Рисунок 2.13 – Изменение температуры и высоты ВТЗ, предназначенных для замораживания, от продолжительности выпечки при соотношения ржаной и пшеничной муки в смеси 70:30

Анализируя рисунок 2.13, видно, что температура внутренних слоёв ВТЗ, предназначенных для замораживания, при соотношения ржаной и пшеничной муки в смеси 70:30, становилась равной 96–98 °C на 28–29 минуте. Рост высоты продолжался до 3,5 минут и составляет 3,5 мм, далее происходила усадка ВТЗ на 1 мм, а после изменение высоты на всем протяжении выпечки не происходило.

На рисунке 2.14 представлены кривые изменения температуры различных слоев и высоты ВТЗ при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания, полученные при температуре пекарной камеры 240 °C, соотношение ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта в смеси 80:20 без добавок.



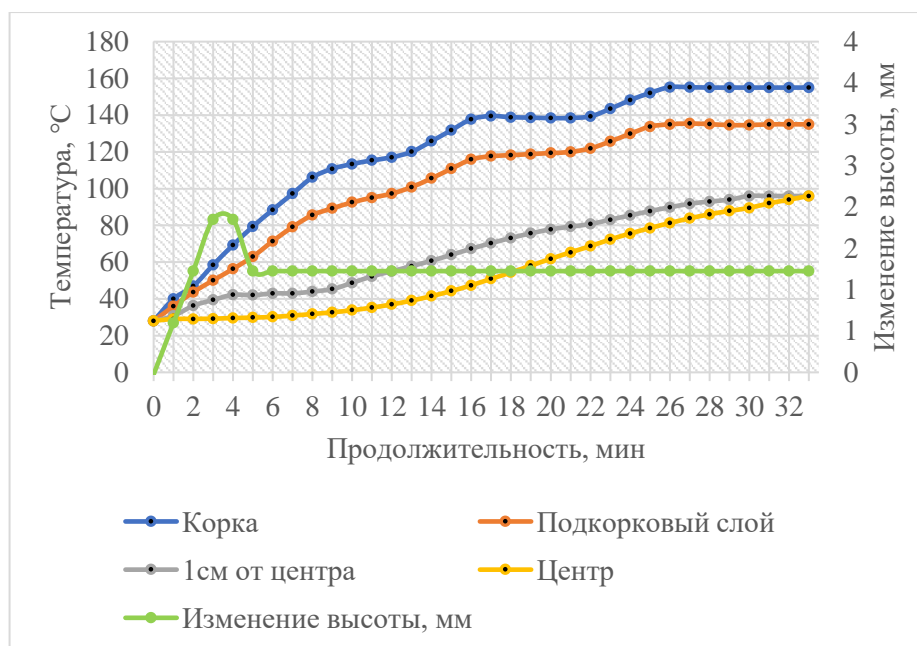


Рисунок 2.14 – Изменение температуры и высоты ВТЗ, предназначенных для замораживания, от продолжительности выпечки при соотношения ржаной и пшеничной муки в смеси 80:20

Температура внутренних слоёв ВТЗ при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания, при соотношения ржаной и пшеничной муки в смеси 80:20 становилась равной 96–98 °C на 30–31 минуте. Рост высоты прекращался на 3–4 минуте и составлял всего около 2 мм, далее усадка 0,5 мм из-за разрыва пор и стабилизация по высоте.

Температура поверхности на момент окончания выпечки при изменении соотношения муки не менялась.

#### **2.4.2.2 Исследование влияния продолжительности выпечки на процесс прогрева тестовых заготовок с различным соотношением ржаной и пшеничной муки, предназначенных для приготовления замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности**

Проводили исследования влияния продолжительности выпечки на процесс прогрева тестовых заготовок, предназначенных для замораживания, с различным соотношением ржаной и пшеничной муки для получения полуфабрикатов высокой степени готовности при температуре пекарной камеры 240 °C. Выпечки проводили

по рецептуре, указанной в разделе 2.2.2. Методика проведения исследований представлена в разделе 2.2.4.

При изменении соотношения ржаной и пшеничной муки наблюдали увеличение продолжительности выпечки тестовых заготовок до момента образования корки от контрольных образцов на 7–8 и 8–9 минуте соответственно для соотношения муки в смеси 70:30 и 80:20, окончание микробиологических процессов, начало коллоидного процесса также наступало со сдвигом уже большим по времени.

Проведя данное исследование, можно сделать вывод, что наблюдался сдвиг в начале всех процессов по продолжительности при увеличении процентного содержания ржаной муки в смеси.

Для получения ржано-пшеничного полуфабриката высокой степени готовности, предназначенного для замораживания, при увеличении соотношения муки необходимо увеличивать продолжительность выпечки от контрольных образцов на 7–8 минут для соотношения ржаной и пшеничной муки в смеси 70:30 и соответственно на 8–9 минут – при соотношении 80:20.

#### **2.4.2.3 Исследование влияния режимных параметров выпечки на качество формового ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности**

Проводили исследования влияния режимных параметров выпечки на качество ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности с различным соотношением ржаной и пшеничной муки и температуре пекарной камеры 240 °С. Выпечки проводили по рецептуре, указанной в разделе 2.2.2. Методика проведения исследований представлена в разделе 2.2.4.

Физико-химические показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности с различным соотношением ржаной и пшеничной муки приведены в таблице 2.13.

Таблица 2.13 – Физико-химические показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности с различным соотношением ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта

Наименование показателей	Показатели качества ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности с различным соотношением ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта		
	60:40	70:30	80:20
Удельный объём, см <sup>3</sup> /г	2,4	2,2	2,1
Влажность, %	47,8	48,0	48,0
Кислотность, град	6,4	6,6	6,8
Пористость, %	60	58	56
Деформация общая, мм	8,1	7,9	7,6
Деформация упругая, мм	3,8	3,7	3,4
Деформация пластическая, мм	4,3	4,2	4,2
Упёк, %	12	11	11

На рисунке 2.15 представлена профилограмма органолептических показателей качества ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности с различным соотношением ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта в смеси.

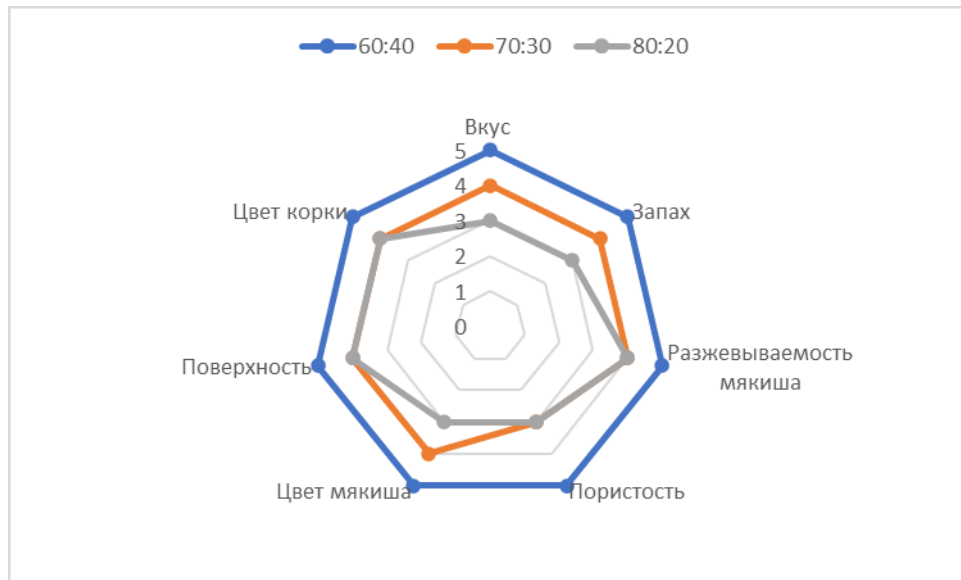


Рисунок 2.15 – Профилограмма органолептических показателей качества ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности с различным соотношением ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта

Проведя анализ полученных результатов, можно сделать вывод, что при увеличении соотношения ржаной муки в смеси при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания, уменьшается пористость изделия и удельный объем. Содержание ржаной муки влияет на формоустойчивость.

#### Заключение по разделу 2.4.2

Увеличение процентного соотношения ржаной муки в смеси при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания, влияет на продолжительность выпечки и следовательно на момент достижения всех внутренних слоев температуры 96–98 °С, а также на начало и продолжительность всех процессов, происходящих при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности.

### **2.4.3 Исследование влияния параметров двухстадийной выпечки на изменение теплофизических характеристик тестовых заготовок, предназначенных для приготовления замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности и качество хлеба**

Так как длительная выпечка при высокой температуре недолжным образом сказывается на качестве изделия, то проводили двухстадийную выпечку ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания, при соотношении ржаной и пшеничной муки в смеси 60:40 по рецептуре представленной в разделе 2.2.2. следующим образом: на первом этапе, который протекает до момента образования корки, т.е. до достижения поверхности 100 °С, выпечку проводили при температуре 270 °С. Момент достижения верхней поверхности 100 °С контролировали с помощью экспериментальной установки, описанной в разделе 2.2.4; второй этап выпечки проводили при температуре 190, 220 и 240 °С.

#### **2.4.3.1 Влияние температуры пекарной камеры при двухстадийной выпечке на процесс прогрева тестовых заготовок, предназначенных для приготовления ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности**

При двухстадийной выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания, проводили исследования для изучения влияния температуры пекарной камеры на процесс прогрева. Тесто готовили по рецептуре и методике, описанной в разделе 2.2.2. Методика проведения исследований представлена в разделе 2.2.4.

На рисунке 2.16 представлена кривая изменения высоты ВТЗ на первом этапе выпечки при достижении температуры верхней поверхности ВТЗ 100 °С.

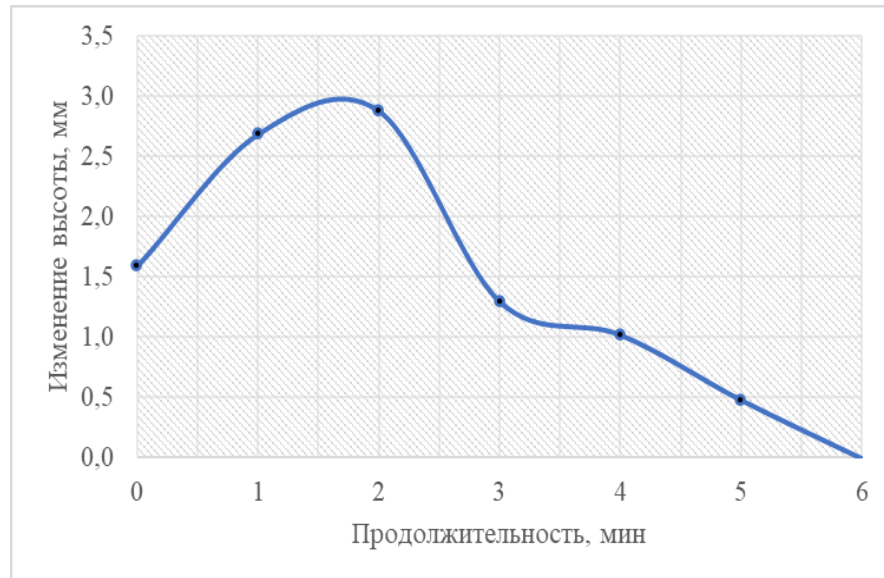


Рисунок 2.16 – Изменение высоты ВТЗ, предназначенных для замораживания, от продолжительности на первом этапе выпечки

По рисунку 2.16 видно, что наибольшее увеличение высоты ВТЗ происходило на второй минуте, далее наблюдалось уменьшение высоты на 2,5 мм из-за разрыва пор.

На рисунке 2.17 представлены кривые изменения температуры различных слоёв тестовых заготовок, предназначенных для получения полуфабрикатов высокой степени готовности, от продолжительности при двухстадийной выпечке, температура второго этапа 190 °С.

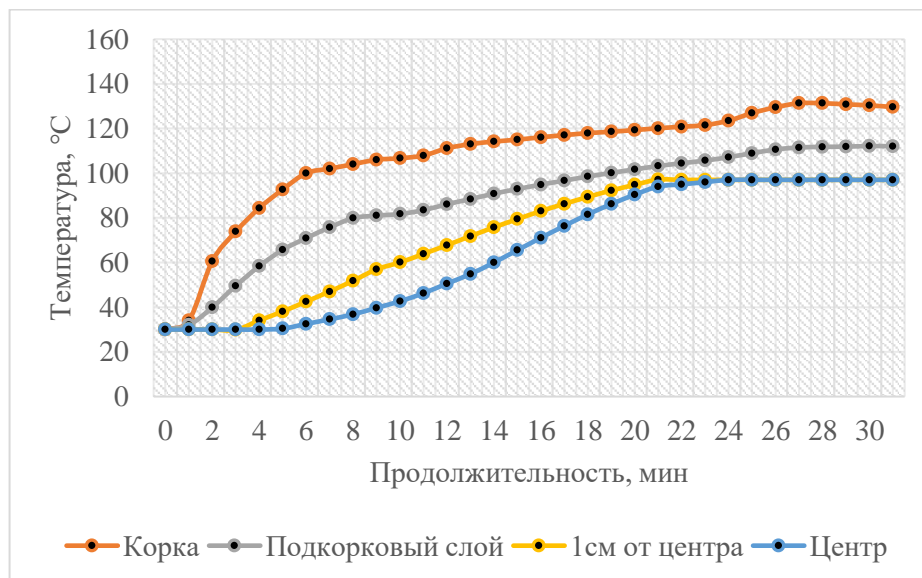


Рисунок 2.17 – Изменение температуры от продолжительности при двухстадийной выпечке ВТЗ, температура второго этапа 190 °С

При температуре пекарной камеры в первом этапе 270 °С, температура поверхности достигала 100 °С на 6–7 минуте, далее режим выпечки изменяли до температуры пекарной камеры 190 °С. Внутренние слои уравнивались по температуре 96–98 °С на 24–25 минуте.

На рисунке 2.18 представлены кривые изменения температуры различных слоёв от продолжительности при двухстадийной выпечке тестовых заготовок, предназначенных для получения полуфабрикатов высокой степени готовности, температура второго этапа 220 °С.

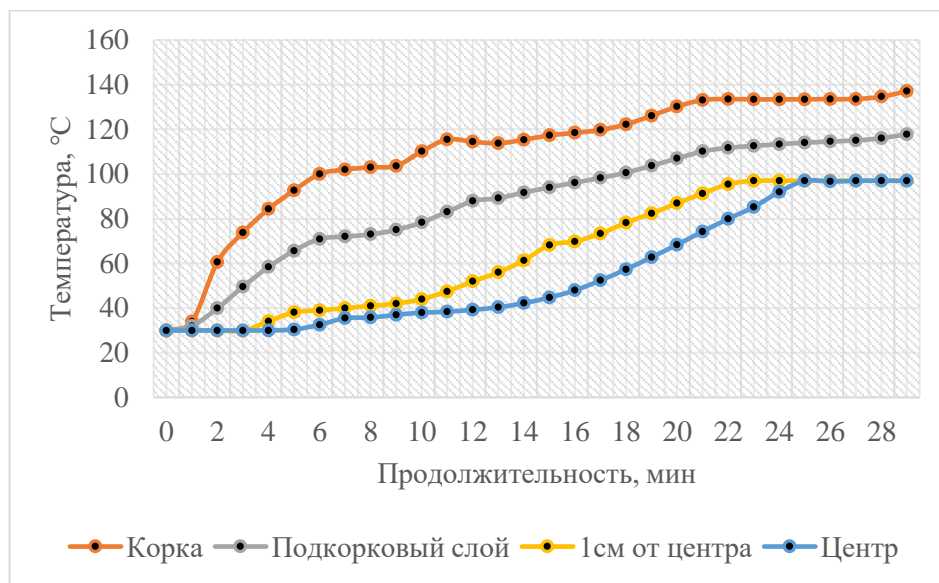


Рисунок 2.18 – Изменение температуры от продолжительности при двухстадийной выпечке ВТЗ, температура второго этапа 220 °С

Так как начальный режим совпадал с предыдущим, то до момента образования корки все протекало одинаково, на втором этапе при увеличении температуры до 220 °С, наблюдали увеличение температуры поверхности-корки и подкоркового слоя, момент достижения температуры 96–98 °С совпал с предыдущим режимом.

На рисунке 2.19 представлены кривые изменения температуры различных слоев от продолжительности при двухстадийной выпечке ВТЗ, температура второго этапа 240 °С.

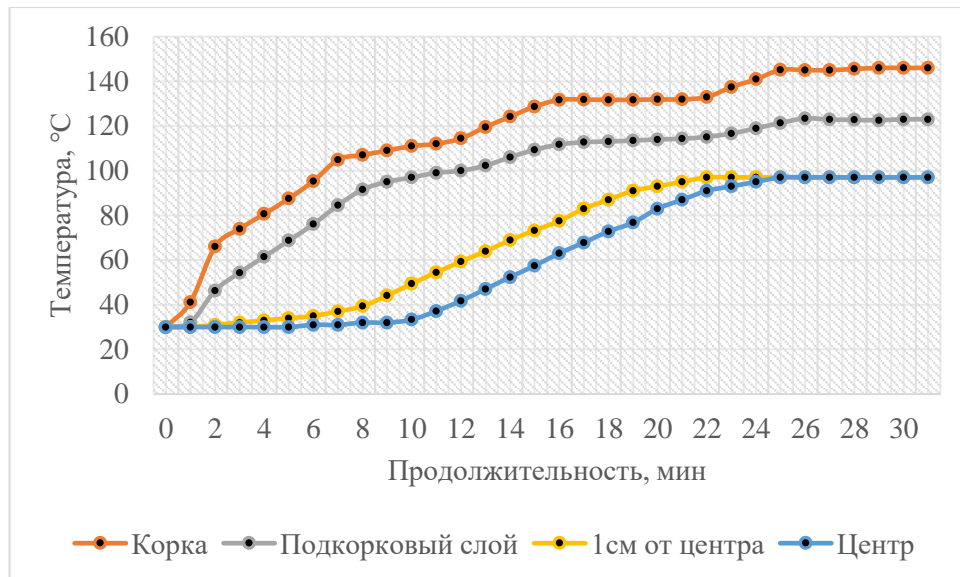


Рисунок 2.19 – Изменение температуры от продолжительности при двухстадийной выпечке ВТЗ, температура второго этапа 240 °С

При температуре 240 °С на втором этапе выпечки наблюдали аналогичные процессы, как и в первых двух режимах. При температуре пекарной камеры 220 и 240 °С, внутренние слои ВТЗ, предназначенных для замораживания, также уравнивались по температуре и достигали 96–98 °С на 24–25 минуте.

#### **2.4.3.2 Исследование влияния продолжительности двухстадийной выпечки на процесс прогрева тестовых заготовок, предназначенных для приготовления замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности**

При двухстадийной выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания, проводили исследования продолжительности на процесс прогрева. Тесто готовили по рецептуре и методике, описанной в разделе 2.2.2. Методика проведения исследований представлена в разделе 2.2.4.

На рисунке 2.20 представлены кривые изменения температуры центра ВТЗ при двухстадийной выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания, при разной температуре 2-го этапа.



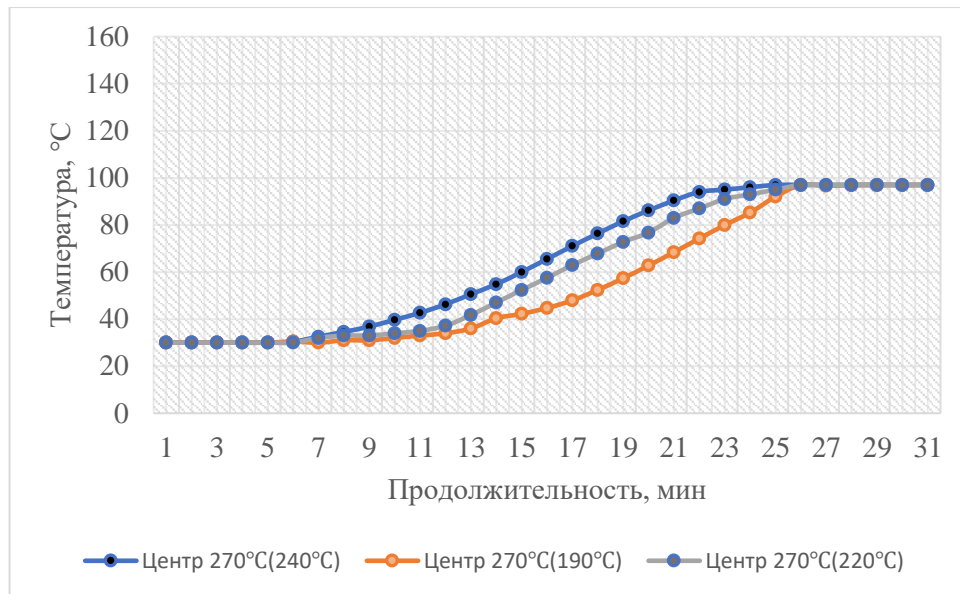


Рисунок 2.20 – Изменение температуры и высоты центра ВТЗ от продолжительности при двухстадийной выпечке при разной температуре 2-го этапа

Анализ графика, представленного на рисунке 2.20 позволяет сделать вывод, что температура пекарной камеры на втором этапе выпечки не влияет на температуру внутренних слоев ВТЗ. Продолжительность выпечки ВТЗ зависит от теплообмена пекарной камеры на первом этапе.

На рисунке 2.21 представлены кривые изменения температуры поверхности-корки от продолжительности при двухстадийной выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания, при разной температуре 2-го этапа.

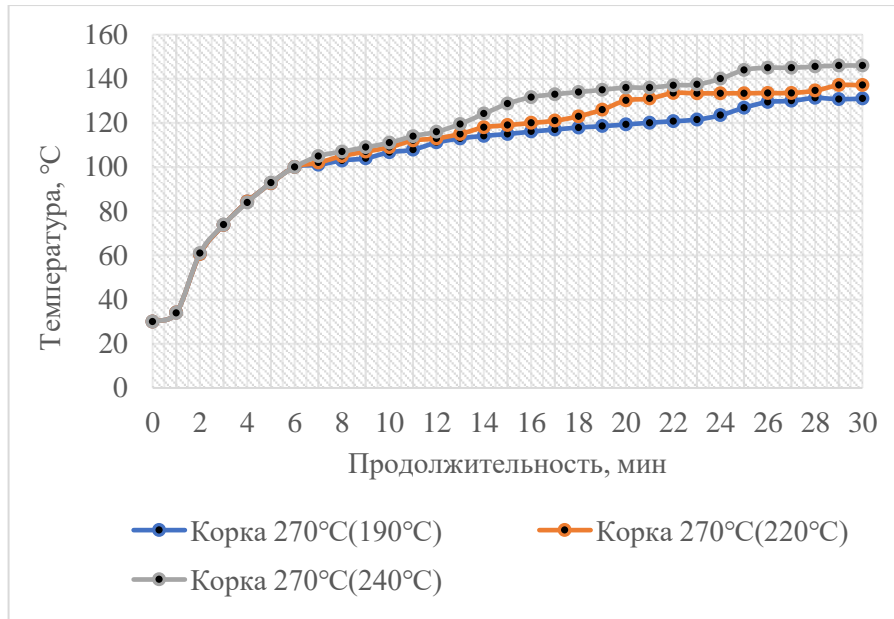


Рисунок 2.22 – Изменение температуры и высоты поверхности ВТЗ от продолжительности при двухстадийной выпечке при разной температуре 2-го этапа

Продолжительность выпечки ВТЗ, предназначенных для замораживания, при данных режимах одинаковая, образовавшаяся корка не позволяет увеличиваться температуре внутренних слоёв больше 96–98°C.

#### **2.4.3.3 Исследование влияния режимных параметров двухстадийной выпечки на качество формового ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности**

Проводили исследование влияния режимных параметров на качество ВТЗ, предназначенных для замораживания, при двухстадийной выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания. Тесто готовили по рецептуре и методике, описанной в разделе 2.2.2. Методика проведения исследований представлена в разделе 2.2.3.

Физико-химические показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, полученных при двухстадийной выпечке приведены в таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Физико-химические показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, полученных при двухстадийной выпечке при разной температуре 2-го этапа

Наименование показателей	Показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности при двухстадийной выпечке		
	1 этап – 270 °С 2 этап – 190 °С	1 этап – 270 °С 2 этап – 220 °С	1 этап – 270 °С 2 этап – 240 °С
Удельный объём, см <sup>3</sup> /г	2,0	2,1	2,2
Влажность, %	48,0	48,2	48,4
Кислотность, град	6,0	6,2	6,4
Пористость, %	58	58	60
Деформация общая, мм	7,9	7,9	8,1
Деформация упругая, мм	3,7	3,7	3,9
Деформация пластическая, мм	4,2	4,2	4,2
Упёк, %	11	11	12

На рисунке 2.23 представлена профилограмма органолептических показателей качества ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, полученных при двухстадийной выпечке при разной температуре 2-го этапа.

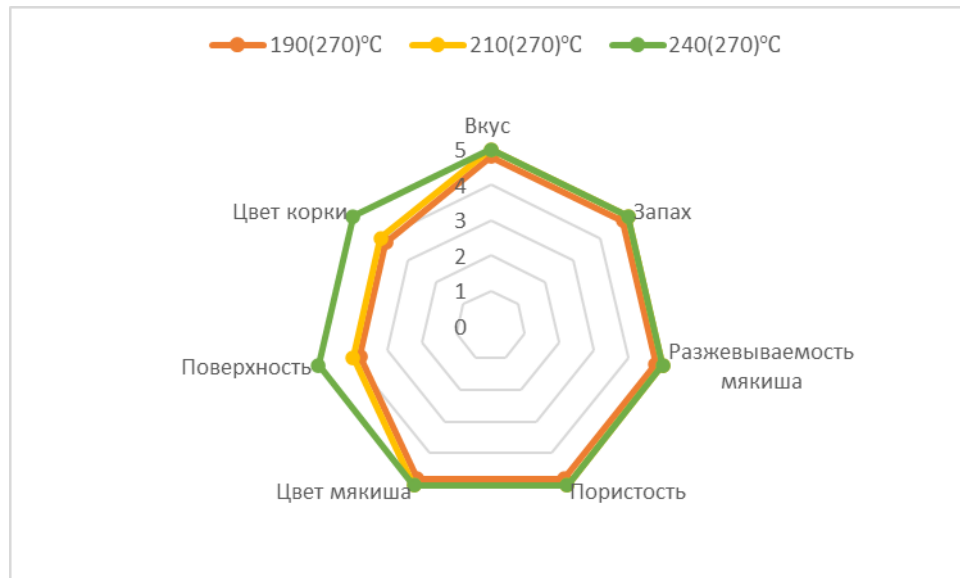


Рисунок 2.23 – Профилограмма органолептических показателей качества ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, полученных при двухстадийной выпечке при разной температуре 2-го этапа

Проводя анализ полученных данных при двухстадийной выпечке ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, видим, что температура 2-го этапа не оказывает влияние на качественные показатели хлеба.

### Заключение по разделу 2.4.3

Из анализа результатов следует, что температура пекарной камеры на втором этапе выпечки влияет только на температуру поверхности-корки ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания, а следовательно, на ее цвет, вкус и аромат. На продолжительность выпечки оказывает влияние температура пекарной камеры на первом этапе выпечки. Образовавшаяся корка не позволяет увеличиваться температуре внутренних слоев больше 96–98 °С и продолжительность выпечки не меняется при

изменении режимных параметров. Наилучшим по всем показателям выбираем ржано-пшеничный хлеб из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, который выпечен при температуре второго этапа 240 °С.

#### **2.4.4 Исследование влияния добавления жировых продуктов и муки из семян чиа на изменение теплофизических характеристик тестовых заготовок, предназначенных для приготовления замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности и качество хлеба**

При изучении влияния добавления жировых продуктов растительного и животного происхождения, муки из семян чиа на процесс прогрева ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности проводили выпечку с добавлением подсолнечного и кукурузного масел, жира энзимной переэтерификации, маргарина и муки из семян чиа. Исследовали лучшую дозировку данных добавок и соответственно влияние на процесс прогрева ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания.

##### **2.4.4.1 Исследование влияния дозировки жировых продуктов и муки из семян чиа на качество формового ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности**

Для проведения исследования использовали муку ржаную обдирную и муку пшеничную 1-го сорта. Тесто готовили безопарным способом на густой ржаной закваске с добавлением различных жировых продуктов: подсолнечного и кукурузного масел, столового маргарина и заменителя молочного жира, полученного энзимной переэтерификацией, и муки из семян чиа по рецептуре, указанной в разделе 2.2.2. Методика проведения исследований представлена в разделе 2.2.4.

Выпекали все полуфабрикаты высокой степени готовности при температуре пекарной камеры 240 °С, охлаждали при комнатной температуре, упаковывали в пищевую полиэтиленовую пленку и замораживали при  $-(35-37)$  °С сроком 3 дня. Далее все полуфабрикаты размораживали при комнатной температуре и допекали до полной готовности изделия.

После проводили исследования по физико-химическим и органолептическим показателям качества по методике, указанной в разделе 2.2.3, для выявления дозровок лучшего качества.

Контрольными образцами служили полуфабрикаты высокой степени готовности и ржано-пшеничный хлеб, полученный из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, приготовленных из смеси ржаной обдирной муки и пшеничной муки 1-го сорта в соотношении 60:40 без жировых добавок.

Физико-химические показатели качества ржано-пшеничного хлеба при добавлении подсолнечного масла, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, приведены в таблице 2.15, при добавлении кукурузного масла в таблице 2.16 соответственно.

Таблица 2.15 – Физико-химические показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба, при добавлении подсолнечного масла в рецептуру в различном соотношении, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности

Наименование показателей	Показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба, при добавлении подсолнечного масла в рецептуру в различном соотношении, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности			
	Контроль	1 %	2 %	3 %
Удельный объём, см <sup>3</sup> /г	2,0	2,2	2,3	2,4
Влажность, %	47,8	46,8	47	47,2
Кислотность, град	6,4	5,8	6,0	6,2
Пористость, %	58	61	62	64
Деформация общая, мм	6,9	7,2	7,2	7,3
Деформация упругая, мм	3,7	3,6	3,8	3,7
Деформация пластическая, мм	3,2	3,6	3,4	3,6



Таблица 2.16 – Физико-химические показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба, при добавлении кукурузного масла в рецептуру в различном соотношении, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности

Наименование показателей	Показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба, при добавлении кукурузного масла в рецептуру в различном соотношении, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности			
	Контроль	1 %	2 %	3 %
Удельный объём, см <sup>3</sup> /г	1,95	2,0	2,2	2,4
Влажность, %	47,8	46,8	47	47,2
Кислотность, град	6,4	5,8	5,6	5,8
Пористость, %	59	60	61	62
Деформация общая, мм	6,9	7,1	7,2	7,3
Деформация упругая, мм	3,7	3,8	4	4,2
Деформация пластическая, мм	3,2	3,3	3,2	3,1

Анализ физико-химических показателей качества ржано-пшеничного хлеба с добавлением подсолнечного и кукурузного масел, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, представленных в таблицах 2.15 и 2.16, показал одинаковую тенденцию изменения параметров. Так удельный объем увеличивался по сравнению с контрольными образцами, при добавлении от 1% до 3 % содержания масел, увеличивался от 2,5 до 20 % процентов по сравнению с контрольными образцами. Влажность менялась незначительно и не превышала 1-2 %. Кислотность при увеличении процентного содержания масел от 1 до 3 % уменьшалась от 10 до 4% по сравнению с контрольными образцами. Пористость увеличивалась от 2 до 5 %, упругая деформация увеличивалась при 3-х процентном содержании масел примерно на 5 %. Все это хорошо сказывалось на качестве, о чем как раз и показывает дополнительно органолептический анализ.

На рисунке 2.24 представлены профилограммы органолептических показателей качества ржано-пшеничного формового хлеба при добавлении подсолнечного и кукурузного масел в рецептуру в различном соотношении, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности.

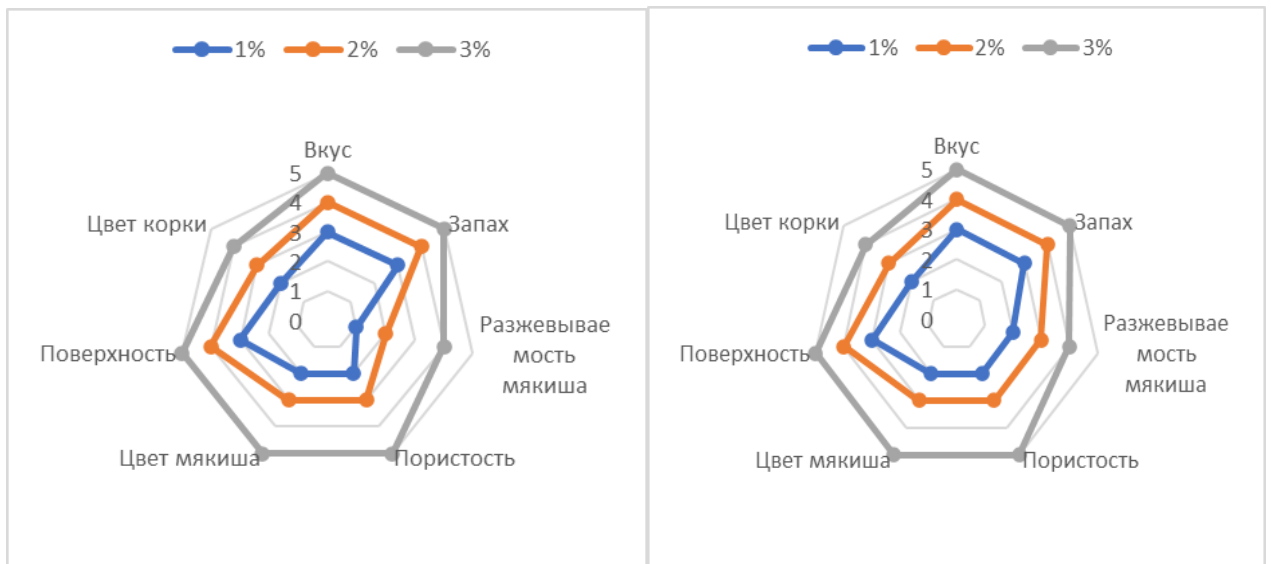


Рисунок 2.24 - Профилограмма органолептических показателей качества ржано-пшеничного формового хлеба, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности при добавлении:

а - подсолнечного и б - кукурузного масел

Ржано-пшеничный хлеб с добавлением подсолнечного и кукурузного масел имел правильную форму, свойственную формовому хлебу. Поверхность хлеба без подрывов и трещин. Цвет корки коричневый. Хлеб с добавлением 3 % масла отличался насыщенным цветом корки и мякиша, более глянцевого поверхностью. Мякиш хлеба с 3 % содержания масел был эластичнее, с более развитой пористостью. Вкус и аромат соответствовал ржано-пшеничному хлебу.

Следующий анализ посвятим добавкам маргарина и жира энзимной переэтерификации в рецептуру. По физико-химическим показателям качества при добавлении этих двух продуктов в рецептуру также наблюдается одинаковая динамика. Удельный объём и влажность изменялись аналогично как при добавлении подсолнечного и кукурузного масел в рецептуру. Кислотность по сравнению с контрольными образцами при добавлении 1 % жира или маргарина уменьшилась на 2 %, при 2 % соответствовала контрольным образцам, а при 3 % увеличилась на 6 %. Пористость возрастала от 2 до 6 %. Упругая деформация при добавлении 3 % маргарина возросла на 30%, а при добавлении жира не изменялась по сравнению с контрольными образцами.

Результаты анализа представлены в следующих таблицах: физико-химические показатели качества ржано-пшеничного хлеба при добавлении маргарина, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, в таблице 2.17, при добавлении жира энзимной переэтерификации, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, в таблице 2.18.

Таблица 2.17 – Физико-химические показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба при добавлении маргарина в рецептуру в различном соотношении, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности

Наименование показателей	Показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба при добавлении маргарина в рецептуру в различном соотношении, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности			
	Контроль	1 %	2 %	3 %
Удельный объём, см <sup>3</sup> /г	2,0	2,1	2,2	2,4
Влажность, %	47,8	46,4	46,8	47
Кислотность, град	6,4	6,2	6,4	6,8
Пористость, %	60	62	62	64
Деформация общая, мм	6,9	7	7,1	7,4
Деформация упругая, мм	3,7	3,8	3,9	4,8
Деформация пластическая, мм	3,2	3,2	3,3	3,6

Таблица 2.18 – Физико-химические показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба при добавлении жира энзимной переэтерификации в рецептуру в различном соотношении, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности

Наименование показателей	Показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба при добавлении жира энзимной переэтерификации в рецептуру в различном соотношении, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности			
	Контроль	1 %	2 %	3 %
Удельный объём, см <sup>3</sup> /г	2,1	2,2	2,6	2,7
Влажность, %	47,8	48	48	48,2
Кислотность, град	6,0	6,5	6,5	7,0
Пористость, %	62	65	65	68
Деформация общая, мм	6,9	7,2	7,4	7,8
Деформация упругая, мм	3,7	3,7	3,7	3,8
Деформация пластическая, мм	3,2	3,5	3,4	4,0

На рисунках 2.25 и 2.26 представлены профилограммы органолептических показателей качества ржано-пшеничного формового хлеба при добавлении маргарина и жира энзимной переэтерификации в рецептуру в различном соотношении, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности.

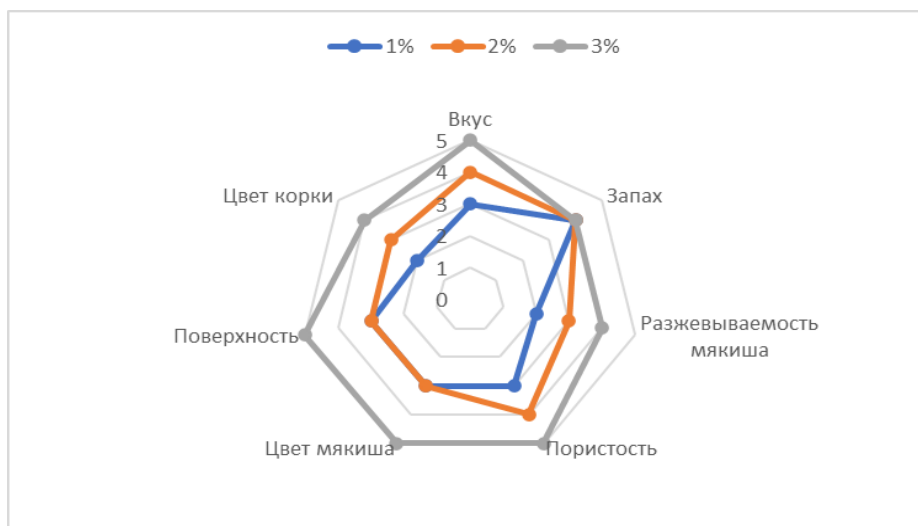


Рисунок 2.25 – Профилограмма органолептических показателей качества ржано-пшеничного формового хлеба при добавлении маргарина в рецептуру в различном соотношении, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности

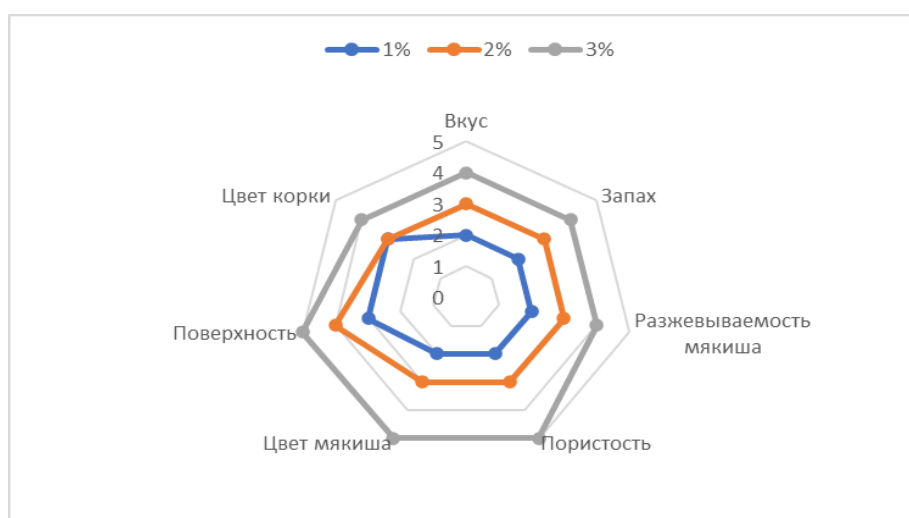


Рисунок 2.26 – Профилограмма органолептических показателей качества ржано-пшеничного формового хлеба при добавлении жира энзимной переэтерификации в рецептуру в различном соотношении, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности

При добавлении маргарина в рецептуру отмечался самый большой объем готового изделия с ровной коричневой глянцевой коркой. При добавлении жира при том же режиме выпечки наблюдалась более темная корка. Вкус и аромат ржано-пшеничного хлеба с добавлением жира и маргарина соответствовал вкусу и аромату данного вида хлеба. Лучший по органолептическим свойствам получился хлеб при добавлении 3 % маргарина и жира в рецептуру из-за вкусовых свойств, состояния мякиша, пористости и однородности структуры.

Физико-химические показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба при добавлении при добавлении муки из семян чиа, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, приведены в таблице 2.19.

Таблица 2.19 – Физико-химические показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба при добавлении муки из семян чиа в рецептуру в различном соотношении, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности

Наименование показателей	Физико-химические показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба при добавлении при добавлении муки из семян чиа в различном соотношении, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности					
	Контроль	1%	2%	3%	4%	5%
Удельный объём, см <sup>3</sup> /г	2,0	2,3	2,4	2,4	2,4	2,6
Влажность, %	47,8	47	47	47,2	47,4	47,6
Кислотность, град	6,0	6,2	6,2	6,4	6,4	6,6
Пористость, %	62	64	64	66	68	70
Деформация общая, мм	6,9	7,1	7,1	7,2	7,1	7,3
Деформация упругая, мм	3,7	3,5	3,5	3,5	3,6	3,7
Деформация пластическая, мм	3,2	3,6	3,6	3,7	3,5	3,6



На рисунке 2.27 представлена профилограмма органолептических показателей качества ржано-пшеничного формового хлеба при добавлении муки из семян чиа в рецептуру в различном соотношении, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности.

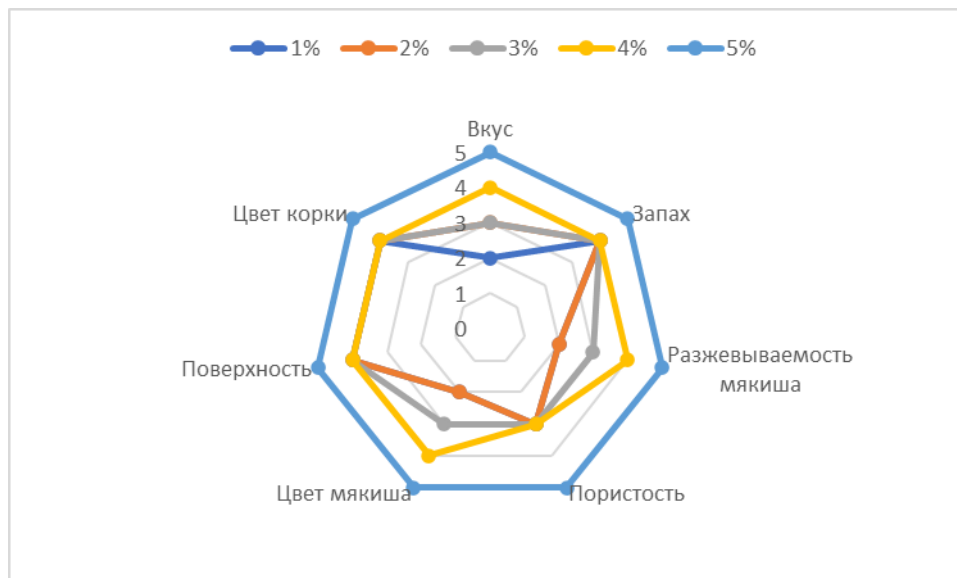


Рисунок 2.27 – Профилограмма органолептических показателей качества ржано-пшеничного формового хлеба при добавлении муки из семян чиа в рецептуру в различном соотношении, полученного из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности

Ржано-пшеничный хлеб с добавлением муки из семян чиа в количестве 1–5 % имел правильную слегка выпуклую форму. Поверхность у всех образцов гладкая, без трещин и подрывов. Окраска корки светло-коричневая, равномерная. Образцы обладали ярко выраженным ароматом и вкусом ржано-пшеничного хлеба с ореховой ноткой. Мякиш, пропеченный с равномерной пористостью, не липкий и не влажный на ощупь, достаточно эластичный, без «закала» (без пористой плотной полосы мякиша вдоль нижней корки, возникающей при выпечке хлеба в недостаточно прогретой печи) и «непромесов» (комочков муки или кусочков старого хлеба в толще мякиша).

Наилучшими органолептическими показателями обладал хлеб с дозировкой муки из семян чиа в количестве 5 %. Данный хлеб отличался от остальных ровной поверхностью и равномерной окраской, равномерной тонкостенной пористостью.

Проведенные исследования ржано-пшеничного хлеба с добавлением муки из семян чиа 1–5 % по физико-химическим показателям показали, что с увеличением количества муки из семян чиа от 1 до 5 % удельный объем по сравнению с контрольными образцами увеличивался постепенно при увеличении процентного содержания примерно от 15 до 30 %. Увеличение влажности не превышало 1 %. Кислотность увеличилась от 3 до 10 %. А пористость увеличилась при 1 % порядка 3 %, а при 5 % – на 12 %. Упругая деформация уменьшилась при добавлении 1 % муки из семян чиа на 2 %, а при 5 % – стала равна упругой деформации контрольных образцов. В результате, наилучшими физико-химическими показателями обладал ржано-пшеничный хлеб с добавлением муки из семян чиа в количестве 5% с хорошей пористой структурой [72].

Установили, что лучшее качество достигается при добавлении подсолнечного и кукурузного масел, столового маргарина и заменителя молочного жира, полученного энзимной переэтерификацией в количестве 3 % от массы муки, а муки из семян чиа – 5 % в дозировку при выпечке ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности.

#### **2.4.4.2 Влияние жировых продуктов и муки из семян чиа на процесс прогрева тестовых заготовок, предназначенных для приготовления замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности**

Проводили исследования влияния жировых продуктов на процесс прогрева ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания. Тесто готовили по рецептуре и методике, описанной в разделе 2.2.2. Методика проведения исследований представлена в разделе 2.2.4.

В процессе исследования при выпечке в режиме реального времени проводились измерения температуры различных слоев выпекаемых тестовых заготовок и также записывалось изменение высоты ВТЗ в процессе выпечки. Температура пекарной камеры составляла  $(240 \pm 5)$  °С. Далее, полуфабрикаты высокой степени готовности, охлажденные до комнатной температуры, упаковывали в полиэтиленовую пищевую пленку и помещали в морозильную

камеру с температурой от  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-37\text{ }^{\circ}\text{C}$  на различные сроки хранения: 1 неделя, 3 недели, и 2-х месяцев.

Контрольными образцами являлись полуфабрикаты высокой степени готовности и ржано-пшеничный хлеб, выпеченный из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, приготовленных из смеси ржаной обдирной муки и пшеничной муки первого сорта в соотношении 60:40 без жировых добавок.

На рисунке 2.28 представлены кривые изменения температуры различных слоёв и изменение высоты ВТЗ при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания, полученных при температуре пекарной камеры  $240\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

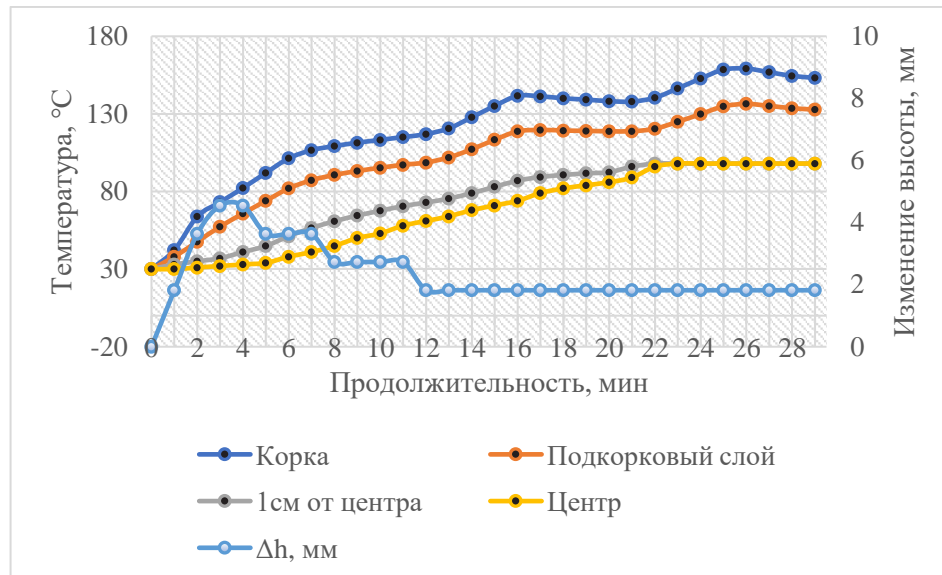


Рисунок 2.28 – Изменение температуры и высоты ВТЗ при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания, от продолжительности выпечки

На рисунке 2.29 представлены кривые изменения температуры различных слоёв и изменение высоты ВТЗ при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности с добавлением 3% подсолнечного масла, предназначенных для замораживания, полученных при температуре пекарной камеры  $240\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

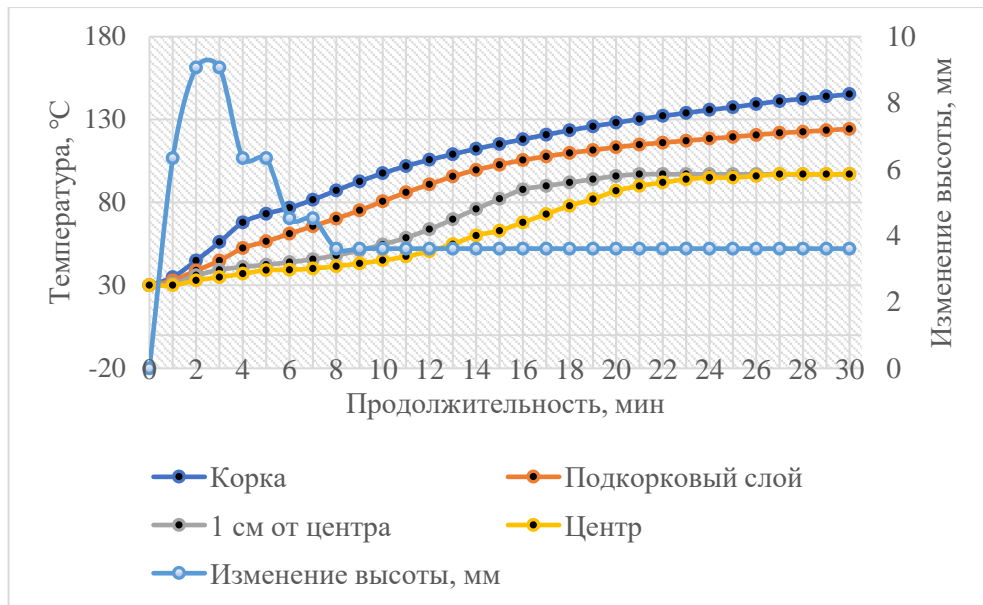


Рисунок 2.29 – Изменение температуры и высоты ВТЗ от продолжительности при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности с добавлением 3% подсолнечного масла, предназначенных для замораживания

При анализе графика, изображенного на рисунке 2.29, можно сделать вывод, что продолжительность выпечки при добавлении подсолнечного масла увеличивается на 5–6 минут от выпечки контрольных образцов, что определяется теплопроводностью материала, и на 5-6 минут необходимо увеличить получение полуфабриката высокой степени готовности. Изменение высоты происходило в два раза больше по сравнению с контрольными образцами [18].

На рисунке 2.30 представлены кривые изменения температуры различных слоёв и изменение высоты ВТЗ при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности с добавлением 3% кукурузного масла, полученные при температуре пекарной камеры 240 °С, предназначенные для замораживания.

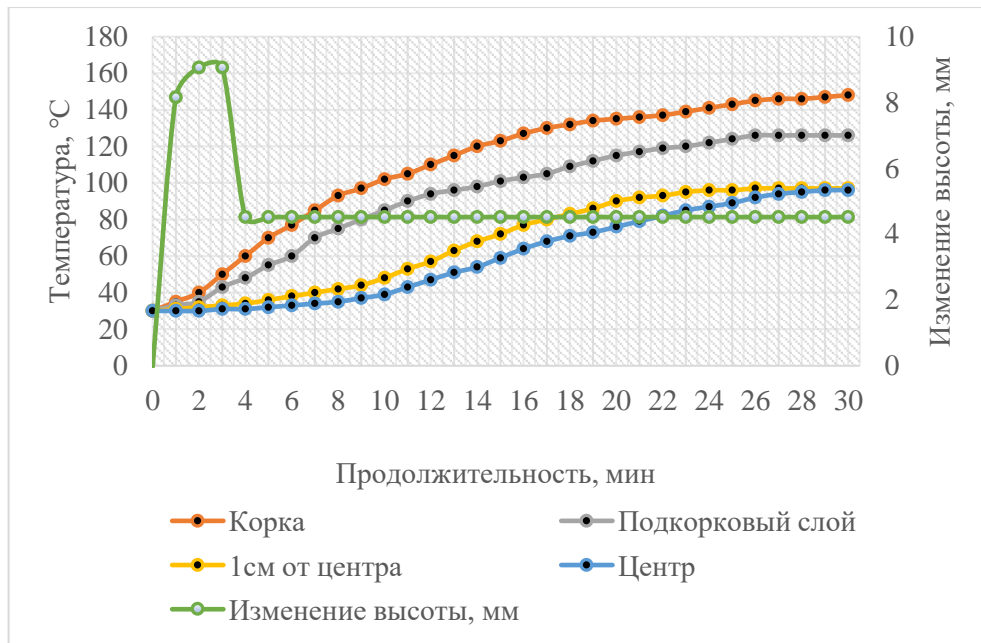


Рисунок 2.30 – Изменение температуры и высоты ВТЗ от продолжительности при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности с добавлением 3 % кукурузного масла, предназначенные для замораживания

При анализе графика, представленного на рисунке 2.35, наблюдали все те же изменения по сравнению с контрольными образцами, т.е. у масел подсолнечного и кукурузного все теплофизические процессы протекали аналогично и с одинаковой продолжительностью из-за сходства в составе масел.

На рисунке 2.31 представлены кривые изменения температуры различных слоёв и изменение высоты ВТЗ при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности с добавлением 3% маргарина, полученные при температуре пекарной камеры 240 °C , предназначенные для замораживания.

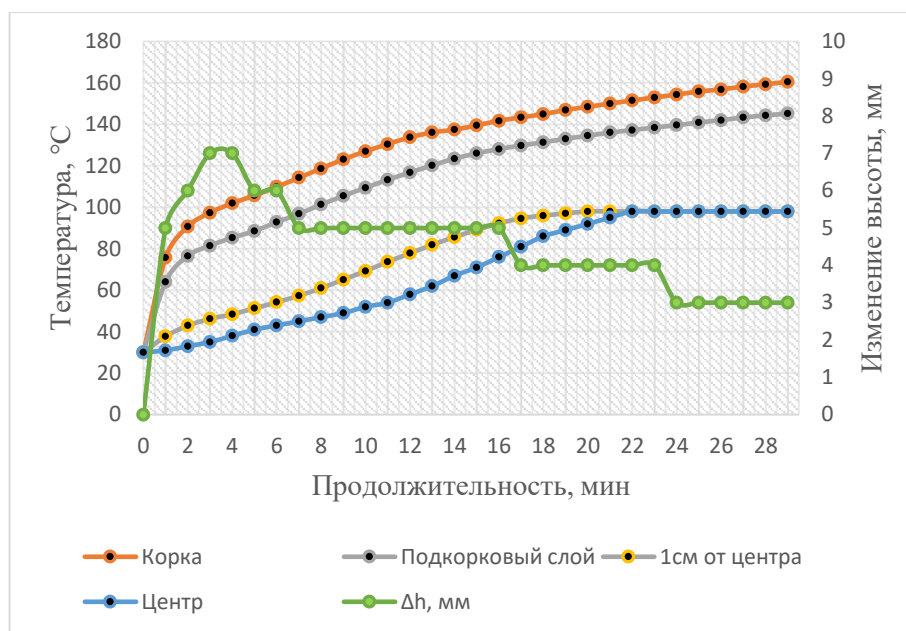


Рисунок 2.31 – Изменение температуры и высоты от продолжительности при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности с добавлением 3% маргарина, предназначенные для замораживания

На рисунке 2.32 представлены кривые изменения температуры различных слоёв и изменение высоты ВТЗ при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности с добавлением 3% жира энзимной перэтерификации, полученные при температуре пекарной камеры 240 °С, предназначенные для замораживания.

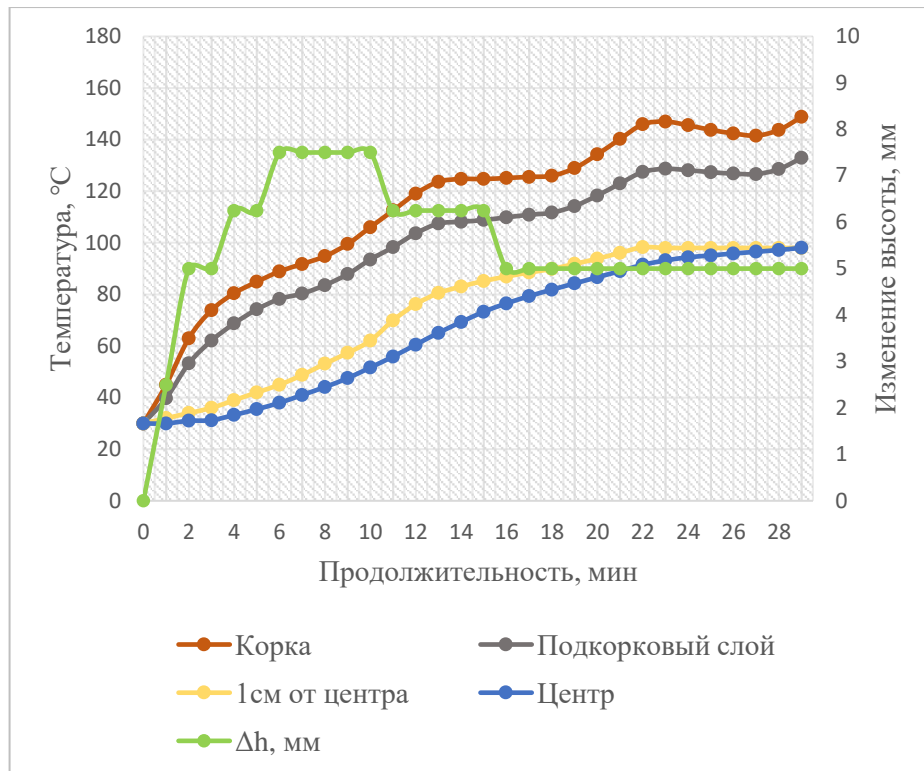


Рисунок 2.32 – Изменение температуры и высоты ВТЗ от продолжительности при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности с добавлением 3% жира энзимной переэтерификации, предназначенные для замораживания

Экспериментальные данные показали, что больший объем и большее изменение высоты ВТЗ наблюдалось при добавлении столового маргарина, хотя в образцах с жиром энзимной переэтерификации также наблюдалось изменение высоты на 6–8 мм по сравнению с контрольными образцами. Исследование позволило выявить, что при добавлении маргарина продолжительность выпечки по сравнению с контрольными образцами увеличивается незначительно и момент окончательного формирования мякиша наступает на 22–23 минуте (разница на 1–2 мин), а в образцах с жиром энзимной переэтерификации на 27–28 минуте, что соответствует окончанию коллоидных процессов [19, 121].

Рекомендуем прерывать процесс выпечки на 26–27 минуте для образцов с маргарином, а для образцов с жиром – на 32–33 минуте, что будет соответствовать получению полуфабриката высокой степени готовности. Далее охлажденный

продукт можно заморозить до температуры  $-(35\div 37)$  °С, а после разморозки произвести допекание готового изделия.

На рисунке 2.33 представлены кривые изменения температуры от продолжительности выпечки для центра ВТЗ при выпечке полуфабрикатов высокой степени готовности с добавлением маргарина и жира энзимной переэтерификации, предназначенных для замораживания, по сравнению с контрольными образцами.

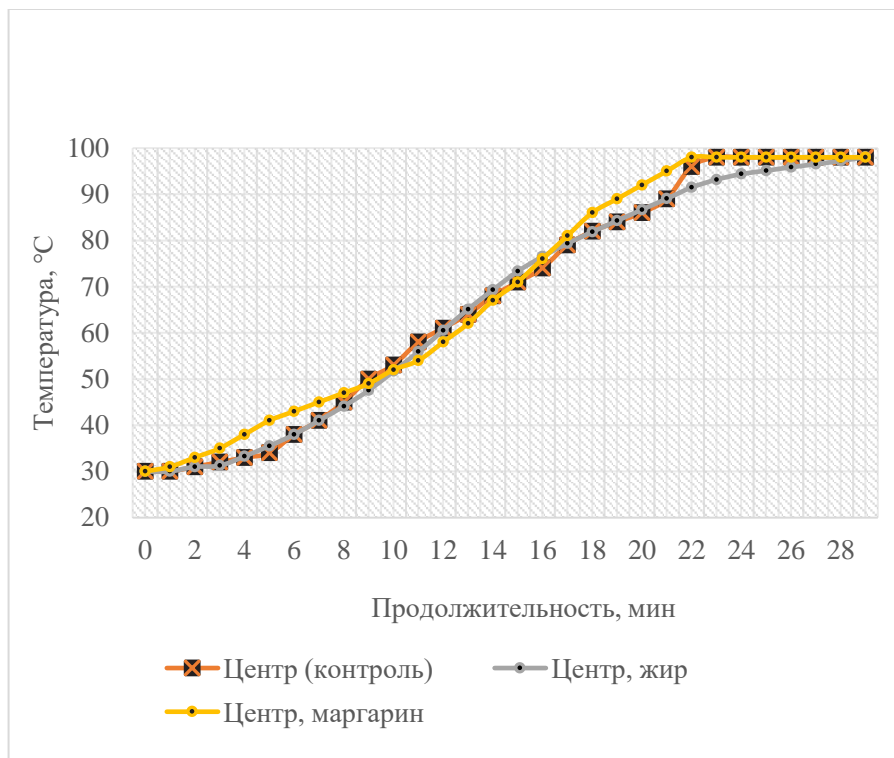


Рисунок 2.33 – Изменение температуры от продолжительности выпечки для центра ВТЗ при выпечке полуфабрикатов высокой степени готовности с добавлением маргарина и жира энзимной переэтерификации, предназначенных для замораживания, по сравнению с контрольными образцами

Сравнительный анализ графиков, изображенных на рисунке 2.33, показывает, что температура центра изменялась одинаково, только у образца с жиром температура готовности изделия 96–98 °С наступала позднее на 10–12 %.

На этапах исследования было выявлено, что температура центра ВТЗ при выпечке полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания, изменялась одинаково, наблюдалось незначительное увеличение



скорости изменения температуры у образца с маргарином, но у всех образцов достижение температуры готовности 96–98 °С происходило равномерно.

Далее проводили исследования при добавлении муки из семян чиа в рецептуру для приготовления ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, предназначенных для замораживания.

Тесто готовили при различном соотношении ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта 60:40, 70:30 и 80:20 с добавлением 5 % муки из семян чиа на густой ржаной закваске. Тесто готовили по рецептуре и методике, описанной в разделе 2.2.2. Методика проведения исследований представлена в разделе 2.2.4.

На рисунке 2.34 представлены кривые изменения температуры различных слоёв и изменение высоты ВТЗ при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности с добавлением 5 % муки из семян чиа, полученные при температуре пекарной камеры 240 °С, при соотношении ржаной обдирной и пшеничной муки первого сорта в смеси 60:40, предназначенных для замораживания.

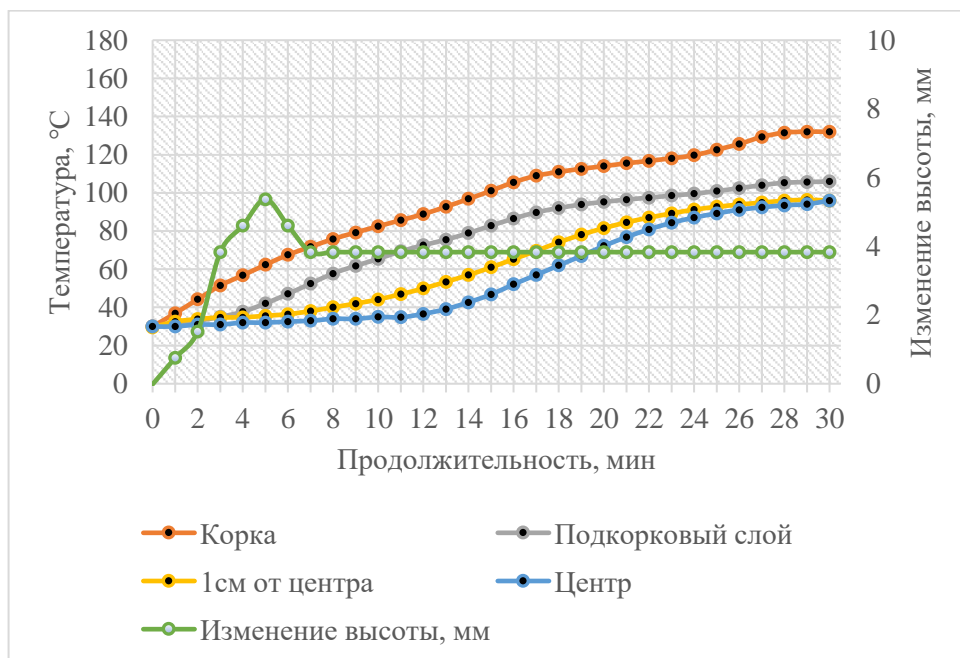


Рисунок 2.34 – Изменение температуры и высоты ВТЗ, предназначенных для замораживания, от продолжительности выпечки с добавлением муки из семян чиа, при соотношения ржаной и пшеничной муки в смеси 60:40

При анализе графика, изображенного на рисунке 2.34 можно сделать вывод, что продолжительность выпечки ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности при добавлении муки из семян чиа также увеличивалась, окончание коллоидных процессов происходило на 29–30 минуте, полуфабрикат высокой степени готовности получался на 35–36 минуте. Усадка изделия происходила меньше, по сравнению с контрольными образцами, из-за упрочнения пор и изменение высоты составляет 1,5–2 мм [19].

На рисунке 2.35 представлены кривые изменения температуры различных слоёв и изменение высоты ВТЗ при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности с добавлением муки из семян чиа, полученные при температуре пекарной камеры 240 °С, при соотношении ржаной и пшеничной муки в смеси 70:30, предназначенные для замораживания.

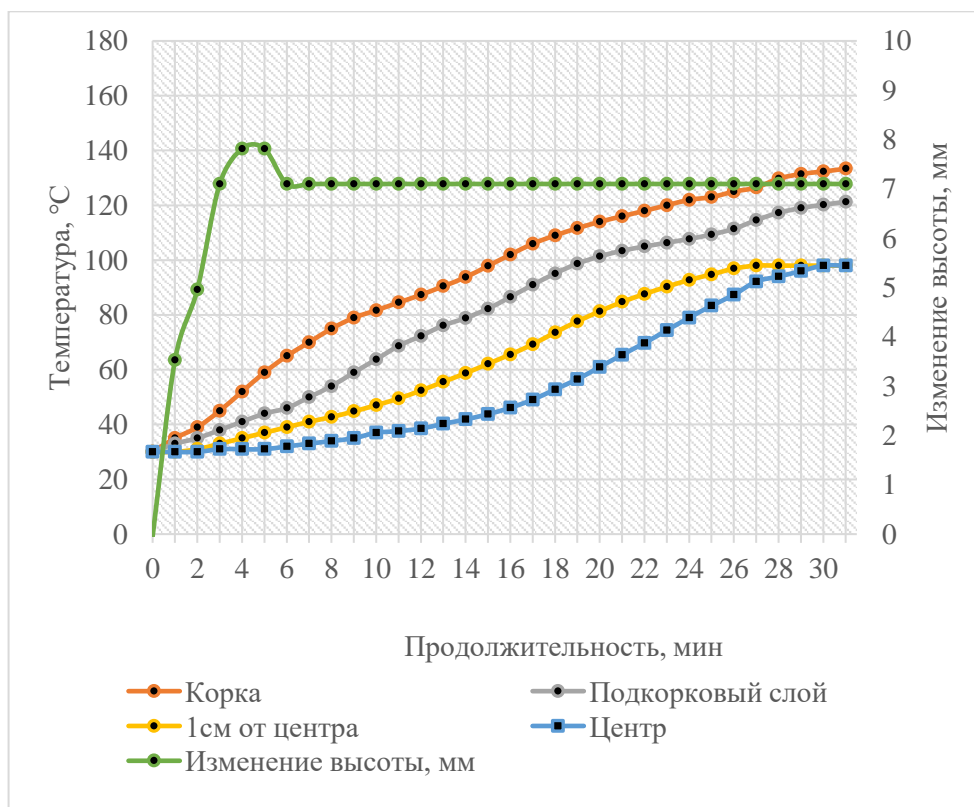


Рисунок 2.35 – Изменение температуры и высоты ВТЗ от продолжительности при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности с добавлением муки из семян чиа при соотношении ржаной и пшеничной муки в смеси 70:30, предназначенные для замораживания

Продолжительность выпечки при увеличении соотношения ржаной муки в смеси увеличивалась при добавлении муки из семян чиа. Не происходила усадка теста, из-за упрочнения пор и готовое изделие получалось мелкопористое и обладало приятным ореховым вкусом и ароматом [19].

На рисунке 2.36 представлены кривые изменения температуры различных слоев и изменение высоты ВТЗ при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности с добавлением муки из семян чиа, полученные при температуре пекарной камеры 240 °С, при соотношении ржаной и пшеничной муки в смеси 80:20, предназначенные для замораживания.

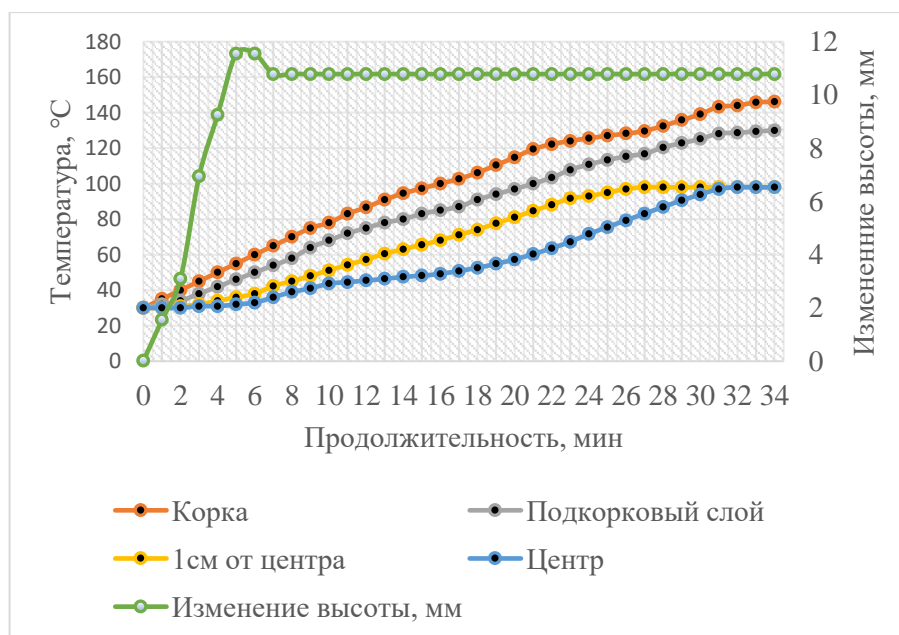


Рисунок 2.36 – Изменение температуры и высоты ВТЗ от продолжительности при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности с добавлением муки из семян чиа при соотношении ржаной и пшеничной муки в смеси 80:20, предназначенные для замораживания

При выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности при соотношения ржаной и пшеничной муки в смеси 80:20 с добавлением муки из семян чиа, эффект, наблюдаемый при соотношении муки 70:30, повторялся, т.е. продолжительность выпечки увеличивалась, усадка теста наблюдалась не более 1 мм.

Внесение в рецептуру муки из семян чиа увеличивало продолжительность выпечки до полного формирования мякиша ржано-пшеничного хлеба, как у всех

жировых продуктов, потому что в муке из семян чиа содержится большое количество пищевых волокон, способных поглощать большее количество воды, вследствие чего незначительно уменьшается влажность тестовой заготовки и соответственно теплопроводность, поэтому процесс прогрева выпекаемой тестовой заготовки происходил более длительное время [40].

На рисунке 2.37 представлена профилограмма органолептических показателей качества ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, полученных при различном соотношении ржаной и пшеничной муки и при добавлении муки из семян чиа.

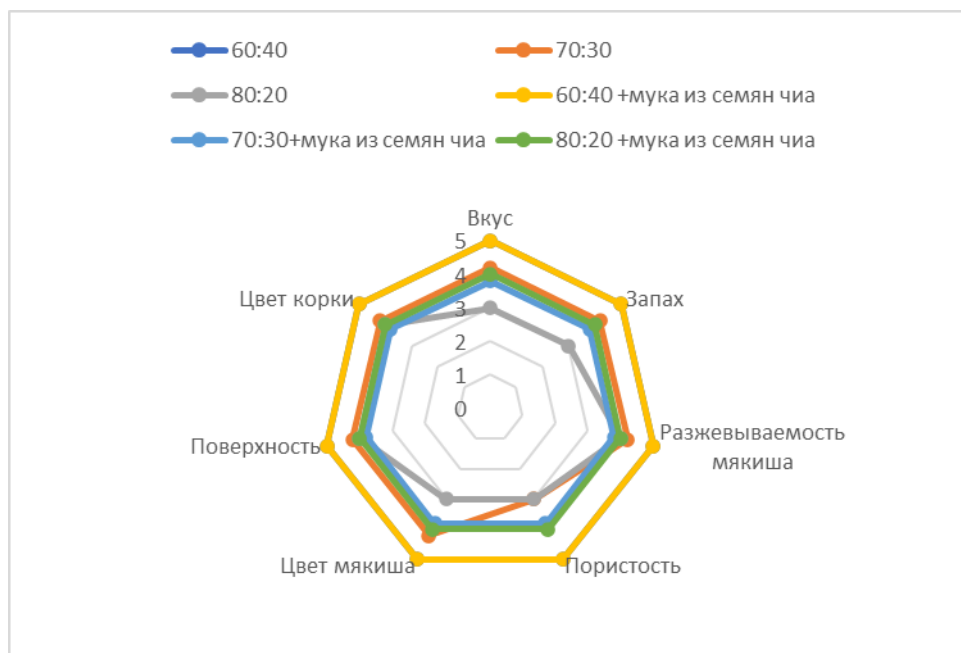


Рисунок 2.37 – Профилограмма органолептических показателей качества ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, полученных при различном соотношении ржаной и пшеничной муки и при добавлении муки из семян чиа

Таким образом можно сделать вывод, что при выпечке ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности при добавлении жировых продуктов растительного происхождения и муки из семян чиа происходит улучшение вкусовых качеств хлеба, уменьшается усадка и упёк изделия, а также происходит заметное уменьшение размера пор. Добавление жировых продуктов и муки из семян чиа влияет на продолжительность выпечки в

сторону ее увеличения от продолжительности выпечки контрольных образцов, но не влияет на температуру внутренних слоев [74]. Изделия считаются готовым, когда температура слоёв уравнивается и достигает 96–98 °С, после этого момента процесс выпечки должен продолжаться еще в течении 5–6 минут, чтобы плато на графике с одинаковой температурой продолжалась [19].

#### **2.4.4.3 Влияние продолжительности криохранения полуфабрикатов высокой степени готовности на качество формового ржано-пшеничного хлеба**

Исследовали влияние продолжительности хранения замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности на качество ржано-пшеничного формового хлеба из них. Физико-химические показатели определяли для ржано-пшеничного формового хлеба не подвергавшегося криохранению и ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности с различными жировыми добавками, муки из семян чиа и сроками криохранения по методике, описанной в разделе 2.2.3. Пробы ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности анализировали через 4 ч после выпечки. Полученные результаты представлены в таблице 2.20. На рисунках 2.38, 2.39 и 2.40 представлены диаграммы изменения физико-химических показателей влажности, кислотности и пористости ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности от вида добавок и сроков криохранения.

Таблица 2.20 – Физико-химические показатели качества ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности с различными сроками криохранения

Показатели качества	Контрольный образец	Образец с подсолнечным маслом 3%	Образец с кукурузным маслом 3%	Образец с маргарином 3%	Образец с жиром энзимной перезтерификации 3 %	Образец с мукой из семян чиа 5%
1	2	3	4	5	6	7
Влажность хлеба, %	47,8	47,2	47,2	47,0	48,2	47,6
Влажность хлеба по истечении 1 недели криохранения, %	47,8	47,2	47,2	47,0	48,2	47,6
Влажность хлеба по истечении 3-х недель криохранения, %	47,8	47,2	47,2	47,0	48,2	47,6
Влажность хлеба по истечении 2-х месяцев криохранения, %	47,6	47,0	47,0	46,8	48,0	47,4
Кислотность мякиша хлеба, град	6,0	6,2	5,8	6,8	7,0	6,6
Кислотность мякиша хлеба по истечении 1 недели криохранения, град	6,0	6,2	5,8	6,8	7,0	6,6
Кислотность мякиша хлеба по истечении 3-х недель криохранения, град	6,0	6,2	5,8	6,8	7,0	6,6

Продолжение таблицы 2.20

1	2	3	4	5	6	7
Кислотность мякиша хлеба по истечении 2-х месяцев криохранения, град	6,0	6,2	5,8	6,8	7,0	6,6
Пористость хлеба, %	60	64	62	64	68	70
Пористость хлеба по истечении 1 недели криохранения, %	60	64	62	64	68	70
Пористость хлеба по истечении 3-х недель криохранения, %	60	64	62	64	68	70
Пористость хлеба по истечении 2-х месяцев криохранения, %	59	62	60	62	66	69

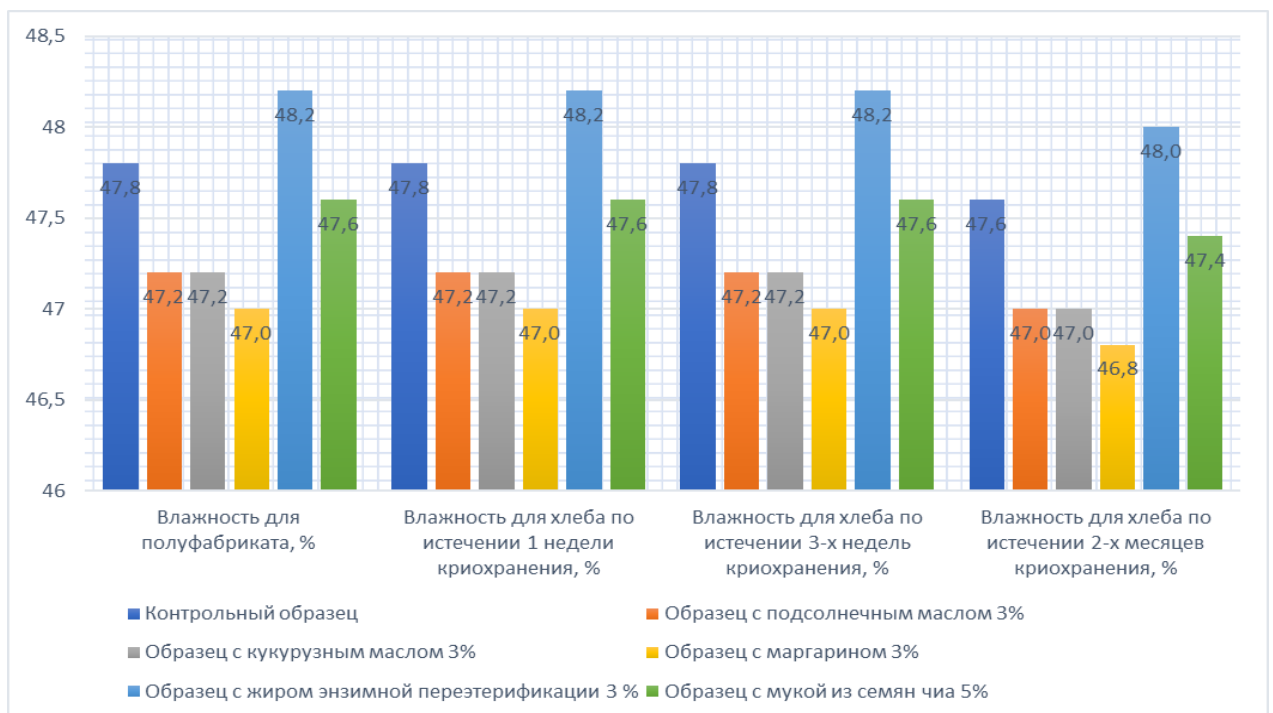


Рисунок 2.38 – Диаграмма изменения влажности хлеба с различными сроками криохранения

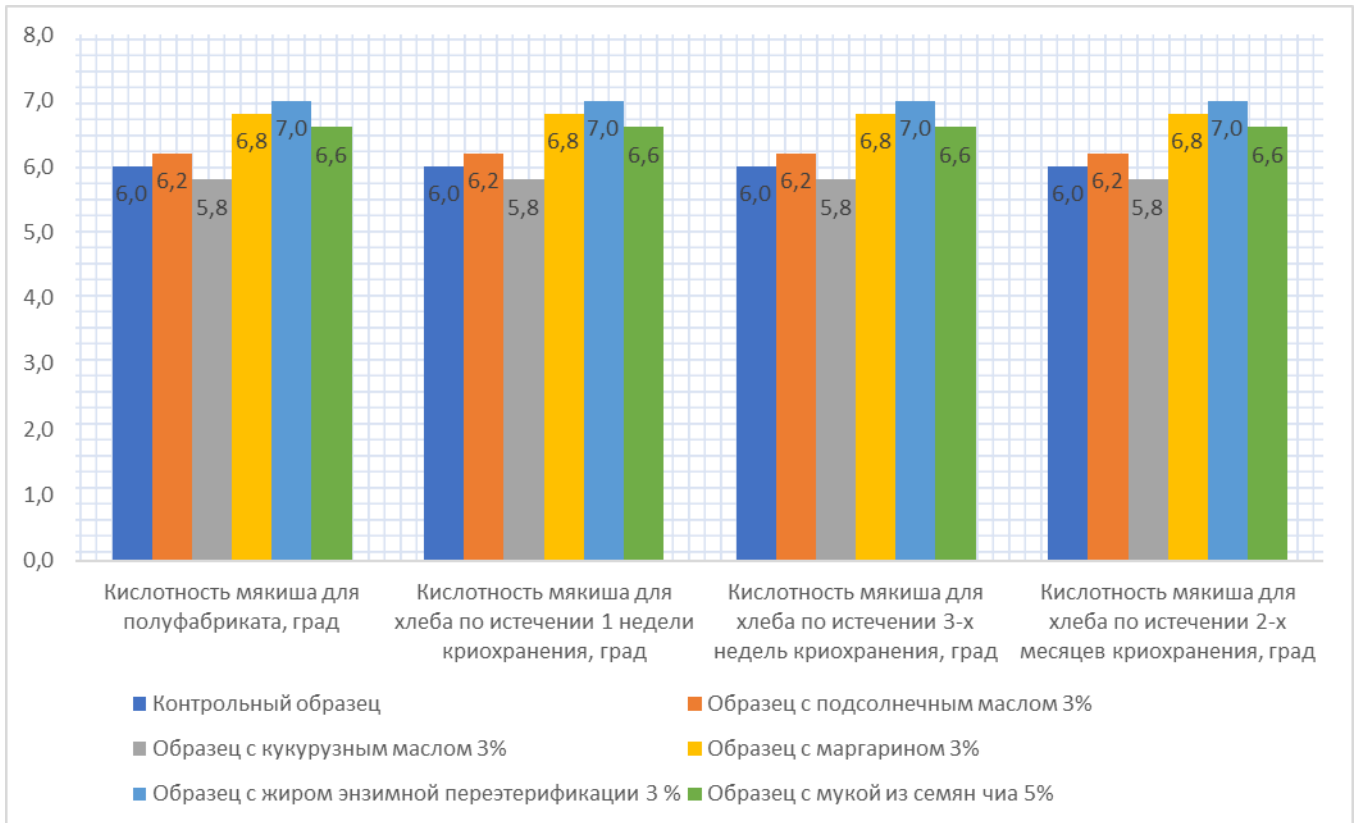


Рисунок 2.39 – Диаграмма изменения кислотности хлеба с различными сроками криохранения

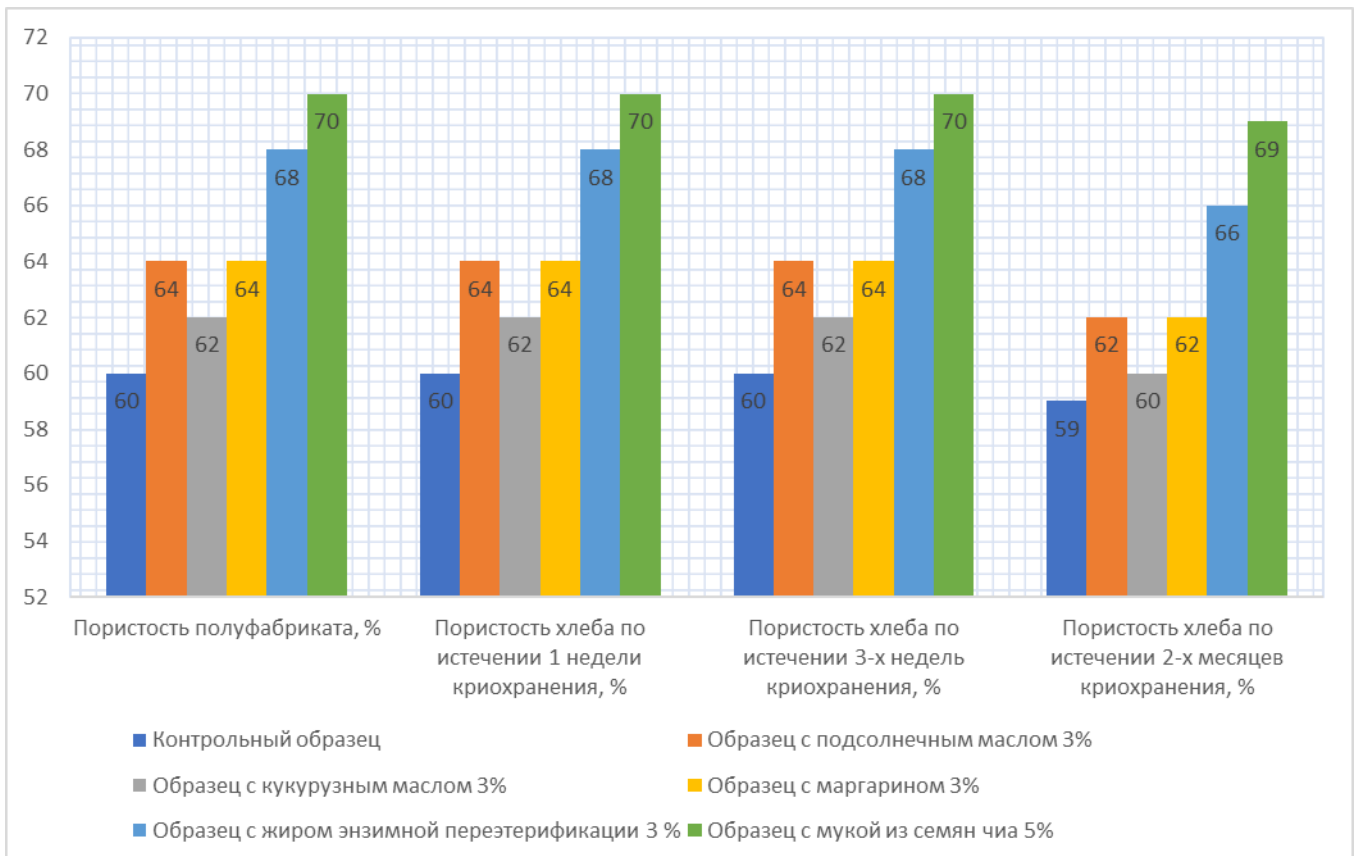


Рисунок 2.40 – Диаграмма изменения пористости хлеба с различными сроками криохранения



Анализ данных в таблице 2.20 и на диаграммах (рисунках 2.38, 2.39 и 2.40) показывает, что

- влажность всех образцов хлеба по сравнению с влажностью хлеба не подвергавшегося криохранению в среднем не изменяется по итогам первой и третьей недели криохранения и снижается при его дальнейшем хранении. Наибольшую влажность имеют образцы с добавлением жира энзимной перезтерификации и муки из семян чиа, но этот показатель незначительно меняется при хранении и не выходит за границы 2% от первоначального значения. [71].
- кислотность образцов хлеба с добавлением подсолнечного и кукурузного масел незначительно отличается от контрольных образцов. У всех образцов, по итогам первой и третьей недели, 2-х месяцев криохранения, не было отмечено изменение кислотности. Таким образом можно отметить, что добавление жировых продуктов животного происхождения или их аналогов, муки из семян чиа не приводит к изменению кислотности при увеличении сроков криохранения, а, следовательно, к изменению вкусовых качеств [71].
- пористость всех образцов не изменяется по итогам одной и трех недель криохранения. Сроки криохранения незначительно влияют на пористость всех образцов, по истечению 2-х месяцев криохранения образцы с добавлением жировых продуктов имеют тенденцию к изменению пористости на 1-3 %. С увеличением сроков хранения у образцов с добавлением муки из семян чиа также наблюдается снижение пористости на 1% [71].

#### **Заключение по разделу 2.4.4**

При добавлении жировых продуктов наблюдается улучшение не только внешнего вида и объема полученного ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности муки, но лучшим образом сказывается на качестве и вкусовых свойствах.

Добавление в рецептуру ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности жировых продуктов приводит к незначительному уменьшению их влажности, кислотности пористости в течении 2 месяцев криохранения на 1-3 % по всем показателям.

Добавление в рецептуру ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности муки чиа позволяет получить изделия со стабильными физико-химическими показателями. Добавление муки чиа в рецептуру ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности можно рассматривать как натуральный криопротектор [54].

На основании проведенных исследований сделаны следующие выводы: при выпекании тестовых заготовок высокой степени готовности ржано-пшеничного формового хлеба с добавлением жировых продуктов растительного и животного происхождения и муки из семян чиа время достижения температуры готовности 96–98 °С увеличивается от контрольных проб, в связи с затратами тепла на нагрев [71].

## **2.4.5 Исследование процесса прогрева тестовых заготовок, предназначенных для приготовления ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, электроконтактным способом энергоподвода**

Изучение процесса прогрева при электроконтактном способе энергоподвода в первую очередь проводилось для выявления момента перехода теста в мякиш для ржано-пшеничного хлеба в различных соотношениях ржаной и пшеничной муки и при различных добавках для улучшения качества и вкуса хлеба. Определялось влияние данных факторов на момент перехода теста в мякиш от начала выпечки изделия. Методика исследования представлена в разделе 2.2.5.

Электроконтактный прогрев происходил до момента уменьшения прохождения электрического тока через тестовую заготовку практически до нуля, что соответствовало минимальному значению количества свободной влаги в заготовке. При прогреве ВТЗ вся заготовка имеет одинаковую температуру.

Исследования проводились при постоянном напряжении 60–62 В при изучении процесса прогрева контрольных образцов.

О процессах, протекающих при нагреве тестовой заготовки, можно судить по графикам изменения температуры, высоты ВТЗ и силы тока от продолжительности выпечки [21].

### **2.4.5.1 Исследование электро- и теплофизических процессов, протекающих при электроконтактном нагреве тестовых заготовок, предназначенных для приготовления замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности**

При электроконтактном способе также, как и при конвективно-радиационном способе прогрева высота ВТЗ сначала увеличивается и достигает максимума, а затем незначительно уменьшается на 3–5 мм в следствии разрыва пор и выделения газа и соответственно частично свободной влаги, а затем стабилизируется. Это происходит из-за увеличения прочностных свойств мякиша. Процессы, протекающие при ЭК-прогреве аналогичны радиационно-конвективному [21]. На рисунке 2.41 представлена кривая изменения температуры

центра ВТЗ и высоты от продолжительности прогрева полуфабриката электроконтактным способом при напряжении 62 В.

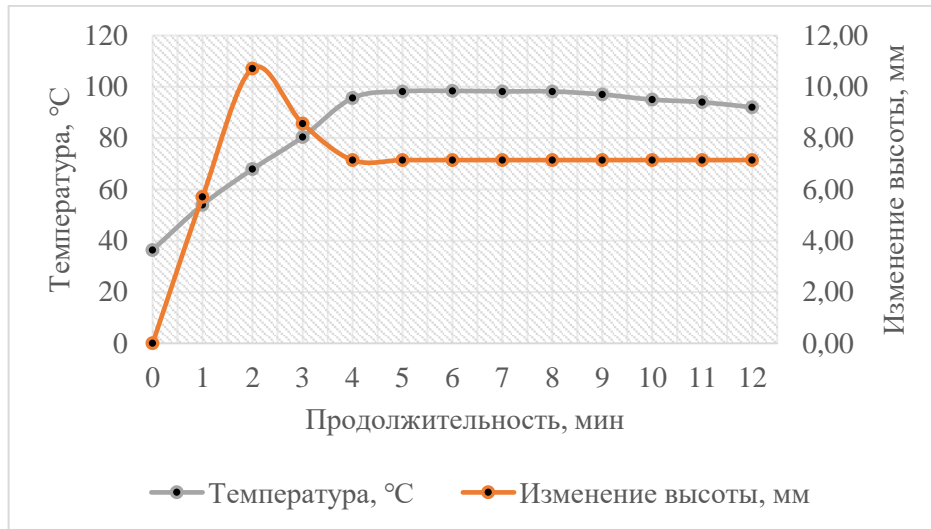


Рисунок 2.41 – Изменение температуры и высоты ВТЗ от продолжительности прогрева при электроконтактном прогреве

При достижении температуры 67,9 °C рост высоты и объема ВТЗ уменьшался, вследствие прекращения выделения газа, и происходила усадка ВТЗ. На графике изменения высоты от продолжительности выпечки ВТЗ наблюдается точка перелома – резкое уменьшение высоты выпекаемой заготовки. Эта температура соответствует моменту перехода теста в мякиш ржано-пшеничного хлеба при соотношении ржаной и пшеничной муки в смеси 60:40 без добавок. В данный момент мякиш резко изменяет свои структурно-механические свойства, что влечет уменьшение роста объема.

На рисунке 2.42 представлен график изменения силы тока от продолжительности прогрева полуфабриката при электроконтактном прогреве.

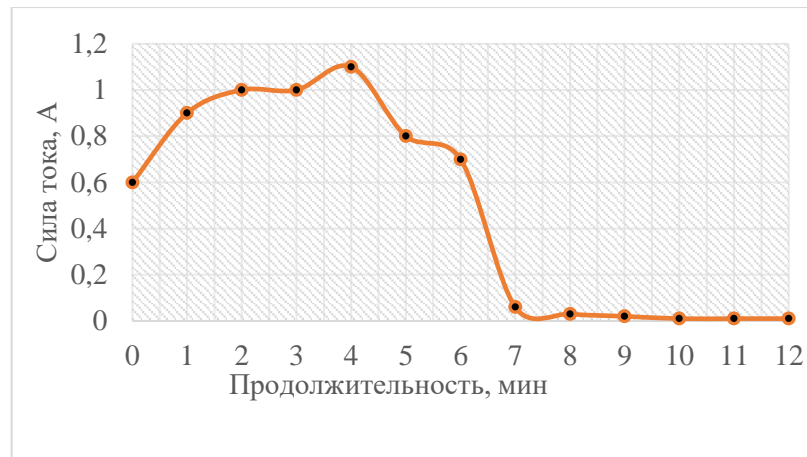


Рисунок 2.42 – Изменение силы тока от продолжительности при электроконтактном прогреве полуфабриката

Анализируя рисунок 2.42, можно констатировать тот факт, что в момент уменьшения высоты и объёма в момент перехода теста в мякиш, сила тока уменьшается в следствии увеличения сопротивления среды. И становится почти равной нулю при достижении температуры порядка 98-99 °С, так как после этого момента почти полностью поглощается свободная влага [21].

На рисунке 2.43 представлено изменение упёка от продолжительности при электроконтактном прогреве. При электроконтактном способе прогрева наблюдается больший упёк, чем при радиационно-конвективном, так как корка не образуется, а тонкая пленка на поверхности ВТЗ позволяет большему количеству свободной влаги испаряться.

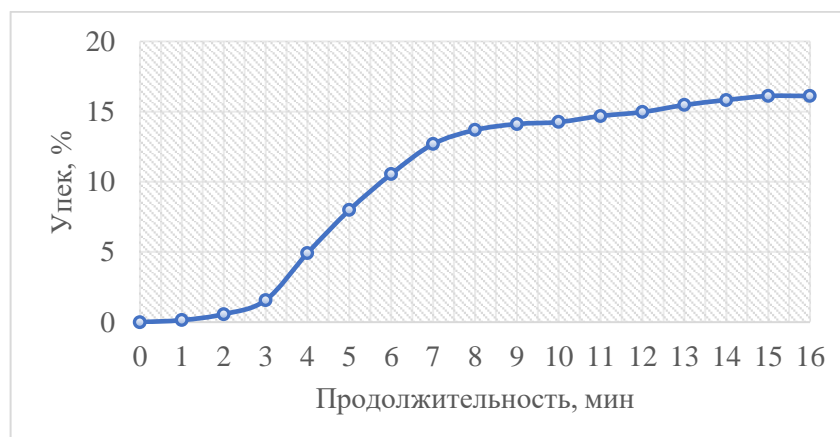


Рисунок 2.43 – Изменение упёка от продолжительности при электроконтактном прогреве полуфабриката

На рисунке 2.44 представлено изменение удельной теплоты в  $\text{Дж/кг}$  от продолжительности при электроконтактном прогреве контрольных образцов. Увеличение удельной теплоты происходит до момента перехода теста в мякиш, далее уменьшается и резко падает после момента достижения ВТЗ максимальной температуры [21].



Рисунок 2.44 – Изменение удельной теплоты от продолжительности при электроконтактном прогреве полуфабриката

Следующие исследования проводились при постоянном напряжении 80 В, так как предыдущие исследования выявили увеличение продолжительности выпечки при использовании как жировых добавок, так и при увеличении соотношения ржаной муки в смеси.

На рисунке 2.45 представлена кривая изменения температуры и высоты от продолжительности выпечки ВТЗ для соотношения ржаной и пшеничной муки в смеси 70:30 при напряжении 80 В.

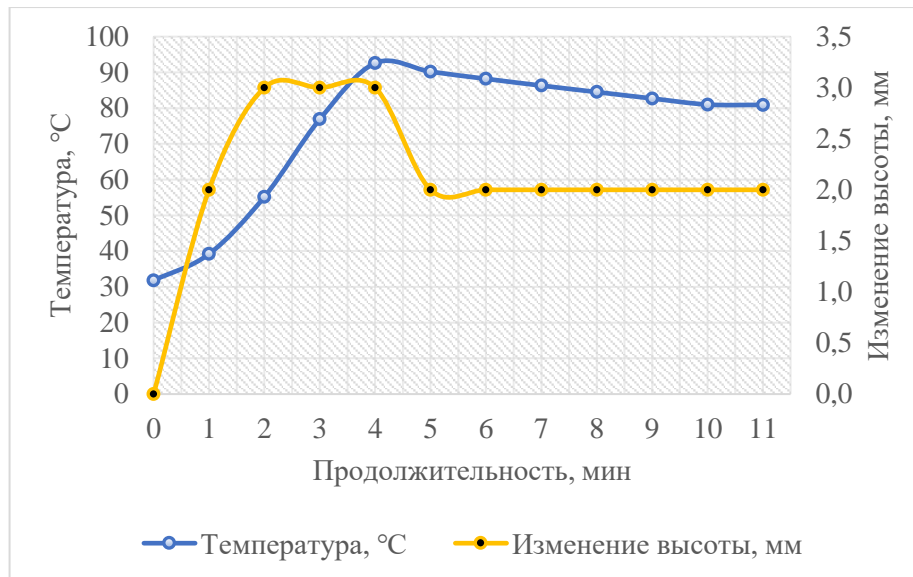


Рисунок 2.45 – Изменение температуры и высоты ВТЗ от продолжительности выпечки ВТЗ для соотношения ржаной и пшеничной муки в смеси 70:30

Анализ графика, приведенного на рисунке 2.45, показывает, что при достижении температуры 76,9 °C рост высоты и объёма прекращался, что соответствовала переходу теста в мякиш при увеличении ржаной муки до 70 % в рецептуре.

При увеличении соотношения ржаной муки в рецептуре наблюдаем меньшее изменение как высоты, так и меньший упёк из-за увеличения плотности мякиша. Резкий рост упека прекращается в момент стабилизации объема и высоты ВТЗ.

На рисунке 2.46 представлено изменение силы тока от продолжительности выпечки ВТЗ для соотношения ржаной и пшеничной муки в смеси 70:30.



Рисунок 2.46 – Изменение силы тока от продолжительности выпечки ВТЗ для соотношения ржаной и пшеничной муки в смеси 70:30

Из графика на рисунке 2.46 видно, что резкое уменьшение силы тока как раз происходит в момент перехода теста в мякиш.

На рисунке 2.47 представлено изменение температуры и высоты от продолжительности выпечки ВТЗ для соотношения ржаной и пшеничной муки в смеси 80:20 при напряжении 80 В.

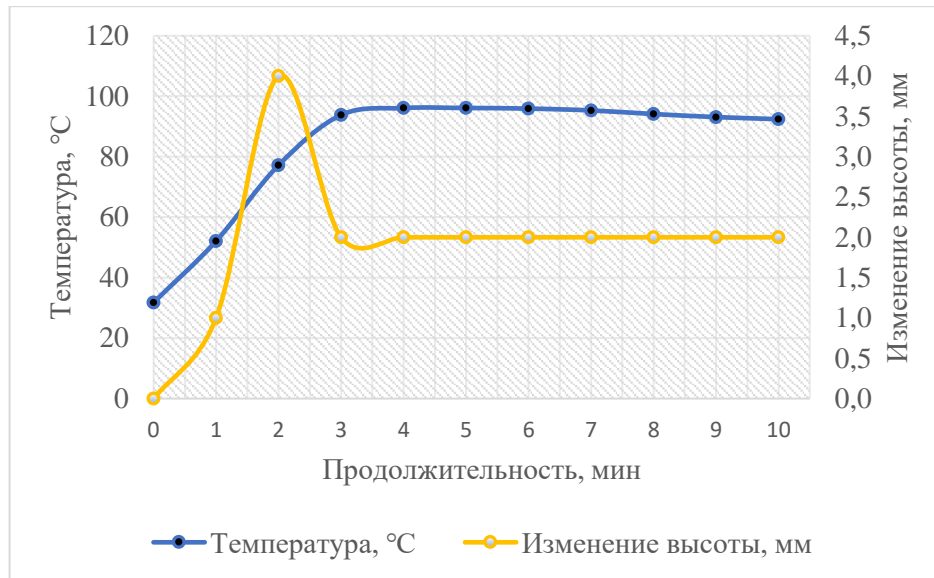


Рисунок 2.47 – Изменение температуры и высоты ВТЗ от продолжительности выпечки ВТЗ для соотношения ржаной и пшеничной муки в смеси 80:20

При достижении температуры 77,2 °С рост высоты и объёма прекращался, что соответствовало переходу теста в мякиш при увеличении ржаной муки до 80 % в рецептуре. При увеличении соотношения ржаной муки от 70 до 80 % температура перехода теста в мякиш увеличивалась незначительно и составила рост 0,5 %, а при увеличении от 60 до 70 % – 12 %.

На рисунке 2.48 представлено изменение силы тока от продолжительности выпечки ВТЗ для соотношения ржаной и пшеничной муки в смеси 80:20.





Рисунок 2.48 – Изменение силы тока от продолжительности выпечки ВТЗ для соотношения ржаной и пшеничной муки в смеси 80:20

При увеличении соотношения муки от 70 до 80 % в рецептуре при постоянном напряжении 80 В, максимальный ток проходящий через ВТЗ возрастал от 1 до 1,4 А и следовательно, требовалось большее количество теплоты на прогрев образцов до достижения температуры 98 °С и получения готового продукта.

На рисунке 2.49 представлено изменение температуры и высоты от продолжительности выпечки для ВТЗ с добавлением 3 % подсолнечного масла при напряжении 80 В.

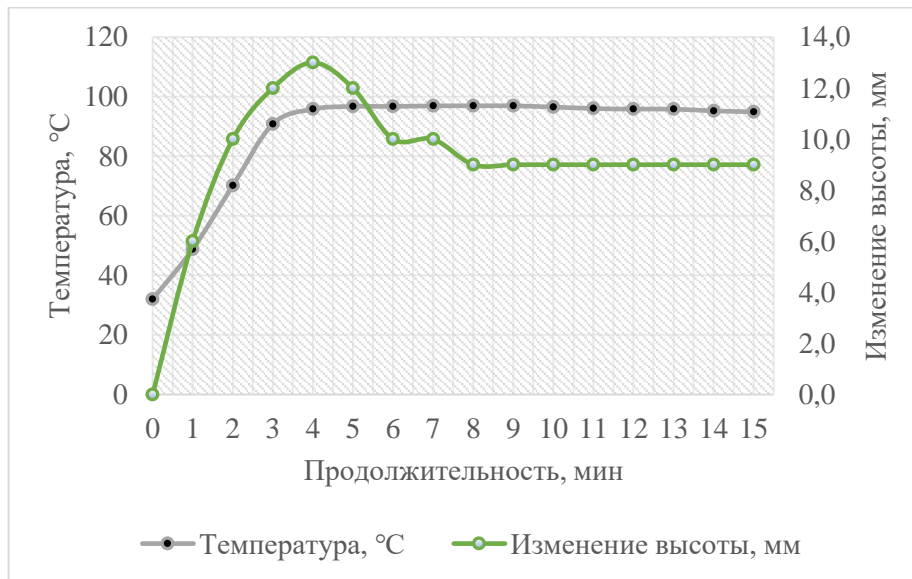


Рисунок 2.49 – Изменение температуры и высоты ВТЗ от продолжительности для ВТЗ с добавлением 3 % подсолнечного масла

При достижении температуры 70,1 °С рост высоты и объёма прекращался, что соответствовало переходу теста в мякиш при добавлении 3 % подсолнечного масла в рецептуру.

На рисунке 2.50 представлено изменение силы тока от продолжительности для ВТЗ с добавлением 3 % подсолнечного масла.

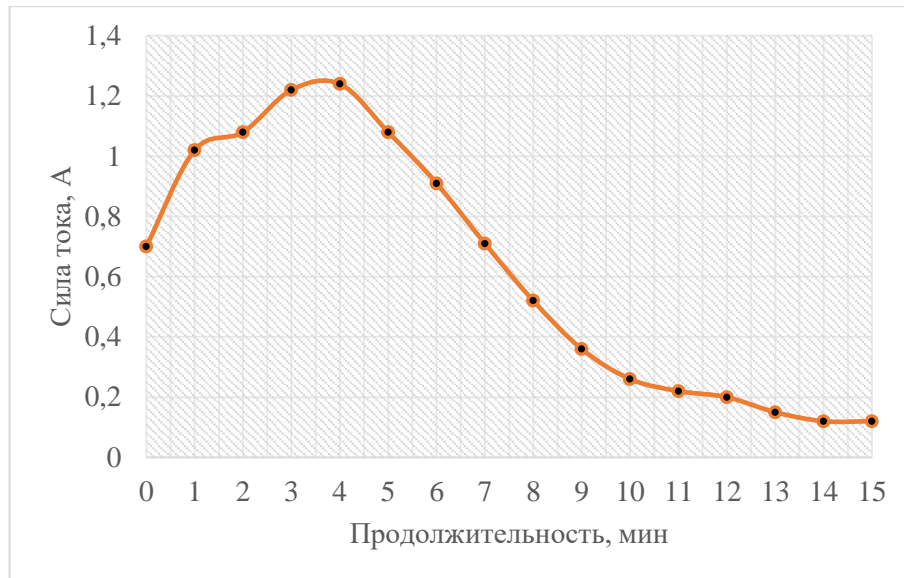


Рисунок 2.50 – Изменение силы тока от продолжительности для ВТЗ с добавлением 3 % подсолнечного масла

На рисунке 2.51 представлено изменение температуры и высоты от продолжительности выпечки для ВТЗ с добавлением 3 % кукурузного масла при напряжении 80 В.

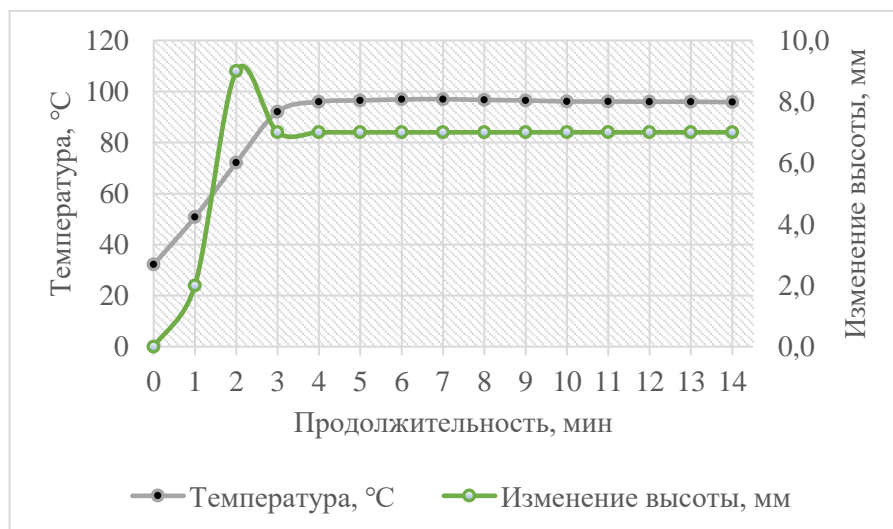


Рисунок 2.51 – Изменение температуры и высоты ВТЗ от продолжительности для ВТЗ с добавлением 3 % кукурузного масла

При достижении температуры 72,1 °С рост высоты и объёма прекращался, что соответствовало переходу теста в мякиш при добавлении 3 % подсолнечного масла в рецептуру.

На рисунке 2.52 представлено изменение силы тока от продолжительности для ВТЗ с добавлением 3 % кукурузного масла.

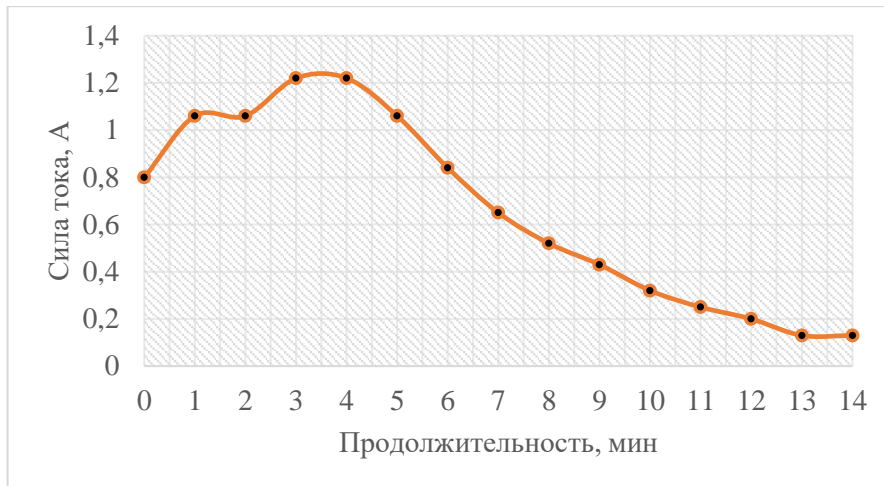


Рисунок 2.52 – Изменение силы тока от продолжительности для ВТЗ с добавлением 3 % кукурузного масла

На рисунке 2.53 представлено изменение температуры и высоты от продолжительности выпечки для ВТЗ с добавлением 5 % муки из семян чиа при напряжении 80 В.

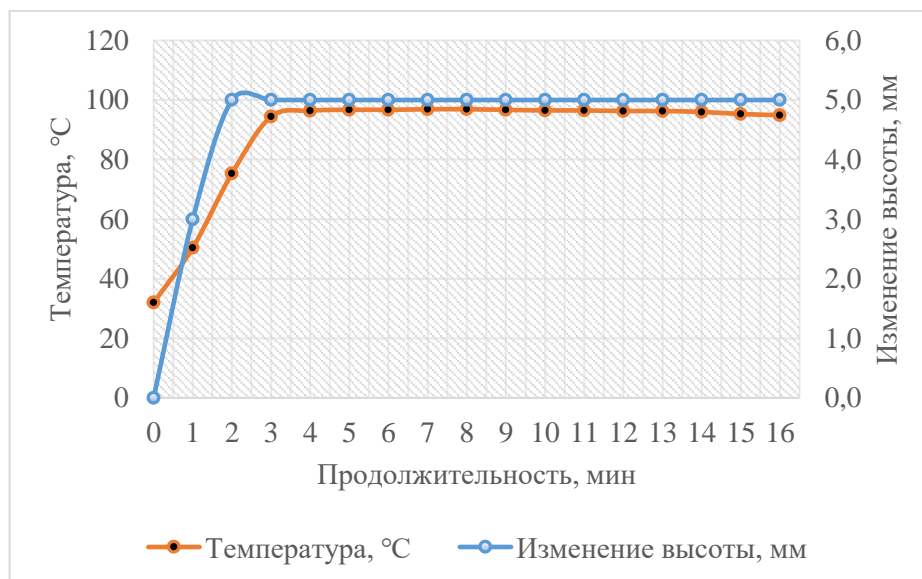


Рисунок 2.53 – Изменение температуры и высоты ВТЗ от продолжительности для ВТЗ с добавлением 5% муки из семян чиа

При достижении температуры  $75,3^{\circ}\text{C}$  рост высоты и объёма прекращался, что соответствовало переходу теста в мякиш при добавлении 5 % муки из семян чиа в рецептуру.

На рисунке 2.54 представлено изменение силы тока от продолжительности для ВТЗ с добавлением 5% муки из семян чиа.



Рисунок 2.54 – Изменение силы тока от продолжительности для ВТЗ с добавлением 5 % муки из семян чиа

На рисунке 2.55 представлено изменение температуры и высоты от продолжительности выпечки для ВТЗ с добавлением 3 % маргарина при напряжении 30 В. Значение подаваемого напряжения было уменьшено для увеличения длительности процесса и фиксации изменения высоты при прогреве ВТЗ.

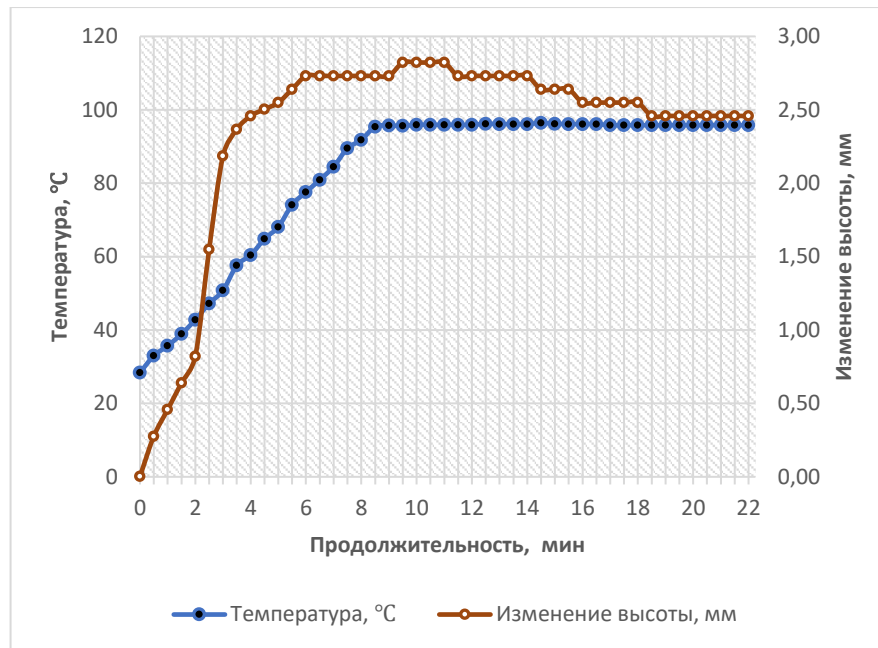


Рисунок 2.55 – Изменение температуры и высоты ВТЗ от продолжительности для ВТЗ с добавлением 3 % маргарина

При достижении температуры  $68,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  происходил переход теста в мякиш при добавлении 3 % маргарина в рецептуру, при этом резко изменялась высота ВТЗ, но рост объёма не прекращался.

На рисунке 2.56 представлено изменение силы тока от продолжительности для ВТЗ с добавлением 3 % маргарина.

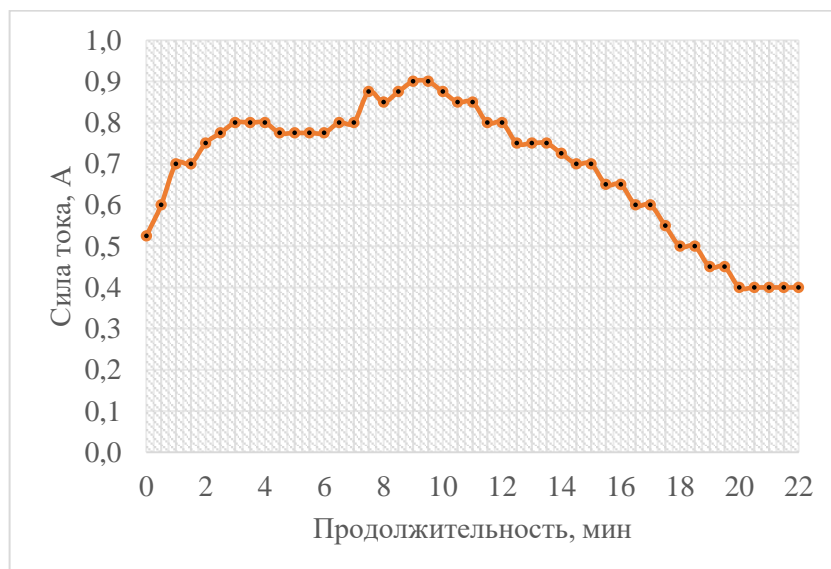


Рисунок 2.56 – Изменение силы тока от продолжительности для ВТЗ с добавлением 3 % маргарина

На рисунке 2.57 представлено изменение температуры и высоты от продолжительности выпечки для ВТЗ с добавлением 3 % жира энзимной перееэтерификации при напряжении 30 В.

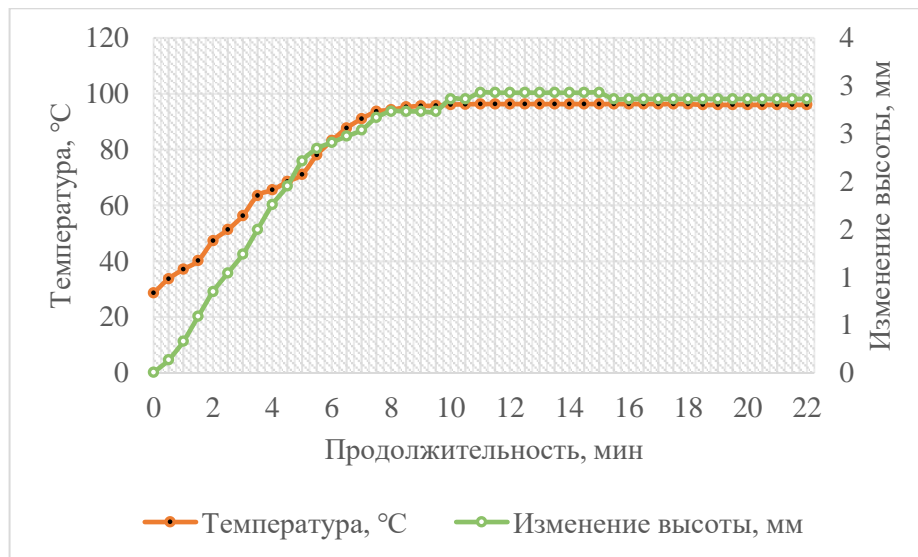


Рисунок 2.57 – Изменение температуры и высоты ВТЗ от продолжительности для ВТЗ с добавлением 3 % жира энзимной перееэтерификации

При достижении температуры 77,6 °C происходил переход теста в мякиш при добавлении 3 % маргарина в рецептуру, при этом резко изменялась высота ВТЗ, но рост объёма не прекращался.

На рисунке 2.58 представлено изменение силы тока от продолжительности для ВТЗ с добавлением 3 % жира энзимной перееэтерификации.

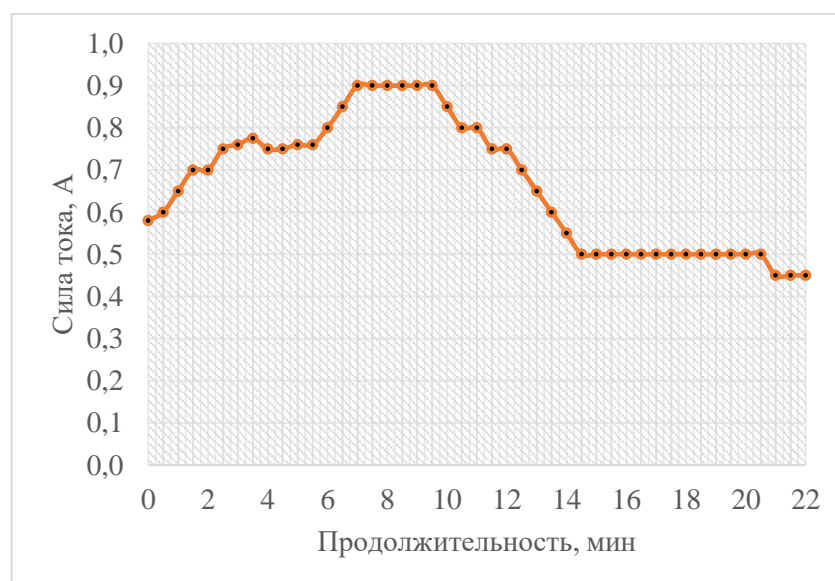


Рисунок 2.58 – Изменение силы тока в амперах от продолжительности для ВТЗ с добавлением 3 % жира энзимной перееэтерификации

При прохождении электрического тока через ВТЗ с добавлением 3 % жира энзимной переэтерификации наблюдалось резкое уменьшение тока после стабилизации высоты и объема из-за прочностных свойств мякиша.

Выводы, полученные в результате исследования выпечки ржано-пшеничного хлеба при электроконтактном способе прогрева ВТЗ:

- момент перехода теста в мякиш был выявлен для ржано-пшеничного хлеба при соотношении муки в смеси 60:40 при достижении нагрева внутренних слоёв до температуры  $(67,5 \pm 0,5) \text{ } ^\circ\text{C}$ ; при соотношении муки в смеси 70:30 –  $(76,5 \pm 0,5) \text{ } ^\circ\text{C}$ ; при соотношении муки в смеси 80:20 –  $(77,0 \pm 0,5) \text{ } ^\circ\text{C}$ ;
- при добавлении 3% подсолнечного масла –  $(70,0 \pm 0,5) \text{ } ^\circ\text{C}$ ; при добавлении 3% кукурузного масла –  $(72,0 \pm 0,5) \text{ } ^\circ\text{C}$ ; при добавлении 5% муки из семян чиа –  $(75,0 \pm 0,5) \text{ } ^\circ\text{C}$ ; при добавлении 3% маргарина –  $(68,0 \pm 0,5) \text{ } ^\circ\text{C}$ ; при добавлении 3% жира энзимной переэтерификации –  $(77,5 \pm 0,5) \text{ } ^\circ\text{C}$ .
- в интервале температур 96-99 °C происходит поглощение свободной влаги в следствие кипения воды [21].

#### **2.4.5.2. Определение готовности формового ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности**

Для выявления критерия готовности ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности и соответственно готового ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности было предложено провести исследования для определения количества свободной влаги.

Метод для определения количества свободной влаги в ВТЗ основан на замораживании. При замораживании часть влаги находится в свободном состоянии, а часть в связанном. При замораживании теста ниже температуры  $(-15 \div -5) \text{ } ^\circ\text{C}$  в лед превращается свободная влага, связанная влага замерзает при температуре порядка  $-40 \text{ } ^\circ\text{C}$  [79].

Для определения количества свободной влаги проводили нагрев замороженного материала и строили диаграмму таяния льда. Исследования проводили при постоянном напряжении 30 В.

В тесте содержится не чистая вода, а 2 % солевой раствор в нашем случае, поэтому температура таяния льда ниже  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Таяние льда можно определить по графику зависимости температуры от продолжительности при нагреве, учитывая изменение силы тока, проходящего через материал. Участки таяния льда свободной влаги для теста от  $-4,2$  до  $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а для испеченного мякиша от  $-5,0$  до  $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Диаграммы таяния льда свободной влаги представлены и графики зависимости силы тока от продолжительности для теста и для готового изделия на рисунках 2.59 и 2.60 соответственно.

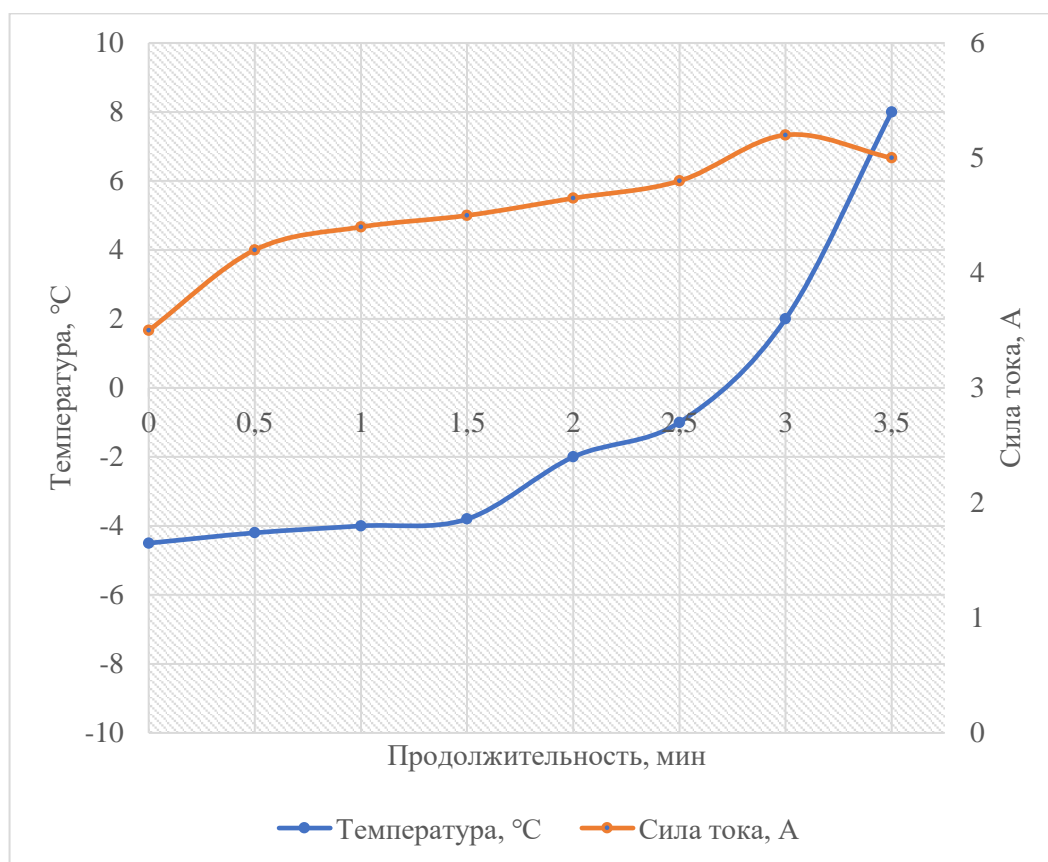


Рисунок 2.59 – Диаграмма таяния льда свободной влаги в тестовой заготовке и график изменения тока при размораживании теста



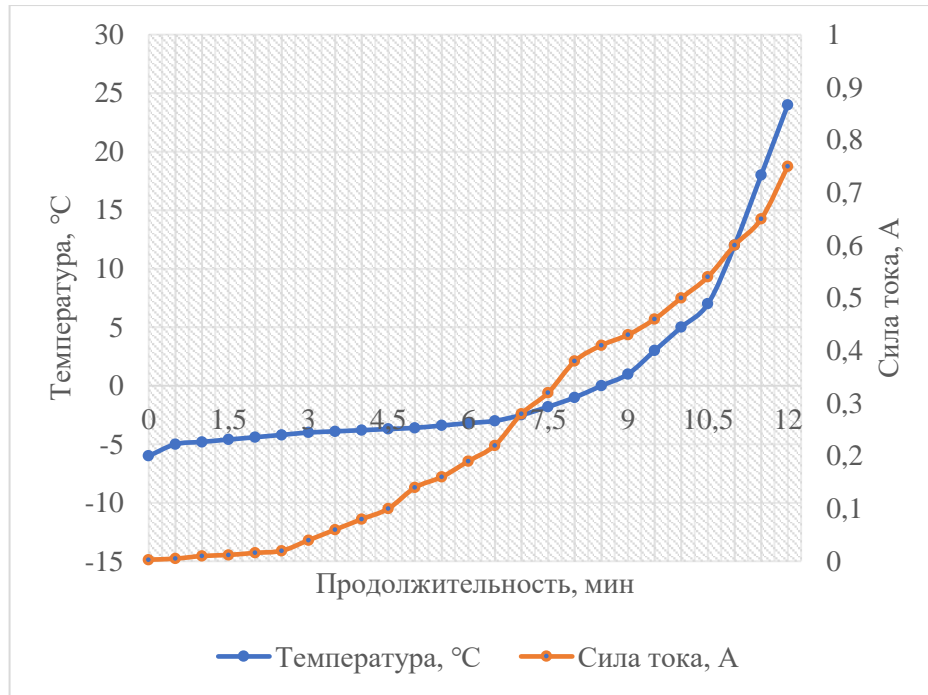


Рисунок 2.60 – Диаграмма таяния льда свободной влаги в мякише готового изделия и график изменения силы тока при размораживании мякиша. Количество свободной влаги можно определить по формуле (2.1)

$$Q = m\lambda, \quad (2.1)$$

где  $Q$  – количества теплоты, которое затрачено на таяние льда, Дж;

$m$  – масса льда, кг;

$\lambda = 3,4 \cdot 10^5$  Дж/кг – удельная теплота плавления льда.

Нагрев замороженных образцов осуществлялся ЭК–способом, поэтому одновременно с измерением температуры производилось измерение силы электрического тока и напряжения. Используя закон Джоуля-Ленца и закон Ома, по формуле (2.2) можно определить количество теплоты, которое пошло на таяние льда свободной влаги.

$$Q = IU\tau, \quad (2.2)$$

где  $I$  – сила тока, А;  $U$  – напряжение, В;  $\tau$  – время, с.

Относительное количество (доля) свободной влаги в % может быть вычислена по формуле (2.3):

$$M_1 = (m_1/m_0) \cdot 100, \%; \quad (2.3)$$

где:  $m_1$  – масса свободной влаги, кг,  $m_0$  – масса воды для замеса теста, кг.

$M_2, \%$  – доля связанной влаги по формуле (2.4):

$$M_2 = (m_2 / m_8) \cdot 100\%; \quad (2.4)$$

где  $m_2$  – масса связанной влаги, кг [87].

Используя экспериментальные данные, приведенные на графиках 2.59, 2.60 и формулы (2.1), (2.2), (2.3), (2.4), определим величины свободной влаги в тесте (перед выпечкой), и в выпеченном мякише. Результаты расчетов представлены в таблице 2.21.

Таблица 2.21 - Результаты определения количества свободной влаги в тесте после замеса и в мякише в конце процесса выпечки

Обозначения исходных данных и результатов расчетов	$I_1, A$	$I_2, A$	$I_{cp}, A$	$U, B$	$\tau, c$	$Q, Дж$	$m_1, г$	$M_1, \%$	$M_2, \%$
Исходные данные и результаты расчетов в тесте после замеса	4,5	4,8	4,65	30	60	8370	24,6	70,3	29,7
Исходные данные и результаты расчетов в мякише в конце процесса выпечки	0,005	0,22	0,11	30	360	1188	3,4	9,3	90,7

Можно сделать вывод, что количество свободной влаги можно определить, зная значение силы тока, протекающего через ВТЗ.

При замесе теста на начальной стадии вся вода находится в состоянии свободной влаги. После замеса образуется тесто, в котором часть влаги переходит в связанное состояние. В нашем случае можем принять долю свободной влаги в начале замеса за 100 %. После механического воздействия месильных органов, т.е. затраты механической энергии, часть влаги оказалась связанной. В нашем случае доля свободной влаги составляет  $M_1 = 70,3 \%$ , а связанной  $M_2 = 29,7 \%$  [89].

Исследования проводили для тестовой заготовки и нагрева ВТЗ до температуры центра мякиша 70 °С, 85 °С, 95 °С, 98 °С и до момента уменьшения силы тока почти до 0. Также количество свободной влаги определяли по скорости изменения массы ВТЗ во время нагрева.

Выявили, что количество свободной влаги изменяется в течении прогрева, сопровождаясь последовательными этапами выделения и поглощения, о которых

можно судить по графику, представленному на рисунке 2.61, изменения массы от продолжительности, где видно, что есть участки роста изменения массы и участки постоянства массы. Зависимость изменения массы в тесте-мякише при выпечке носит линейно-ступенчатый характер, что вызывает трудности в аппроксимации уравнением, возможно только описание с помощью скользящего среднего. Скорость изменения массы в процессе выпечки можно определять по касательным к линейным участкам.

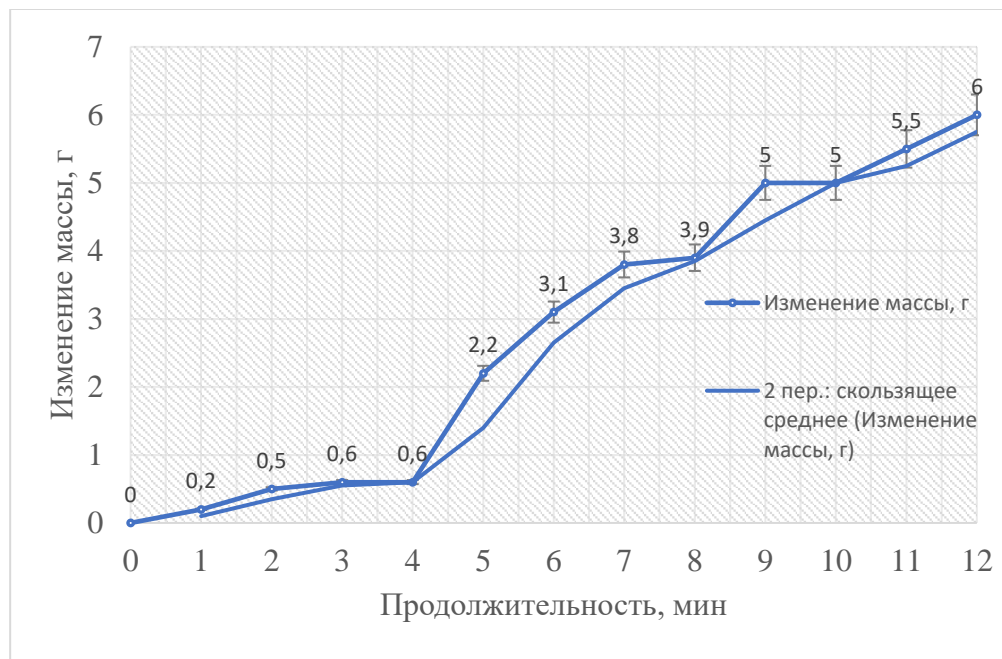


Рисунок 2.61 – Изменение массы от продолжительности выпечки

Используя два подхода в исследованиях, количество свободной влаги совпало по их результатам с точностью 5,6 %. В таблице 2.22 приведены усредненные значения доли свободной влаги при выпечке.

Таблица 2.22 – Количество свободной влаги при выпечке

Обозначения исходных данных и результатов расчетов	Тестовая заготовка до выпечки	ВТЗ до 70 °С	ВТЗ до 85 °С	ВТЗ до 95 °С	ВТЗ до 98 °С	ВТЗ до конца прохождения электрического тока
Доля свободной влаги, %	70,4 ± 3,5	58,5 ± 2,5	52,8 ± 2,4	47,5 ± 2,5	42,8 ± 2,4	9,3 ± 0,6

На рисунке 2.62 представлено изменение доли свободной влаги при выпечке, как и предполагалось оно носит линейный характер без учета поглощения.

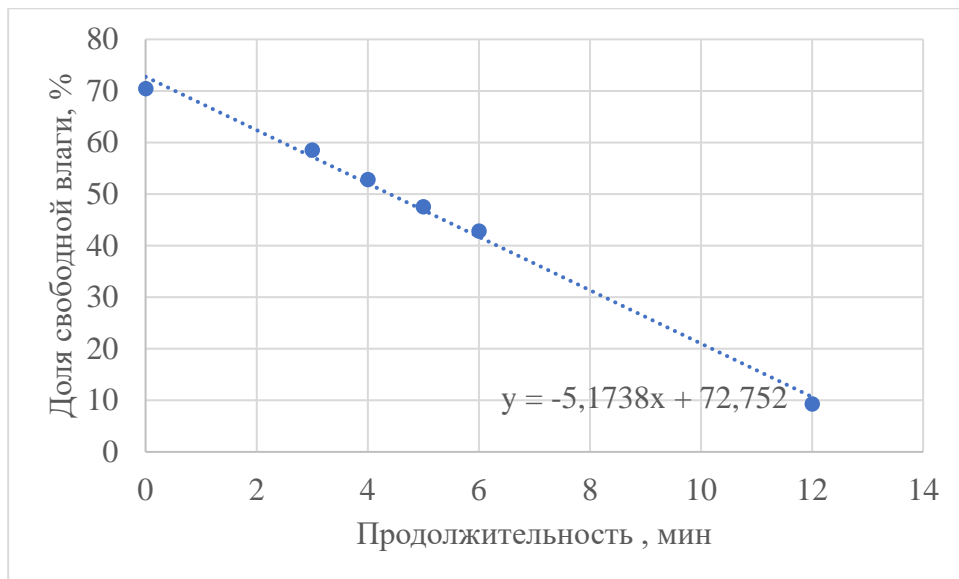


Рисунок 2.62 – График изменения доли свободной влаги от продолжительности прогрева

Используя уравнение зависимости доли свободной влаги от продолжительности прогрева, полученное путем линейной аппроксимации данных, можно определить нужное количество свободной влаги в любой момент при выпечке.

Изменение силы тока при выпечке электроконтактным способом зависит от электропроводности теста-мякиша. Во всех опытах наблюдался одинаковый эффект: сила тока сначала возрастала до максимума, а после практически падала до нуля из-за минимального количества свободной влаги в готовом изделии.

Анализируя графики, изображенные на рисунках 2.41 и 2.42, наблюдаем, что электрический ток в начале нагрева ВТЗ резко возрастал от 25 °С до 67,9 °С, при этом происходит выделение свободной влаги (часть связанной влаги переходит в фазу свободной влаги). Изменение тока происходило неравномерно, линейный характер наблюдался в диапазоне температур от 25 °С до 55 °С. На этом участке происходит выделение свободной влаги при нагревании теста и снижение вязкости. Далее происходило замедление роста тока, а следовательно, происходит замедление выделения свободной влаги. После роста тока прекращался, вместе с

прекращением выделения свободной влаги. После достижения температуры теста 67,9 °С происходит коллоидный процесс перехода теста в мякиш и изменяются структурно-механические свойства мякиша [89].

В диапазоне температур от 85 °С до 95 °С, наблюдалось увеличение тока, что предполагало увеличение свободной влаги на этом участке. Далее в диапазоне температур 95–99 °С, происходило резкое снижение тока и, следовательно, снижение величины свободной влаги. Экспериментальное определение этой величины составило 3,4 г или 9,3 %. Такое резкое снижение содержания свободной влаги в мякише можно объяснить следующим: во-первых – это поглощение свободной влаги и превращение её в связанную (коллоидный процесс), и во-вторых, на этом участке процесса выпечки происходит интенсивное испарение влаги [89].

Теоретический расход теплоты в  $\text{кДж/кг}$  для классического радиационно-конвективного нагрева [78] определяется по формуле (2.5):

$$q_{\text{п.к}} = W_{\text{исп}} (h_{\text{п.п.}} - h_{\text{в}}) + g_{\text{к}} c_{\text{к}} (t_{\text{к}} - t_{\text{т}}) + (g_{\text{с.м.}} c_{\text{м}} + W_{\text{в}} c_{\text{в}}) (t_{\text{м}} - t_{\text{т}}); \quad (2.5)$$

где  $W_{\text{исп}}$  – количество испарившейся влаги из тестовой заготовки во время выпечки – упек, отнесенный к массе горячего хлеба, (кг влаги/ 1 кг горячего хлеба), здесь  $W_{\text{исп}} = (g_{\text{т}} - g_{\text{х}}) / g_{\text{х}}$ ; (2.6)

$g_{\text{т}}$  – масса тестовой заготовки, кг;

$g_{\text{х}}$  – масса горячего изделия, получившегося из этой тестовой заготовки, кг;

$h_{\text{п.п.}}$  – энтальпия перегретого пара при атмосферном давлении и максимальной температуре корки,  $\text{кДж/кг}$ ;

$g_{\text{к}}$  – масса корки в кг на 1 кг горячего изделия;

$c_{\text{к}}$  – удельная теплоемкость корки,  $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ ;

$t_{\text{к}}$  – средняя температура массы корки горячего хлеба, которая при технических расчетах может быть принята как средняя арифметическая из температур поверхности корки  $t_{\text{п}}$  и температуры пограничного слоя  $t_{\text{п.с.}}$ , °С;

$$t_{\text{к}} = \frac{t_{\text{п}} + t_{\text{п.с.}}}{2}; \quad (2.7)$$

$t_{\text{т}}$  – температура теста, °С, (при расчетах принимается равной 30°С);

$g_{с.м.}$  – содержание сухого вещества в мякише горячего хлеба, кг сухого вещества/ 1 кг горячего хлеба;

$W_B$  – масса влаги в 1 кг горячего хлеба в момент выхода его из пекарной камеры, кг влаги/ 1 кг горячего хлеба;

$c_B$  – удельная теплоемкость воды при температуре 30 °С,  $кДж/(кг \cdot K)$ ;

$c_M$  – удельная теплоемкость мякише,  $кДж/(кг \cdot K)$ ;

$t_M$  – средняя температура мякише горячего хлеба, °С, (в технических расчетах принимается равной 98 °С) [87].

Так как корка является практически обезвоженной, то вся влага находится в мякише. Зная по данным анализов  $W_B$  и  $g_k$  можно определить количество сухого вещества мякише из баланса (в кг сухого вещества/ 1 кг горячего хлеба):

$$g_{с.м.} = 1 - (g_k + W_B). \quad (2.8)$$

Теоретический расход теплоты при электроконтактном способе выпечки рассчитывается следующим образом:

при данном способе выпечки корка не образуется, поэтому слагаемое, учитывающее затраты тепла на образование корки равно нулю

$$g_k c_k (t_k - t_T) = 0; \quad (2.9)$$

$$h_{п.п.} = h_{н.п.} \text{ при температуре } 100 \text{ } ^\circ\text{C} \quad h_{п.п.} = 2676 \text{ кДж/кг.}$$

Следовательно, уравнение будет иметь вид

$$q_{п.к} = W_{исп} (h_{н.п.} - h_B) + (g_{с.м.} c_M + W_B c_B) (t_M - t_T); \quad (2.10)$$

где при температуре теста 30 °С энтальпия воды будет равна

$$h_B = 125,6 \text{ кДж/кг, а при нагреве до } 100 \text{ } ^\circ\text{C} \quad h_{н.п.} = 419,06 \text{ кДж/кг.}$$

Упёк (кг влаги/кг хлеба) при электроконтактной выпечке необходимо определить по формуле:

$$W_{исп} = (g_T - g_x) / g_x, \quad (2.11)$$

$g_{с.м.}$  – содержание сухого вещества изделий, (кг сухого вещества/ 1 кг хлебных изделий);

$$g_{с.м.} = 1 - W_B, \text{ где } W_B \text{ – масса влаги в кг на 1 кг горячих изделий.}$$

Произведем расчет по формуле (2.5) по данным электроконтактной выпечки.

Определим теоретический расход теплоты на выпечку 1 кг ржано-пшеничного хлеба, результаты исходных данных и расчетов приведены в таблице 2.23.

Таблица 2.23 – Исходные данные и результаты расчета расхода теплоты на выпечку при радиационно-конвективном прогреве

Обозначения исходных данных и результатов расчетов	$W_{исп}$	$g_{с.м.}$	$m_b, кг$	$c_b, кДж/(кг \cdot K)$	$c_m, кДж/(кг \cdot K)$	$q, кДж/кг$
Исходные данные и результаты расчетов	0,061	0,069	0,035	4,18	1,67	179

Нагрев ВТЗ при электроконтактном нагреве происходит при прохождении через внутренние слои теста-мякиша электрического тока. Ток проходит по электропроводным слоям, где распределена свободная влага, и нагревает её. Путем теплопроводности, происходит нагрев всей массы теста-мякиша. Одновременно от теста нагреваются стенки камеры, где находится ВТЗ. Через эти стенки происходит потеря теплоты в окружающую среду. Для проверки точности расчетов необходимо было также определить количество теплоты, которое затрачивается не только на выпечку, но и на потери теплоты, можно определить по формуле (2.12) используя экспериментальные данные, приведенные на графиках 2.58 и 2.59 [89].

$$IU\tau = Q_{хл} + Q_{пот}; \quad (2.12)$$

где  $IU\tau$  – количество теплоты, которое затрачивается на выпечку хлеба и потерю теплоты стенками камеры,  $Дж$ ;

$Q_{пот}$  – потери теплоты в окружающую среду (стеклянной) стенкой камеры и открытой поверхностью теста-мякиша,  $Дж$ ;

$Q_{хл}$  – количество теплоты, которое затрачивается на выпечку хлеба,  $Дж$ .

Для расчетов применяется удельная затрата теплоты, которую можно определить по формуле (2.13):

$$q_{эк.} = (Q_{хл.}/m + Q_{пот}/m) = q_{хл} + q_{пот}, кДж/кг; \quad (2.13)$$

Зная величину удельной потери тепла  $q_{\text{пот}}$ , получим экспериментальную величину удельного расхода тепла на выпечку 1 кг хлеба согласно формуле (2.14):

$$q_{\text{хл.}} = q_{\text{эк}} - q_{\text{пот}}, \text{ кДж/кг}; \quad (2.14).$$

Результаты расчета сведены в таблицу 2.24.

Таблица 2.24 – Экспериментально-определенная удельная затрата теплоты при ЭК-нагреве

Обозначения исходных данных и результатов расчетов	$I_{\text{ср}}, A$	$U_{\text{ср}}, B$	$\tau, c$	$Q_{\text{эк}}, Дж$	$q_{\text{эк}}, \text{кДж/кг}$
<b>1 этап</b> (25-55) °С Исходные данные и результаты расчетов	0,8	63	120	6067	61,9
<b>2 этап</b> (55-67,9) °С Исходные данные и результаты расчетов	1,0	64	60	3858	34,4
<b>3 этап</b> (67,9-85) °С Исходные данные и результаты расчетов	1,02	64	60	3954	40,3
<b>4 этап</b> (85-95) °С Исходные данные и результаты расчетов	0,57	69	180	7141	72,8
<b>5 этап</b> (95-99) °С Исходные данные и результаты расчетов	0,026	73,7	240	459	4,7

Экспериментально определенная удельная суммарная затрата теплоты составила  $\Sigma q_{\text{эк}} = 214,1 \text{ кДж/кг}$ .

Также необходимо было учесть потери тепла камерой в окружающую среду. Все стенки камеры имеют хорошую тепловую изоляцию, кроме одной, выполненной из стекла. Поэтому расчет потерь тепла был сделан, в первом приближении, через стенку из стекла площадью  $F_{\text{ст}} = 0,006 \text{ м}^2$ , и через открытую поверхность теста-мякиша  $F_{\text{т}} = 0,0024 \text{ м}^2$ .

Потерю тепла в окружающую среду можно определить по формуле (2.15) [83]:



$$q_{\text{пот}} = \alpha F(t_n - t_{o.\text{ср}})3,6/m, \text{ кДж/кг}; \quad (2.15)$$

где  $\alpha$  – суммарный коэффициент теплоотдачи, учитывающий теплообмен излучением и конвекцией,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$F$  – площадь поверхности, через которую происходят тепловые потери,  $\text{м}^2$ ;

$t_n$  – средняя температура поверхности, через которую происходит потеря теплоты,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{o.\text{ср}}$  – температура окружающей среды,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$m$  – масса тестовой заготовки, кг [89].

Вычисление  $\alpha$  производили по приближенной формуле (2.16) [83]:

$$\alpha = 9,7 + 0,06(t_n - t_{o.\text{ср}}). \quad (2.16)$$

Результаты расчета сведены в таблицу 2.25.

Таблица 2.25 – Исходные данные и результаты расчета тепловых потерь экспериментальной камерой

Обозначения исходных данных и результатов расчетов	$\alpha, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$t_{\text{max}}, ^{\circ}\text{C}$	$t_n, ^{\circ}\text{C}$	$t_{o.\text{ср}}, ^{\circ}\text{C}$	$F, \text{м}^2$	$m, \text{кг}$	$q_{\text{пот}}, \text{кДж/кг}$
Потеря теплоты с открытой поверхности теста-мякиша	10,4	99	20	59	0,0024	0,085	19,7
Потеря теплоты от стеклянной стенки	10,4	37	20	28,5	0,006	0,085	21

Потеря тепла в окружающую среду составила  $q_{\text{пот}} = 40,7 \text{ кДж/кг}$ .

Подставляя, полученные данные в формулу (2.14), получим:

$$q_{\text{хл}} = q_{\text{эк}} - q_{\text{пот}} = 214,1 - 40,7 = 173,4 \text{ кДж/кг}.$$

Разница между теоретическим  $q_{\text{теор}}$  и экспериментальным  $q_{\text{эк}}$  значениями составляет:  $179 - 173,4 = 5,6 \text{ кДж/кг}$  [89].

Относительная погрешность составляет  $\varepsilon = (5,6/179) \cdot 100 = 3,1 \%$ , т.е. в пределах точности измерительной аппаратуры.

Приведенные результаты подтверждают точность расчета расхода тепла на выпечку 1 кг хлеба по теоретически выведенной формуле (2.5) [89].

### **Заключение по разделу 2.4.5**

При электроконтактной выпечке по величине силы тока можно анализировать как изменяется величина свободной влаги и от каких процессов зависит ее изменение (теплофизических и коллоидных);

электропроводность теста-мякиша зависит не от общей влажности материала, а от величины свободной влаги, т.к. электрический ток протекает до момента ее испарения и поглощения [89].

## **2.4.6 Построение теплофизической модели процесса выпечки ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности**

Построение теплофизической модели необходимо для моделирования процесса выпечки, анализа и обоснования рационального режима выпечки ржано-пшеничного формового хлеба, при котором можно получить максимальный объем и минимальную величину упека, а также определить необходимую продолжительность выпечки [22, 90].

При моделировании процесса выпечки использовали эмпирический метод, основанный на повторяющемся эксперименте. При данном методе модель не нуждается в проверке на адекватность. Процесс выпечки относится к нестационарному процессу теплопроводности, который зависит от множества параметров, изменяющихся в течении процесса. Поэтому адекватную математическую модель возможно получить только экспериментальным путем [17, 38, 90, 101].

Для построения теплофизической модели процесса выпечки проводили исследования выпечки ржано-пшеничного формового хлеба радиационно-конвективным способом энерго-подвода при разной температуре среды пекарной камеры. Опыты проводили при четырех температурных режимах пекарной камеры 180, 210, 240 и 270°C и продолжительности выпечки 30 мин [22].

На основании методики построения обобщённой теплофизической модели для разных сортов хлеба, разработанной доктором технических наук, профессором В.И. Маклюковым, построена теплофизическая модель процесса выпечки ржано-пшеничного формового хлеба [22].

Процесс выпечки разделен на два этапа: первый этап характеризует процесс увеличения объёма ВТЗ при нагревании и начало образования мякиша, когда ВТЗ достигает максимальной высоты. Первый этап является наиболее важными при выпечке хлеба, так как по температуре поверхности ВТЗ возможно прогнозировать такие важные показатели качества как объём и форму верхней поверхности готового изделия. Начало второго этапа соответствует моменту, когда температура

поверхности ВТЗ достигает 100 °С, после чего начинается образование корки. Температура корки и величина упёка хлеба находятся в прямой зависимости от теплового режима, чем выше температура среды пекарной камеры, тем выше максимальная температура корки и тем больше величина упёка [22, 86].

На рисунке 2.63 представлены кривые изменения температуры верхней поверхности ВТЗ и высоты, полученные при различных режимах выпечки среды пекарной камеры 180, 210, 240 и 270 °С и продолжительности выпечки 30 мин. По температурным кривым во втором этапе выпечки можно подобрать тепловой режим, при котором достигаются допустимая величина упёка и необходимый цвет корки [22].

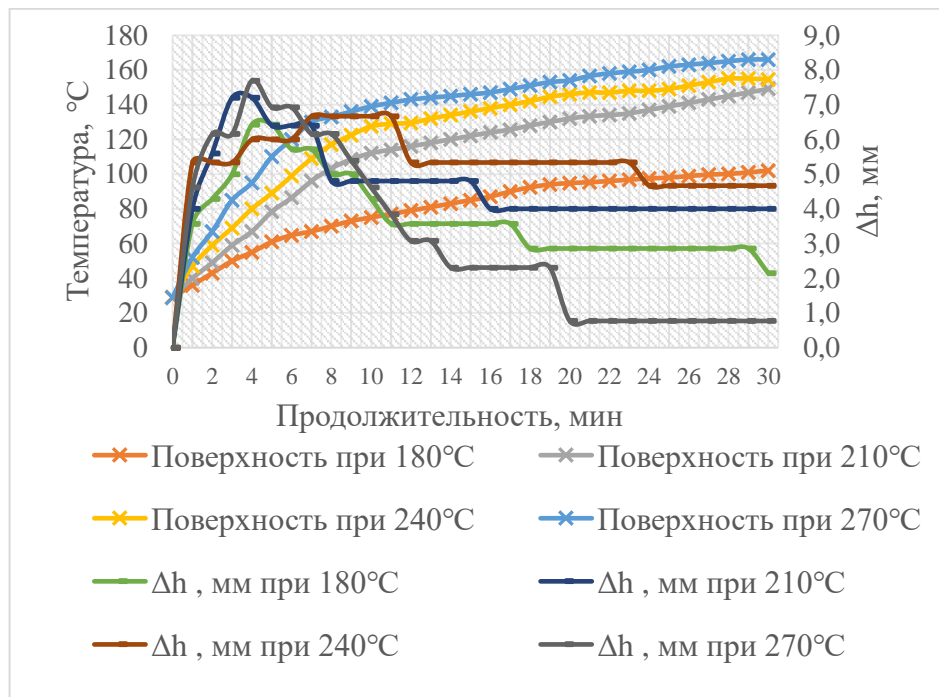


Рисунок 2.63 – Изменение температуры верхней поверхности ВТЗ и высоты, полученные при различных режимах выпечки среды пекарной камеры

Графики, полученные в результате исследования, можно считать элементарной теплофизической моделью процесса выпечки [22, 86]. Было выявлено, что при выпечке ржано-пшеничного хлеба происходит небольшая усадка высоты изделия на 4–8 мм в зависимости от режима выпечки и вида добавок [22].

Температуру поверхности ВТЗ, полученную в четырех исследуемых режимах, обобщили (на графике – от 28–30 °С до 100 °С). Для этого ввели временной симплекс  $\Theta$ , рассчитываемый по формуле (2.17):

$$\Theta = \tau_x / \tau_{100}, \quad (2.17)$$

где  $\tau_x$  – текущее время, мин,  $\tau_{100}$  – продолжительность нагрева до достижения температуры поверхности ВТЗ 100 °С [22, 86].

На рисунке 2.64 представлено изменение продолжительности достижения температуры верхней поверхности ВТЗ 100 °С от температуры пекарной камеры, полученное при различных режимах выпечки 180, 210, 240 и 270°С.

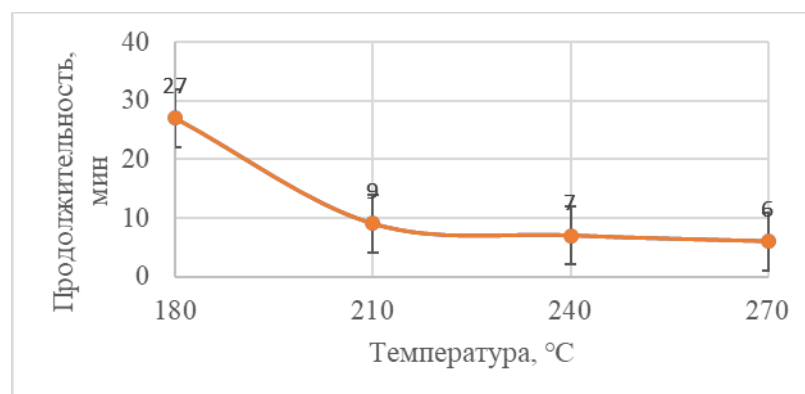


Рисунок 2.64 – Изменение продолжительности достижения температуры верхней поверхности ВТЗ 100 °С от температуры пекарной камеры

Когда температура верхней поверхности достигает 100 °С на поверхности ВТЗ начинает образовываться корка, тепловой поток внутри ВТЗ уменьшается. Темп образования корки с повышением температуры пекарной камеры изменяется не интенсивно [22].

На рисунке 2.65 показана теплофизическая модель при выпечке ржано-пшеничного формового хлеба, представляющая собой зависимость температуры верхней поверхности ВТЗ от временного симплекса.

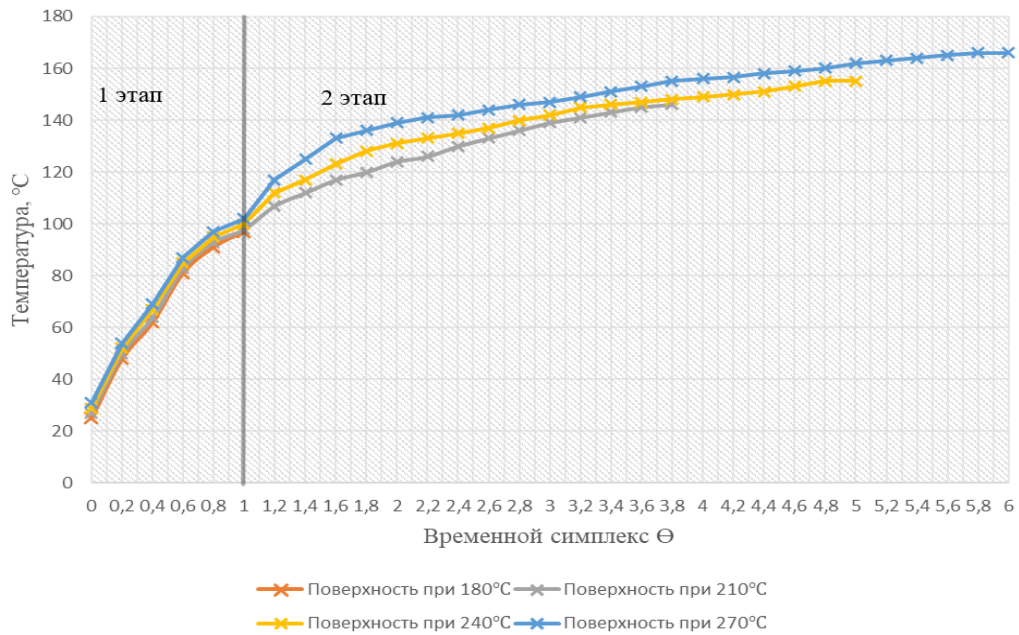


Рисунок 2.65 –Зависимость температуры верхней поверхности корки от временного симплекса  $\Theta$

Согласно [84], закономерность передачи теплоты от поверхности к внутренним слоям ВТЗ зависит только от интенсивности внешнего теплообмена и используя временной симплекс  $\Theta$ , все температурные кривые, полученные при различной температуре пекарной камеры при выпечке ржано-пшеничного хлеба по достижении первого этапа, сливаются в одну кривую, получаемую в пределах погрешностей измерений [22].

На рисунке 2.66 представлена аппроксимация степенной функцией графика зависимости температуры от временного симплекса для первого этапа выпечки с достоверностью аппроксимации  $R^2 = 0,9976$ .

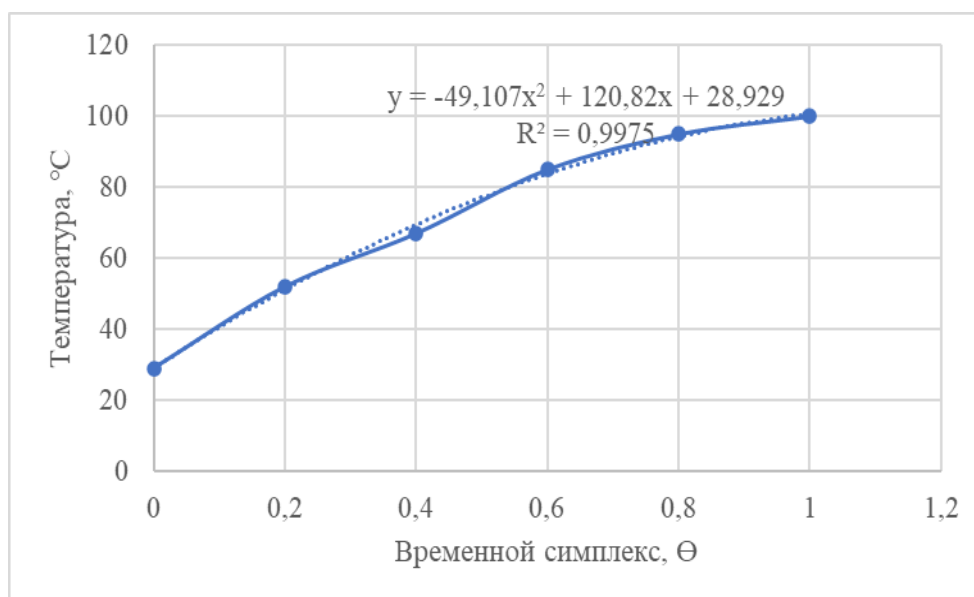


Рисунок 2.66 – Аппроксимация зависимости температуры от временного симплекса для первого этапа выпечки

Обобщённая температурная кривая первого этапа процесса выпечки аппроксимирована уравнением (2.18):

$$t = -49,107\theta^2 + 120,82\theta + 28,929; \quad (2.18)$$

где  $t$  – текущая температура,  $^{\circ}\text{C}$ .

Данное уравнение позволяет определять реальный режим выпечки в первом этапе, учитывая продолжительность достижения  $100^{\circ}\text{C}$  по рисунку 2.64. Выбирая температуру верхней поверхности в любом диапазоне температур, можно построить любую кривую в реальном времени, аппроксимируя качественные показатели – объём и форму [22].

Второй этап выпечки позволяет выбрать температуру среды пекарной камеры (при двухстадийной выпечке в печах РРС (Чехия), Гостол (Словения), Т4ХП2 (Щебекинский машиностроительный завод) для получения хлеба с необходимым упёком и цветом корки, пропеченности мякиша [22].

На рисунке 2.67 представлена аппроксимация степенной функцией графиков зависимости температуры от временного симплекса для второго этапа выпечки для верхней поверхности корки при различной температуре пекарной камеры  $210$ ,  $240$  и  $270^{\circ}\text{C}$ .

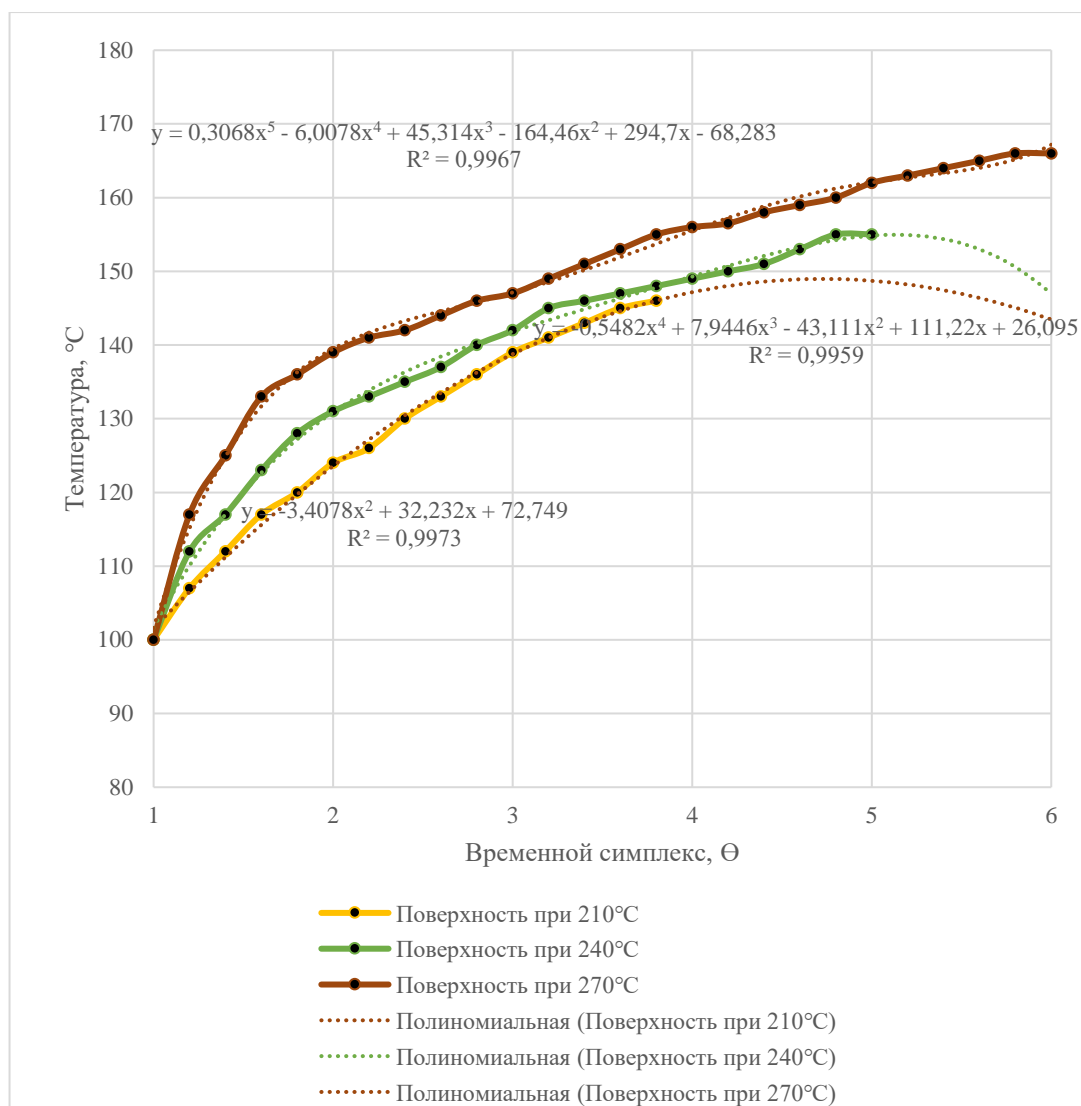


Рисунок 2.67 – Аппроксимация зависимости температуры от временного симплекса для второго этапа выпечки

Обобщённые температурные кривые второго этапа процесса выпечки аппроксимированы степенными уравнениями с достаточно высокой достоверностью аппроксимации  $R^2 = 0,997$ .

Для режима выпечки при температуре пекарной камеры 210 °C аппроксимировано уравнением 2-го порядка (2.19):

$$t = -3,4078\theta^2 + 32,232\theta + 72,749; \quad (2.19)$$

Для режима выпечки при температуре пекарной камеры 240 °C аппроксимировано уравнением 4-го порядка (2.20):

$$t = -0,5482\theta^4 + 7,9446\theta^3 - 43,111\theta^2 + 26,095; \quad (2.20)$$



Для режима выпечки при температуре пекарной камеры 270 °С аппроксимировано уравнением 5-го порядка (2.21):

$$t = 0,3068\theta^5 - 6,0078\theta^4 + 45,314\theta^3 - 164,46\theta^2 + 294,7\theta - 68,283. \quad (2.21)$$

Вторая часть модели представляет собой температурные кривые центральных слоёв при выпечке.

На рисунке 2.68 представлены кривые изменения температуры центра ВТЗ от продолжительности выпечки [22].

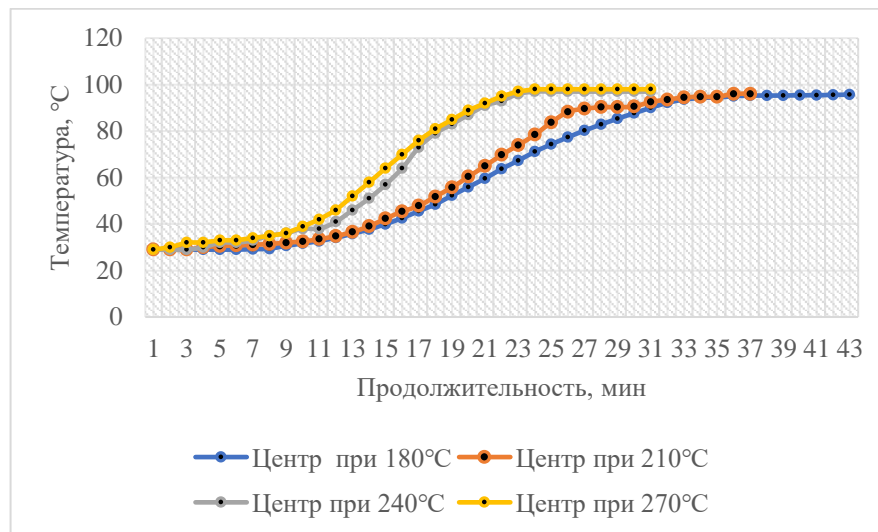


Рисунок 2.68 – Изменение температуры центра ВТЗ от продолжительности выпечки

Из рисунка 2.68 видно, что на продолжительность прогрева центра ВТЗ также влияет температура пекарной камеры. Из чего можно сделать вывод, что с уменьшением температуры пекарной камеры требуется увеличить продолжительность для прогрева внутренних слоёв, а также увеличение температуры выше 240°C приводит не только к увеличению толщины корки, но и интенсивности её цвета [22].

На рисунке 2.69 приведена зависимость продолжительности выпечки при достижении температуры центра готового изделия 96–98 °С от температуры пекарной камеры. Используя данную зависимость, можно также регулировать температуру, соответствующую второму этапу выпечки [22].

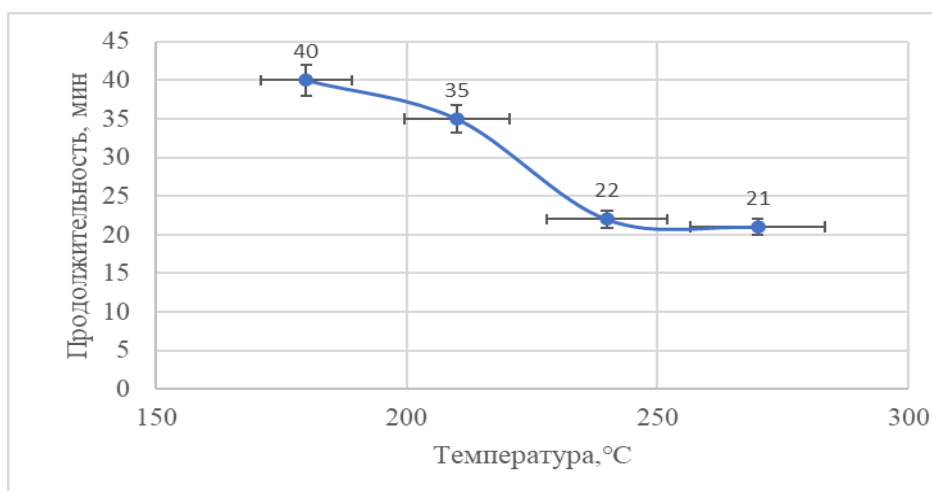


Рисунок 2.69 – Зависимость продолжительности выпечки достижения температуры центра готового изделия 96–98 °С от температуры пекарной камеры

На рисунке 2.70 представлена зависимость упёка от температуры пекарной камеры при выпечке ржано-пшеничного формового хлеба, которая также используется при моделировании процесса выпечки [22].

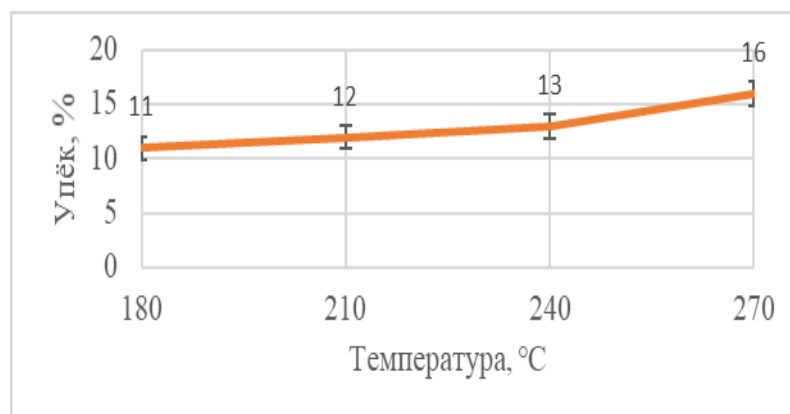


Рисунок 2.70 – Зависимость упёка от температуры пекарной камеры при выпечке ржано-пшеничного формового хлеба

Анализируя график на рисунке 2.70, можно прийти к выводу, что рациональные режимы соответствуют температуре пекарной камеры  $(240 \pm 5) \text{ } ^\circ\text{C}$ , так как при данном режиме достигается требуемый упёк и соответствующие структуре готового изделия корка и мякиш [22, 86].

## **Разработка рационального режима выпечки ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности**

Анализируя полученные результаты исследований, можно сделать вывод и рекомендовать рациональный режим выпечки ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, который будет соответствовать двухстадийной выпечке: первый этап проводится при температуре  $(270 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$  до начала образования корки при использовании контрольной термопары до достижения температуры верхнего слоя  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ; второй этап проводится при температуре  $240 \text{ }^\circ\text{C}$ , при которой достигается наилучшее качество изделия как по вкусовым свойствам, так и по внешнему виду. По достижении температуры всех слоев  $96\text{--}98^\circ\text{C}$  проводят допекание 4–5 мин до достижения минимального значения свободной влаги в продукте. Далее ржано-пшеничные полуфабрикаты высокой степени готовности охлаждаются до комнатной температуры и после их можно подвергать криохранению при температуре  $-(35 \div 37) \text{ }^\circ\text{C}$  на различные сроки в зависимости от необходимости. Размораживание осуществляют как в условиях хлебозавода, так в предприятиях торговли в расстойных шкафах при температуре  $28\text{--}30 \text{ }^\circ\text{C}$  или в естественных условиях при комнатной температуре. Допекание производят в печах при температуре пекарной камеры  $(240 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ . Продолжительность допекания составляет порядка 4–5 мин для получения качественного готового изделия.

Данный режим имеет наименьшую продолжительность выпечки, так как на первом этапе при оптимально высокой температуре пекарной камеры  $270 \text{ }^\circ\text{C}$  формируется готовое изделие. Физико-химические и органолептические показатели качества при данном режиме являются лучшими и соответствуют готовому изделию.

### **Заключение по разделу 2.4.6.**

По построенной теплофизической модели процесса выпечки формового ржано-пшеничного хлеба можно оптимизировать режим в пекарной камере по качеству хлеба (по высоте), по продолжительности выпечки, используя как одностадийную, так и двухстадийную выпечку в зависимости от вида печи, а также

учитывая упёк. На первом этапе выпечки можно моделировать в лабораторных условиях и управлять формообразованием, объёмом, качеством, на втором этапе – конечной температурой, упёком и толщиной корки. Построив такую теплофизическую модель процесса выпечки, можно обосновать выбор тепловых режимов для получения ржано-пшеничного формового хлеба, а также полуфабрикатов высокой степени готовности лучшего качества [22].

## **2.5 Опытнo-промышленная апробация и определение экономической эффективности разработанной технологии формового ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности**

В результате опытно-промышленной апробации, проведённой на АО «Кондитерско-булочный комбинат «Черемушки», было подтверждено, что рациональным режимом для производства ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности является двухстадийная выпечка. Производство ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности возможно как на крупных предприятиях, таких как хлебозаводы, так и в условиях небольших пекарен.

Акт опытно-промышленной апробации выпечки ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности представлен в приложении I.

Разработана техническая документация на новый вид замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности и готовых изделий из них «Любительские» (ТУ 10.71.11–043–020680634–2021). Технические условия представлены в приложении II.

## **Расчет экономической эффективности при производстве замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности**

Расчёт экономической эффективности производства замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности подробно представлен в научной литературе и детально конкретизирован в бизнес-планах предприятий, производящих данную продукцию. Учитывая большой разброс в технологических возможностях участников рынка, а также принимая во внимание высокую вариативность влияния среды предпринимательства на деятельность предприятия, нами был произведён сравнительный анализ экономической эффективности производства ржано-пшеничного хлеба с производством замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности. Для удобства сравнения все расчёты приведены к производству 1 тонны продукции. Учитывая значительные региональные различия цен на сырьё и энергоносители, в расчёте они имеют максимально усреднённые значения.

Определим количество и стоимость сырья, материалов, топлива и электроэнергии, используемых для технологических целей, численность персонала, фонд заработной платы, себестоимость каждого вида продукции. В качестве основы расчётов возьмём усреднённые данные производительности тупиковых конвейерных хлебопекарных печей: ХПП-25, ХЗ-ХПА, ХПА-40, ФТЛ-2 и др. Данный тип печей имеет наибольшее распространение не только среди конвейерных печей, но и среди печей, устанавливаемых на хлебозаводах. Эти печи позволяют вырабатывать практически все виды продукции.

В соответствии с техническими характеристиками, производительность печей данного типа при выработке формового хлеба в среднем составляет 400 кг/ч. Соответственно, для производства 1 т готовой продукции требуется 2,5 часа работы данных печей.

Средняя норма расхода газа для производства 1 т продукции составляет 150 куб. м.

Средняя норма расхода электроэнергии для производства 1 т продукции составляет 250 кВт ч/т.

Транспортные расходы. По данной статье расходов расчёт услуг сильно различается в зависимости от региона производства продукции. В крупных городах, таких как Москва, производится почасовая оплата услуг из расчёта 500 руб./ч за транспортировку автомобилем «Газель» грузоподъёмностью 1,5 т и 600 руб./ч за транспортировку аналогичным автомобилем в исполнении «Рефрижератор». В регионах оплата услуг производится с учётом пробега автомобиля: 14 руб./км за автомобиль «Газель» грузоподъёмностью 1,5 т и 16 руб./км за транспортировку аналогичным автомобилем в исполнении «Рефрижератор». В своих расчётах мы будем учитывать стоимость транспортных услуг по г. Москва.

Расходы на заработную плату. Для работы на печах тупикового типа количество сотрудников для выпечки продукции данного вида в среднем составляет 5 человек. Примерный состав и тарифные ставки рабочих приведены в таблице 2.26.

Таблица 2.26 – Состав и тарифные ставки рабочих, расходы на оплату труда

Наименование профессии	Количество рабочих на выработку изделий, чел	Тарифная ставка 1 рабочего за 1ч, руб.	Время необходимое для выпечки 1 тонны продукции, ч	Расходы на оплату труда, руб. (гр.3*гр.4)
1	2	3	4	5
Начальник смены	1	200	2,5	500
Пекарь	1	180	2,5	450
Тестомес	1	150	2,5	375
Дозировщик	1	130	2,5	325
Укладчик-упаковщик	1	110	2,5	275
Итого, руб.				1925
Налоги с заработной платы (30%), руб.				577,5

При расчётах затрат на замораживание и хранение готовой продукции были использованы технические характеристики «шоковых камер» производства компании «Росспецхолод», с рабочим диапазоном температур  $-(32 \div 40) ^\circ\text{C}$ .

Количество муки, жировых продуктов, закваски, дрожжей, соли и др. ингредиентов приведены в таблице 2.27 в соответствии с рецептурой выпечки ржано-пшеничного хлеба из расчёта на 1 т готовой продукции.

Таблица 2.27 - Сравнительный расчёт затрат на производство 1 т ржано-пшеничного хлеба и 1 т замороженного ржано-пшеничного полуфабриката высокой степени готовности в полиэтиленовой плёнке

№ п/п	Статьи затрат на производство, хранение и транспортировку продукции	Цена, в т.ч. НДС, руб.	Количество, в расчёте на 1 тонну продукции	Хлеб ржано-пшеничный		Замороженные ржано-пшеничные полуфабрикаты высокой степени готовности в пэ плёнке	
				Стоимость, в т.ч. НДС, руб.	Доля в общей стоимости, %	Стоимость, в т.ч. НДС, руб.	Доля в общей стоимости, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Мука ржаная обдирная, кг	40	350	14000	31,92	14000	29,29
2	Мука пшеничная 1 сорта, кг	30	240	7200	16,41	7200	15,06
3	Жировые продукты, кг	50	10	500	1,14	500	1,05
4	Закваска густая ржаная, кг	40	300	12000	27,36	12000	25,10
5	Дрожжи хлебопекарные прессованные, кг	80	50	4000	9,12	4000	8,37
6	Соль, кг	10	15	150	0,34	150	0,31
7	Вода питьевая, л	20	42	840	1,92	840	1,76
8	Фонд заработной платы, руб.			1925	4,39	1925	4,03
9	Налоги с ФЗП, руб.			577,5	1,32	577,5	1,21
10	Расходы электроэнергии на выпечку хлеба, кВт ч (норматив на 1 т)	5,5	250	1375	3,13	1375	2,88
11	Газ, куб. м (норматив на 1 т)	5,3	150	795	1,81	795	1,66



Продолжение таблицы 2.27

1	2	3	4	5	6	7	8
12	Упаковка (плёнка), кг	180	3		0,00	540	1,13
13	Расходы электроэнергии на заморозку и хранение, кВт ч.	5,5	600		0,00	3300	6,90
14	Транспортные расходы, руб./ч	500	1	500	1,14		0,00
15	Транспортные расходы, руб./ч	600	1		0,00	600	1,26
16	Итого затрат, руб.			43862,5	100 %	47802,5	100 %

Как показывает анализ таблицы 2.27, различия в затратах на производство ржано-пшеничного хлеба и замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности начинаются только на этапах замораживания и хранения. Сама технология производства хлебобулочных изделий одинакова. Имеется незначительное отличие на этапе выпечки, т.к. ржано-пшеничные полуфабрикаты высокой степени готовности выпекаются частично, не до 100% готовности. Соответственно, затраты на производство замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, в среднем, на 8,24 % выше затрат на производство ржано-пшеничного хлеба. Этот ценовой разрыв продолжает увеличиваться при реализации продукции через розничные сети, т.к. дополнительно накладываются затраты на хранение, размораживание и допекание ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности. Различия в розничных ценах достигают 15-20 % и ограничиваются только размером торговой надбавки ритейлеров и предприятий сектора HORECA.

При всей экономической «несостоятельности» производства замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности у данного направления имеется весомое конкурентное преимущество перед производством обычного ржано-пшеничного хлеба – это длительный срок хранения без потери потребительских качеств. Так срок реализации ржано-пшеничного хлеба, в соответствии с ГОСТ-2077-84, составляет 36 часов с момента выемки из печи, в то

время как срок хранения замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности составляет 180 дней и выше. Практика продаж показывает, что примерно 10-15 % ржано-пшеничного хлеба приходится на возврат по истечению срока реализации, что также оказывает негативный экономический эффект на производство изделий данного вида. Наличие замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности позволяет более гибко реагировать на изменения, происходящие на рынке и производить продукцию в соответствии со спросом. События последних месяцев, связанных с карантинными мероприятиями, выявили ещё одно преимущество замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности: это возможность сохранить товарные запасы во время вынужденного простоя и быстро выйти на реализацию продукции при снятии карантинных ограничений.

Сложившаяся практика на рынке хлебобулочных изделий наглядно показывает, что производство хлеба из замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности прочно заняло свою нишу, и не смотря на более высокие затраты на изготовление пользуется стабильным спросом со стороны ритейлеров и предприятий сектора HORECA, в первую очередь благодаря главному своему конкурентному преимуществу – длительному сроку хранения по сравнению с обычным ржано-пшеничным хлебом.

## Выводы

На основании проведенных исследований теплофизических, коллоидных и физико-химических процессов, происходящих при выпечке ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности сделаны следующие выводы.

1. Установлено, что температура пекарной камеры и продолжительность выпечки оказывают влияние на процесс прогрева ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности.

1.1. Формирование оптимальной структуры ржано-пшеничных полуфабрикатов и, следовательно, получение хлеба высокого качества по физико-химическим и органолептическим показателям достигается при температуре пекарной камеры  $(240 \pm 5) ^\circ\text{C}$  и достижении температуры внутренних слоёв 96–98  $^\circ\text{C}$ .

1.2. Определено, что продолжительность выпечки ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности массой 0,4 кг при постоянной температуре пекарной камеры не влияет на момент перехода теста в мякиш и изменение высоты готовых хлебобулочных изделий.

2. Установлено, что увеличение количества ржаной муки в смеси на 8–10 % приводит к увеличению продолжительности теплофизических и коллоидных процессов, происходящих при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности. Добавление жировых продуктов и муки из семян чиа увеличивают продолжительность достижения температуры готовности хлеба равной 96–98  $^\circ\text{C}$  на 1–2 и 8–9 мин соответственно, по сравнению с контрольными пробами в связи с увеличением затрат теплоты на прогрев в зависимости от рецептурных компонентов.

3. Показано, что при двухстадийной выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности температура пекарной камеры на первом этапе не влияет на изменение температуры внутренних слоёв выпекаемой тестовой заготовки, а влияет только на продолжительность выпечки. На втором

этапе двухстадийной выпечки температура пекарной камеры влияет на показатели качества готовых изделий.

4. Установлено, температура перехода теста в мякиш при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности зависит от соотношения ржаной и пшеничной муки и составляет: при соотношении муки 60:40 –  $(67,5 \pm 0,5)$  °С, при соотношении муки 70:30 –  $(76,5 \pm 0,5)$  °С, при соотношении муки 80:20 –  $(77,0 \pm 0,5)$  °С.

4.1. Температура перехода теста в мякиш при выпечке ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности зависит от вида криопротектора и составляет для изделий с добавлением: 3% подсолнечного масла –  $(70,0 \pm 0,5)$  °С, 3% кукурузного масла –  $(72,0 \pm 0,5)$  °С, 3% маргарина –  $(68,0 \pm 0,5)$  °С, 3% жира энзимной переэтерификации –  $(77,5 \pm 0,5)$  °С, 5 % муки из семян чиа –  $(75,0 \pm 0,5)$  °С.

4.2. Продолжительность выпечки ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности зависит от содержания свободной влаги, которое достигает минимального значения после достижения температуры внутренних слоев 96-98 °С.

5. Построена теплофизическая модель выпечки ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, позволяющая установить режим прогрева по температуре в пекарной камере и продолжительности, как при одностадийной, так и при двухстадийной выпечке, в зависимости от вида печи. Разработан рациональный режим выпечки ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности, который предусматривает двухстадийную выпечку в два этапа. Первый этап протекает при температуре в пекарной камере  $(270 \pm 5)$  °С до достижения температуры поверхности 100°С, обуславливающего образование корки толщиной 4–6 мм. Второй этап проводится при температуре в пекарной камере  $(240 \pm 5)$  °С для достижения температуры центра 96–98 °С и увеличении продолжительности выпечки на 4–5 мин.

6. Проведены опытно-промышленные испытания режима двухстадийной выпечки ржано-пшеничного формового хлеба массой 0,4 кг из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности на АО «Кондитерско-булочный комбинат «Черемушки». Разработана техническая документация на новый вид замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности и готовых изделий из них «Любительские» (ТУ 10.71.11–043–020680634–2021).

### Список литературы

1. Алексеев, Г.В. Исследование возможностей повышения энерго- и ресурсосбережения при выпечке хлебобулочных изделий / Г.В. Алексеев // Научные известия. – 2018. – № 11. – С. 20-23.
2. Алехина, Н.Н. Замороженные полуфабрикаты – перспективный сегмент рынка хлебобулочных изделий / Н. Н. Алехина, Е. И. Пономарева, О. В. Смирнова [и др.] // Материалы IX Междунар. науч.-прак. конф. «Технологии и продукты здорового питания». – Саратов: Саратовский ГАУ, 2015. – С. 7-9.
3. Алешина, О. М. Влияние продолжительности выпечки на качество ржано-пшеничного хлеба / О.М. Алешина, И. Ковалева // Хлебопродукты. – 2009. – № 5. – С. 52–53. Антипова, Л.В.
4. Тенденции развития научных основ проектирования пищевых продуктов / Л.В. Антипова, Н.С. Родионова, Е.С. Попов // Известия вузов. Пищевая технология. – 2018. – №1. – С. 8–11.
5. Ауэрман, Л.Я. Технология хлебопекарного производства / Л.Я. Ауэрман; под общ. ред. Л.И. Пучковой. – 9-е. изд., перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2005. – 416 с.
6. Бабенко, А.А. Влияние продолжительности хранения ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности на их качество и микробиологические показатели / А.А. Бабенко, Н.В. Лабутина // Сборник материалов конференций. – М.: МГУПП. – 2015. – С. 20 – 22.
7. Белявская, И.Г. Технологические аспекты криогенных технологий хлебобулочных изделий с использованием Carbo Activatus / И.Г. Белявская, Н.В. Лабутина, М.Г. Балыхин, К.С. Юркина, К.С. Никифорова, И.В. Матвеева. // Пищевая промышленность. – 2019. – №3. – С. 40–44.
8. Богатырева, Т.Г. Лабораторный практикум по дисциплине «Биотехнологические основы хлебопекарного производства» / Т.Г. Богатырева. – М.: ИК МГУПП, 2007. – 128 с.

9. Богатырева, Т. Г. Контроль биотехнологических свойств сырья и полуфабрикатов при производстве хлебобулочных изделий: лабораторный практикум / Т. Г. Богатырева, В. Я. Черных, Т. А. Юдина. – М.: Издательский комплекс МГУПП, 2008. – 132 с.
10. Богатырева, Т. Г. Лабутина, Н.В. (2013). Технологии пищевых продуктов с длительными сроками хранения / Т.Г. Богатырева, Н.В. Лабутина. // М.: Профессия. – 2013. – С. 175.
11. Брязун, В.А. Теплотехнические аспекты эффективной выпечки ржано-пшеничного формового хлеба / В.А. Брязун, А.А. Бочарников, В.И. Маклюков, М.Ф. Аднодворцев, А.Л. Назолин. – М.: Пищепромиздат, 2005. – 132 с.
12. Брязун, В.А. Теплотехнические аспекты эффективной выпечки пшеничных хлебобулочных изделий / В.А. Брязун, В.И. Маклюков, М.Ф. Аднодворцев, А.А. Бочарников. – М.: Пищепромиздат, 2004. – 272 с.
13. Брязун, В.А. Определение степени готовности полуфабрикатов ржано-пшеничного хлеба / В.А. Брязун, Н.В. Лабутина, О.А. Суворов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. - №9. – С. 41–43.
14. Быкова, Н.Ю. Совершенствование технологии ржаного хлеба путем регулирования параметров приготовления теста и выпечки хлеба: дис. ... канд. техн. наук / Н.Ю. Быкова. – Москва, 2013. – 170 с.
15. Быкова, Н.Ю. Информационно-измерительные системы мониторинга динамики выпечки ржаного хлеба / В.И. Маклюков, В.Я. Черных, Н.Ю. Быкова, М.Ю. Мальчиков, Е.Н. Рогозкин // Хлебопечение России. –2013. – № 3. – С. 16.
16. Военная, А.В. Зависимость качества замороженных тестовых заготовок от их рецептуры и срока хранения / А.В. Военная, И.В. Матвеева // Хлебопродукты. – 1997. – № 8. – С. 17–20.
17. Вороненко, Б.А. Введение в математическое моделирование: Учеб.-метод. пособие / Б.А. Вороненко, А.Г. Крысин, В.В. Пеленко, О.А. Цуранов. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. – 44 с.

18. Герасимова, Э.О. Криогенные технологии в хлебопечении/ Э.О. Герасимова, Н.В. Лабутина // Известия вузов. Пищевая технология. – 2019. – №1 (367). – С. 6–9.
19. Герасимова, Э.О. Влияние добавления жировых продуктов растительного происхождения и муки из семян чиа на процесс прогрева при выпечке ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности / Сб. матер. VI Международной научно-практической конференции «Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века» // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2019. – №59. – С. 318–327.
20. Герасимова, Э.О. Исследование влияния температуры пекарной камеры на процесс прогрева при выпечке ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности / Э.О. Герасимова, Н.В. Лабутина// Сб. матер. VII Балтийского морского форума. VI Национальная научная конференция "Инновации в технологии продуктов здорового питания". – Калининград: Изд. КГТУ. – 2019. – С. 24-28.
21. Герасимова, Э.О. Исследование процесса нагрева ржано-пшеничных тестозаготовок электро-контактным способом / Э.О. Герасимова, Н.В. Лабутина, В.И. Маклюков, Е.Н. Рогозкин // Хлебопродукты. – 2020. – №. 4. – С. 60–61. <http://dx.doi.org/10.32462/0235-2508-2020-29-4-60-61>
22. Герасимова, Э.О. Построение теплофизической модели процесса выпечки ржано-пшеничного формового хлеба/ Э.О. Герасимова, Н.В. Лабутина, В.И. Маклюков. Е.Н. Рогозкин // Хлебопродукты. – 2020. – №. 5. – С. 46–49. <http://dx.doi.org/10.32462/0235-2508-2020-29-5-46-49>
23. Гинзбург, А. С. Теплофизические основы процесса выпечки / А. С. Гинзбург. – М: Пищепромиздат, 1955. – 474 с.
24. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / Гинзбург. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 528с.



25. Гинзбург, А.С. Теплофизические характеристики пищевых продуктов / А.С. Гинзбург, М.А. Громов, Г.И. Красовская. – 3-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1990. – 287 с.
26. Гинзбург, А.С. Массовлагообменные характеристики пищевых продуктов / А.С. Гинзбург, И.М. Савина. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 280 с.
27. ГОСТ 9404–88 Мука и отруби. Метод определения влажности. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
28. ГОСТ 27493–87 Мука и отруби. Метод определения кислотности по болтушке. – М.: Стандартиформ, 2007.
29. ГОСТ 27676–88 Зерно и продукты его переработки. Метод определения числа падения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
30. ГОСТ 5667-65 Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1997.
31. ГОСТ 27839–2013 Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины. – М.: Стандартиформ, 2014.
32. ГОСТ 31806–2012 Полуфабрикаты хлебобулочные замороженные и охлажденные. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2012.
33. ГОСТ 32677–2014 Изделия хлебобулочные. Термины и определения. – М.: Стандартиформ, 2015.
34. ГОСТ 7045–2017 Мука ржаная хлебопекарная. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2017.
35. ГОСТ 26574–2017 Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2017.
36. ГОСТ 8.585–2001 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования. – М.: Стандартиформ, 2001.
37. Грекова, А.В., Грибкова, А.А., Лабутина, Н.В., Суворов, О.А., Подкопаев, Д.О., Баландин, Г.В. (2013). Перспективы применения нанотехнологий в упаковке

- замороженных хлебобулочных полуфабрикатов / А.В. Грекова, А.А. Грибкова, Н.В. Лабутина, О.А. Суворов, Д.О. Подкопаев, Г.В. Баландин. // Сборник материалов «Экспертиза, оценка качества, подлинности и безопасности пищевых продуктов». – М.: ПК МГУПП. – 2013. – С.121–123.
38. Дворецкий, Д.С. Математическое моделирование процессов и аппаратов химических и пищевых производств: учебное пособие / Д. С. Дворецкий, С. И. Дворецкий, Е. В. Пешкова, М. С. Темнов. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. – 80 с.
39. Зайцева, Л. В. Производство хлебобулочных изделий для здорового питания с использованием заменителя молочного жира энзимной переэтерификации / Л. В. Зайцева, Т. А. Юдина, М. В. Клевец // Пищевая промышленность. – 2012. – № 5. – С. 70–72.
40. Зайцева, Л.В. Влияние муки чиа с высоким содержанием  $\omega$ -3 жирных кислот на показатели качества и пищевую ценность хлеба // Л.В. Зайцева, Т.А. Юдина, А.В. Лаврова, В.Г. Байков // Хлебопродукты. - 2014. - №3. – С. 48-50.
41. Зайцева, Л.В. Качество ржаных лепешек с добавлением муки чиа и масложирового продукта энзимной переэтерификации // Л.В. Зайцева, Т.А. Юдина, Н.В. Рубан / Хранение и переработка сельхозсырья. – 2017. - №5. – С. 31–34.
42. Зельман, Г.С. Технология замораживания хлебобулочных и кондитерских изделий / Г.С. Зельман, Т.Н. Ильинская. – М.: Пищевая промышленность, 1969. – 212 с.
43. Исаченко, В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел // Учебник для вузов. – 4-е изд, перер. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 419 с.
44. Ильина, О.А. Комплексный подход к управлению качеством хлеба /О.А. Ильина, А.С. Баландина, Е.В. Иунихина // Пищевая промышленность. – 2013. - №2. – С. 14 -17.
45. Кветный, Ф.М. О замораживании хлебобулочных изделий / Ф.М. Кветный, М.Ю. Юрко, В.И. Заикина // Хлебопечение России. – 2006. – № 1. - С. 22–23.
46. Ким, Л.В. Основы замораживания, хранения и размораживания хлебобулочных изделий / Л.В. Ким. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1984. – 243 с.

47. Кенийз, Н. В. Разработка технологии хлебобулочных полуфабрикатов с применением криопротектора / Н. В. Кенийз, Н. В. Сокол // Новые технологии. – 2013. – № 1. – С. 19–24.
48. Кенийз, Н.В. Технология применения замороженных полуфабрикатов с применением криопротекторов [Текст] / Н. В. Кенийз, Н. В. Сокол – Саарбрюккен, 2014. – 129 с.
49. Кенийз, Н. В. Процесс замораживания хлебобулочных полуфабрикатов с добавлением криопротекторов и его влияние на структуру замороженных полуфабрикатов / Н. В. Кенийз, Н.В. Сокол // Молодой ученый. – 2014. – №5. – С. 67–70.
50. Кенийз, Н. В. Технология производства хлеба из замороженных полуфабрикатов с использованием пектина в качестве криопротектора / Н. В. Кенийз, Н. В. Сокол // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2011. - № 2. – ч. 2. – С. 93–95.
51. Кенийз, Н. В. Влияние дефростации в технологии хлеба из замороженных полуфабрикатов на качество готового продукта / Н. В. Кенийз, Н. В. Сокол // Вестник НГИЭИ. – 2011. – Т. 2. № 2 (3). – С. 92–101.
52. Кенийз, Н. В. Использование криопротекторов в хлебопекарной отрасли / Н. В. Кенийз, В.П. Шледевиц // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – №105(01). – С. 1–12.
53. Китаевская, С.В. Способы стабилизации криозащитных свойств полуфабрикатов ржано-пшеничного хлеба / С.В. Китаевская, О.А. Решетник, Н.В. Лабутина // Вестник Международной академии холода. – 2003. – №2. – С. 42 – 44.
54. Козловская А.Э. Использование муки чиа в технологии ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности / Н.В. Лабутина, Т.А. Юдина, Е.В. Карасева // Пищевая промышленность, 2016. – № 8 – С. 62–66.
55. Корячкина, С.В. Методы исследования свойств сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Методы исследования свойств полуфабрикатов хлебопекарного производства / С.В. Корячкина, Н.А. Березина, Е.В. Хмелева //

Учебно-методическое пособие. – Орел: ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2011. – 49 с.

56. Корячкина С.Я. Контроль качества сырья, полуфабрикатов и хлебобулочных изделий / Учебное пособие для вузов // С.Я. Корячкина, Н.В. Лабутина, Н.А. Березина, Е.В. Хмелева. – М.: ДеЛи плюс, 2012. – 496 с.

57. Косован, А.П. Сборник современных технологий хлебобулочных изделий / А.П. Косован // М.: ГНУ ГОСНИИ хлебопекарной промышленности. – 2008. – 268 с.

58. Косован, А. П. Сырье хлебопекарного производства: справочник т. 1,2 / А. П. Косован, Г. Ф. Дремучева, Р. Д. Поландова, Г. П. Бабаева, А. А. Невский, О. Е. Карчевская, Н. Т. Чубенко. – М.: ГОСНИИХП, 2008. – 261 с., 350 с.

59. Косован, А.П. Инновационные развития хлебопечения России / А.П. Косован. // М.: Буки Веди. – 2014. – 323 с.

60. Краус, С. Глубокая заморозка – перспективная технология в хлебопечении / С. Краус, Л. Акжигитов, Е. Люнина // Хлебопродукты. – 2005. – № 7. – С. 38 – 39.

61. Кулишов, Б.А. Применение Электроконтактного нагрева в хлебопечении: обзор / Б.А. Кулишов, А.Г. Новосёлов, С.Ю. Иващенко, Н.Е. Гусаров // Ползуновский вестник. – 2019. – №1. – С. 106-113. <http://dx.doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2019.01.020>

62. Куцакова, Е. В. Расчет времени выпечки хлебобулочных изделий в зависимости от размеров и толщины образованной корки / Е. В. Куцакова, С. В. Фролов, Т. В. Шкотова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2012. – № 5/6. – С. 76–78.

63. Лабутина, Н.В. Влияние срока хранения на свойства замороженных ржаных заквасок / Н.В. Лабутина, В.Я. Черных, Т.В. Воронцова, А.А. Бочарников // Хлебопродукты. – 2001. – № 1. – С. 20–22.

64. Лабутина, Н.В. Оптимизация процесса замораживания-размораживания полуфабрикатов ржано-пшеничного хлеба / Н.В. Лабутина, С.В. Китаевская. // Известия вузов. Пищевая технология. – 2003. – № 4. – С. 34–37.

65. Лабутина, Н.В. Совершенствование криотехнологии ржано-пшеничного хлеба / Н.В. Лабутина, С.В. Китаевская и др. // Известия вузов. Пищевая технология. – 2003. – № 5–6. – С. 46–48.
66. Лабутина, Н.В. Оптимизация процесса «замораживание-дефростация» полуфабрикатов хлебопекарного производства / Н.В. Лабутина, С.В. Китаевская, О.А. Решетник // Известия вузов. Пищевая технология. – 2003. – № 2–3. – С. 60–62.
67. Лабутина, Н.В. Технология производства хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов / Н.В. Лабутина. – Смоленск: Универсум, 2004. – 236 с.
68. Лабутина, Н.В. Ржано-пшеничный хлеб из замороженных полуфабрикатов / Н.В. Лабутина // Хлебопродукты. – 2004. – № 12. – С. 30–32.
69. Лабутина, Н.В. Повышение эффективности технологии хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов с использованием ржаной муки: дис. ... докт. техн. наук / Н.В. Лабутина. – Москва, 2004. – 307 с.
70. Лабутина, Н.В. Влияние хлебопекарных свойств ржаной обдирной муки на теплофизические характеристики ржано-пшеничных полуфабрикатов при замораживании и дефростации / Н.В. Лабутина, А.Э. Козловская, О.А. Суворов // Пищевая промышленность. – 2017. – № 4. – С. 2 – 5.
71. Лабутина, Н. В. Исследование влияния процесса прогрева ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности на физико-химические показатели/ Н.В. Лабутина, Э.О. Герасимова [и др.] // Health, Food & Biotechnology. – 2019. – Т. 1, вып. 4. – С. 71–80. <http://dx.doi.org/10.36107/hfb.2019.i4.s278>
72. Лаптенюк, Н.С. Инновационные технологии в хлебопечении / Н.С. Лаптенюк, Л.И. Севастей // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2017. – № 2(36). – С. 20–28.
73. Лисовенко, А.Т. Процесс выпечки и тепловые режимы в современных хлебопекарных печах / А.Т. Лисовенко. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 212 с.

74. Локтионова, А.О. Эффективность технологии ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов с использованием зерновых заквасок высокой степени готовности для профилактического питания / А.О. Локтионова, Е.М. Маркин, Н.В. Лабутина, Э.О. Герасимова // Известия вузов. Пищевые технологии. - 2020 г. - № 2-3. – С. 17-20. <http://dx.doi.org/10.26297/0579-3009.2020.2-3.4>
75. Лозинский, В.И. Криотропное гелеобразование растворов поливинилового спирта / В.И. Лозинский // Успехи химии. – 1998. – № 67(7). – С. 641–655.
76. Лозинский, В.И. Криогели на основе природных и синтетических полимеров: получение, свойства и области применения / В.И. Лозинский // Успехи химии. – 2002. – №71(6). – С. 559–585.
77. Лозинский, В.И. Изучение криоструктурирования полимерных систем. 27. Физико-химические свойства криогелей поливинилового спирта и особенности их макропористой морфологии / В.И. Лозинский, Л.Г. Дамшкали, Б.Л. Шастокольский, Т.А. Бабушкина, И.Н. Курочкин, И.И. Курочкин // Коллоидный журнал. – 2007. – №6(69). – С. 798–816.
78. Лозинский, В.И. Изучение криоструктурирования полимерных систем. 28. Физико-химические свойства и морфология криогелей поливинилового спирта, сформированных многократным замораживанием-оттаиванием / В.И. Лозинский, Л.Г. Дамшкали, И.Н. Курочкин, И.И. Курочкин // Коллоидный журнал. – 2008. – №2(70). – С. 212–222.
79. Лыков, А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков. – М.: Высшая школа, 1967. – 592 с.
80. Лыков, А.В. Теория тепло- и массопереноса / А.В. Лыков, Ю.А. Михайлов. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – 535 с.
81. Маклюков, И.И. Методика составления теплового баланса пекарной камеры / И.И. Маклюков. // М.: Труды ВНИИХП. – 1938.
82. Маклюков, В. И. Научные основы управления качеством хлеба при выпечке и пути снижения потребления энергии: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.12 / Маклюков Владимир Ильич. – М., 1982. – 487 с.

83. Маклюков, И. И. Промышленные печи хлебопекарного и кондитерского производства / И. И. Маклюков, В. И. Маклюков. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 272 с.
84. Маклюков, В.И. Влияние режима обжарки на форму ржаного хлеба / В.И. Маклюков, В.Я. Черных, Н.Ю. Быкова, М.Ю. Мальчиков, Е.Н. Rogozkin // Хлебопечение России. – 2013. – №2. – С. 22.
85. Маклюков, В.И. Моделирование процесса выпечки в лабораторных и промышленных печах / В.И. Маклюков. // Хлебопечение России. 2014. – №5. – С. 12–13.
86. Маклюков, В.И. Метод построения теплофизической модели процесса выпечки хлеба / В.И. Маклюков. // Хлебопечение России. 2015. - №4. – С. 16–19.
87. Маклюков, В.И. Теплофизические процессы при выпечке хлеба / В.И. Маклюков. // Кондитерское и хлебопекарное производство. - 2016. - №5–6. – С. 46–49.
88. Маклюков, В.И. Влияние теплофизического процесса на формирование ароматического комплекса пшеничного хлеба при выпечке / В.И. Маклюков. // Хлебопродукты. – 2019. – №2. – С. 59–65.
89. Маклюков, В.И. Анализ электро- и теплофизических процессов, протекающих при электроконтактной выпечке мучных изделий / В.И. Маклюков, Э.О. Герасимова, Н.В. Лабутина, Е.Н. Rogozkin// Хлебопродукты. – 2020. – № 11. – С. 50–55. <http://dx.doi.org/10.32462/0235-2508-2020-29-11-50-55>
90. Маклюков, В.И. Анализ методов моделирования процесса выпечки / Хлебопродукты. – 2021. – № 7. – С. 26–32. <http://dx.doi.org/10.32462/0235-2508-2021-30-7-26-32>
91. Максимов, А.С. Лабораторный практикум по реологии сырья, полуфабрикатов и готовых изделий хлебопекарного, макаронного и кондитерского производств / А.С. Максимов, В.Я. Черных. – М.: ИК МГУПП, 2004. – 163 с.
92. Матвеева, И. В. Биотехнологические основы приготовления хлеба / И. В. Матвеева, И. Г. Белявская. – М.: ДеЛи принт, 2001. – 150 с.

93. Матвеева, И. В. Биотехнологические решения для производства замороженных полуфабрикатов и хлебобулочных изделий / И.В. Матвеева, Д. Гаццола, С. Страхан // Хлебопродукты. – 2011. – №9. – С. 30–31.
94. Михелев, А.А. Расчет и проектирование печей хлебопекарного и кондитерского производства / А.А. Михелев, Н.М. Ицкович. – М.: Пищевая промышленность, 1968. – 568с.
95. Молькова, И.Е. Свойства замороженного ржано-пшеничного теста при хранении / И.Е. Молькова, Н.В. Лабутина и др. // Хлебопечение России. – 1999. – № 3. – С. 15–17.
96. Молькова, И.Е. Влияние влажности на свойства теста при замораживании и качество ржано-пшеничного хлеба / И.Е. Молькова, Н.В. Лабутина, В.Я. Черных // Хлебопечение России. – 1999. – № 4. – С. 23–24.
97. Никитина, Н.В. Российский рынок замороженных хлебобулочных и кондитерских изделий / Н.В. Никитина, Афанасьева Н.С. // Science of Europe. – 2018. - № 27. – С. 3 – 6.
98. Нищева, О.С. Совершенствование процесса выпечки пшеничных хлебобулочных изделий с добавлением жировых продуктов: дис. ... канд. техн. наук / О.С. Нищева. – М., 2013. – 151 с.
99. Нищева, О.С. Исследование коллоидных процессов при выпечке пшеничного хлеба с добавлением жировых продуктов. / О.С. Нищева, В.И. Маклюков, Е.Н. Рогозкин // Хлебопродукты. – 2014. – № 2. – С. 58–59.
100. Оболенский, Н.В. Использование замороженных полуфабрикатов как эффективная технология хлебопекарного производства в условиях интенсификации экономики / Н.В. Оболенский, О.В. Головачева. // Вестник НГИЭИ. – 2012. – С. 70–79.
101. О’Брайен, Ричард. Жиры и масла. Производство, состав, свойства и применение / Ричард О’Брайен. – СПб.: Профессия, 2007. – 751 с.
102. Оскорбин, Н.М. Теоретические и эмпирические модели процессов и их приложения / Н.М. Оскорбин, С.И. Суханов // Известия Алтайского государственного университета. – 2017. – №1(93). – С. 110–114. URL:



<http://izvestiya.asu.ru/article/view/%282017%291-21>.

[http://dx.doi.org/10.14258/izvasu\(2017\)1-21](http://dx.doi.org/10.14258/izvasu(2017)1-21)

103. Островский, Я.Г. Пути использования электро-контактного прогрева в хлебопечении / Я.Г. Островский // М. ЦНИИпищепром. – 1963.

104. Патент на изобретение RU 2694625 C1, G01N 33/10 Устройство для изучения и исследования процесса выпечки мучных изделий / В.И. Маклюков, Е.Н.Рогозкин, М.Ф. Аднодворцев. // Заявители и патентообладатели: В.И. Маклюков, Е.Н.Рогозкин, М.Ф. Аднодворцев, №2018113314, заявл. 12.04.2018 г., опубл. 16.07.2019 г. Бюллетень №20. – 9 с.

105. Подкопаев, Д.О. Применение неорганических наночастиц для придания упаковочным материалам антимикробных свойств / Д.О. Подкопаев, Л.Н. Шабурова, Н.В. Лабутина, О.А. Суворов, Ю.И. Сидоренко, О.В. Крайнева. / Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2013. –№4. – С. 28–36.

106. Поландова, Р.Д. Современные тенденции улучшения качества хлеба и хлебобулочных изделий / Р.Д. Поландова // Материалы второй международной конференции «Качество зерна, муки и хлеба». – М.: Пищепромиздат, 2002. – 210 с.

107. Производство изделий из замороженного теста / под ред. К. Кульп, К. Лоренц, Ю. Брюммер; перевод. с англ. под общ. ред. И.В. Матвеевой. – СПб.: Профессия, 2005. – 288 с.

108. Пучкова, Л.И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства / Л.И. Пучкова. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 264 с.

109. Пучкова, Л.И. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий. Часть 1. Технология хлеба / Л.И. Пучкова, Р.Д. Поландова, И.В. Матвеева. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 559 с.

110. Рогов, И.А. Консервирование пищевых продуктов холодом (теплофизические основы) / И.А. Рогов, В.Е. Куцакова, В.И. Филиппов, С.В. Фролов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 2002. – 184 с.

111. Сборник современных технологий хлебобулочных изделий. – М.: ГОСНИИХП, 2008. – 271 с.
112. Сидоренко, Г.А. Разработка технологии производства хлеба с применением электро-контактного способа выпечки / Г.А. Сидоренко, В.П. Попов, Г.Б. Зинюхин, В.Г. Коротков. // Оренбург: ОГУ. – 2012. – 124 с.
113. Сидоренко, Г. А. Электроконтактный прогрев как один из способов выпечки хлебобулочных изделий / В. П. Попов, Д. И. Ялалетдинова, В. П. Ханин, Т. В. Ханина // Хлебопечение России. – 2013. – № 1. – С. 14–17.
114. Суворов, О.А. Размораживание частично выпеченных полуфабрикатов / О.А. Суворов, Н.В. Лабутина, Ю. Михолаб, Т. Малахова // Хлебопродукты. – 2007. – №4. – С. 36–37.
115. Суворов, О.А. Разработка технологии ржано-пшеничного хлеба из замороженных полуфабрикатов: дис. ... канд. техн. наук / О.А. Суворов. - Москва, 2008. – 222 с.
116. Суворов, О.А. Современные технологии хлеба и хлебобулочных изделий. Рыночные перспективы / О.А. Суворов, Н.В. Лабутина, М.С. Назаретян. / Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2011. – № 6. – С. 78–83.
117. Сулимов, С.А. Определение рационального режима выпечки ржаного формового хлеба / С.А. Сулимов, В.И. Маклюков, Е.Н. Рогозкин, Н.Ю. Быкова, М.Ю. Мальчиков // Хлебопечение России. – 2010. – №5. – С. 14.
118. Тешитель, О.В. Влияние замораживания на белки теста. Теория и практика применения искусственного холода в пищевых отраслях / О.В. Тешитель. – СПб., 1993. – С. 102–105.
119. Тешитель, О.В. Консервирование хлебобулочных и мучных изделий холодом / О.В. Тешитель. – М.: ЦНИТИТЭИпищепром, 1997. – 7 с.
120. Тутельян, В.А. Современные тенденции развития производства жировых продуктов: наука, технологии, бизнес /под ред. В.А. Тутельяна, А.П. Нечаева. – М.: СППИ. – 2016. – 424 с.

121. Усеня, Ю.С. Технология изготовления замороженных хлебобулочных изделий и полуфабрикатов / Ю.С. Усеня, К.И. Жакова // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2012. – №2(16). – С. 46–50.
122. Хромченкова, Е.П. Применение муки из семян чиа при производстве мучных кондитерских изделий / Е.П. Хромченкова, М.А. Макаренко, В.В. Бессонов и др. // Вопросы питания. – 2014. – №3. – С. 206.
123. Черных В. Я. Оценка качества жировых продуктов, используемых при производстве хлебобулочных изделий / В. Я. Черных, И. Х. Мизова, Ю. А. Султанович // Пищевая промышленность. – 2011. – № 3. – С. 58–60.
124. Чубик, И.А. Справочник по теплофизическим характеристикам пищевых продуктов и полуфабрикатов / И.А. Чубик, А.М. Маслов. – М.: Пищевая промышленность, 1970. – 184 с.
125. Шумаев, Ф.Г. Контактнo-термическая выпечка хлеба / Ф.Г. Шумаев и др. // ВНИИХП. – 1936. – 75 с.
126. Almeida, E.L. Dietary fibre sources in frozen part-baked bread: Influence on technological quality / E.L. Almeida, Y.K. Chang, C.J. Steel // LWT-Food science and technology. – 2013. - №1(53). – P. 262-270. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2013.01.008>
127. Bárcenas, M. E., Rosell C. M. Effect of frozen storage time on the bread crumb and aging of par-baked bread M. E. Bárcenas, C. M. Rosell. // Food Chem. – 2006. – 95. – P. 438-445.
128. Bárcenas, M. E., Rosell C. M. Different approaches for increasing the shelf life of partially baked bread: low temperatures and hydrocolloid addition / M. E. Bárcenas, C. M. Rosell. // Food Chem. - 2007. -100. - P. 1594-1601.
129. Barcenas, M.E. Different approaches for improving the quality and extending the shelf life of the partially baked bread: low temperatures and HPMC addition / M.E. Barcenas, C.M. Rosell. // Journal of Food Engineering. – 2006. – 1. – P. 92-99. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.11.027>
130. Berglund, P.T. Frozen bread dough ultrastructure as affected by duration of frozen storage and freeze-thaw cycles / P.T. Berglund, D. R. Shelton, T.P. Freeman. // Cereal Chemistry. – 1991. – 1. – P. 105-107.

131. Ben Aissa. Stresses and Cracking in Freezing Part-Baked Bread: a Numerical Model/ Ben Aissa, M. Fadhil, Q. Tuan Pham, J.Y. Monteau, A. le Bail. // International Society for Horticultural Science (ISHS). - Leuven, Belgium. – 2008. – P. 133-140
132. Bhattacharya, M. Effect of frozen storage and freeze-thaw cycles on the rheological and baking properties of frozen doughs / M. Bhattacharya, T.M. Langstaff, W.A. Berzonsky. // Food Research International. – 2003. – №4. – P. 365-372. [http://dx.doi.org/10.1016/S0963-9969\(02\)00228-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0963-9969(02)00228-4)
133. Commission Decisio (2009). Authorizing the placing on the market of Chia seed (*Salvia hispanica*) as a novel food ingredient under Regulation of the European Parliament and of the Council / Decisio Commission // The EFSA Journal. – 2009. – P. 16-26.
134. Freezing / P.J. Fellows // Food Processing Technology Woodhead Publishing. – 2017 – P. 885-928.
135. Frozen and Refrigerated. Dough and Batters / eds. K. Kulp, K. Lorenz, J. Brummer. - Published by the American Ass. Of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA, 1995. – 280 p.
136. Giannou, V. Frozen dough bread: Quality and textural behavior during prolonged storage - Prediction of final product characteristics / V. Giannou, C. Tzia. // Journal of Food Engineering. – 2007. – №3. – P. 929-934. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.03.013>
137. Hamdami, N. Two-stage freezing of part baked breads: application and optimization / N. Hamdami, Q.T. Pham, A. Le-Bail, J.-Y. Monteau // J. Food Eng. - 2007. – №82 (4). – P. 418-426.
138. Havet, M. Influence of freezing conditions on the breadmaking performance of French frozen dough / M. Havet, M. Mankai, A. Le Bail. // J. of Food Engineering. – 2000. – 45. – P. 139-145.
139. Inoue, Y. Studies on frozen doughs. I. Effects of frozen storage and freeze-thaw cycles on baking and rheological properties / Y. Inoue, W. Bushuk // Cereal Chemistry. – 1991. – 68, № 6. – P. 627-631.

140. Inoue, Y. Studies on frozen doughs. 2. Flour quality requirements for bread production from frozen dough / Y. Inoue, W. Bushuk // *Cereal Chemistry*. – 1992. – 69, № 4. – P. 423-428.
141. Inoue, Y. Studies on frozen doughs. 3. Some factors involved in dough weakening during frozen storage and thaw-freeze cycles / Y. Inoue, H.D. Sapirstein, S. Takayanagi, W. Bushuk // *Cereal Chemistry*. – 1994. – 71, № 2. – P. 118-121.
142. Inoue, Y. Studies on frozen doughs. IV. Effect of shortening systems on baking and rheological properties / Y. Inoue, H.D. Sapirstein, W. Bushuk // *Cereal Chemistry*. – 1995. – 72, № 2. – P. 221-226.
143. Labutina, N. V. Use of cryoprotectants of vegetable origin in the cryogenic technology of wheat bread / International Conference «Science - the main factor of innovative breakthrough in the food industry», Moscow, Research Institute of Bakery Industry // November, 23-24, 2017. – P. 123-126.
144. Mohsen, D.I. Review on identification, underlying mechanisms and evaluation of freezing damage / Dalvi-Isfahan, Mohsen; Jha, Piyush Kumar; Tavakoli, Javad; et al. // *Journal of food engineering*. – August, 2019. – P. 50-60. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.03.011>
145. Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request. The safety of chia (*Salvia hispanica* L.) seed and ground whole chia seed as a novel food ingredient intended for use in bread // *The EFSA Journal*. -2005. – 278. – P. 1-12.
146. Petzold, G. Ice Morphology: Fundamentals and Technological Applications in Foods / Guillermo Petzold, Jose M. Aguilera. // *Food Biophysics*. – 2009. – № 4. – P. 378-396. <http://dx.doi.org/10.1007/s11483-00909136-5>
147. Phimolsiripol, Y. Effects of freezing and temperature fluctuations during frozen storage on frozen dough and bread quality / Y. Phimolsiripol, U. Siripatrawan, V. Tulyathan et al. // *Journal of Food Engineering*. – 2008. – № 1. – P. 48-56. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.04.016>

148. Selomulyo, V. O., Zhou, W. Frozen bread dough: Effects of freezing storage and dough improvers / V. O. Selomulyo, W. Zhou. // Journal of Cereal Science. – 2007. – № 1. – P. 1-17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2006.10.003>
149. Zhu, T.W. Effect of interesterified blend-based fast-frozen special fat on the physical properties and microstructure of frozen dough. / T.W. Zhu, X. Zhang, B. Li, H. Wu. // Food chemistry. – 2019. – №1(272). – P. 76-83. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.047>

### **Список сокращений**

ВТЗ – выпекаемая тестовая заготовка

РК – радиационно-конвективный способ выпечки

ЭК – электроконтактный способ выпечки

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

**ПРИЛОЖЕНИЕ I. Акт опытно-промышленной апробации**



Утверждаю


 Генеральный директор  
 АО «Кондитерско-булочный комбинат «Черемушки»  
 Д.В. Мамаев  
 «27» 04 2021 г.

### Акт

#### опытно-промышленной апробации ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности

Мы, нижеподписавшиеся, главный технолог ОГТЗП АО «КБК «Черемушки» Кобозева Е.А., ведущий инженер АО «КБК «Черемушки» Козинская Е.Н., зав. кафедрой зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий ФГБОУ ВО «МГУПП» профессор, д.т.н. Лабутина Н.В., соискатель ученой степени кандидата технических наук Герасимова Э.О. составили настоящий акт, о том, что 16.04.2021 г. были проведены производственные выпечки ржано-пшеничных формовых полуфабрикатов высокой степени готовности из смеси муки ржаной обдирной и пшеничной муки 1-го сорта в соотношении 60:40 массой 0,5 кг.

Использовали следующее сырье: муку ржаную обдирную (ГОСТ 7045–2017); муку пшеничную хлебопекарную 1-го сорта (ГОСТ 26574-2017); соль пищевую (ГОСТ Р 51574–2018); дрожжи хлебопекарные прессованные (ГОСТ Р 54731–2011); воду питьевую (ГОСТ 32220–2013, СанПиН 2.1.4.1116–2002).

При приготовлении теста использовали сырье, удовлетворяющее требованиям соответствующих стандартов. Показатели качества ржаной обдирной и муки 1-го сорта приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Показатели качества ржаной обдирной муки

Показатели	Значение
Влажность, %	15
Число падения, с	200

Таблица 2 – Показатели качества муки пшеничной 1-го сорта

Показатели	Значение
Влажность, %	15
Число падения, с	250
Количество клейковины, %	30
Качество клейковины, ед. приб. ИДК	78

Характеристика закваски, приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели качества закваски

Показатели	Значение
Влажность, %	53
Кислотность, град	16
Подъемная сила, мин	60

Технологический процесс приготовления ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности представляет собой следующую последовательность: тестоприготовление проводили безопасным способом с использованием закваски, брожение теста проводили при температуре 25-28 °С, длительность брожения теста составляла 80 минут (до кислотности теста 7,2-7,6 град). Из выброженного теста формовали тестовые заготовки массой 0,5 кг. Окончательную расстойку тестовых заготовок осуществляли в расстойном шкафу MIVE при температуре 30-32 °С и относительной влажности воздуха 70-75 % 40-45 минут до готовности. Готовность тестовых заготовок к выпечке определяли органолептически. Двухстадийная выпечка изделий осуществлялась в пекарной камере MIVE при следующих режимах: 1 этап – при температуре 270 °С продолжительностью 6-7 мин; 2 этап – при 240 °С продолжительностью 21-23 мин. Общая продолжительность выпечки составила 27-30 мин.

Приготовление теста из смеси ржаной обдирной и муки пшеничной 1-го сорта осуществляли по рецептуре хлеба, приведённой в таблице 4.

Таблица 4 – Рецептúra ржано-пшеничного хлеба

Наименование сырья	Количество вносимого сырья
Мука ржаная обдирная (W = 12,0 %), г	120
Мука пшеничная 1-го сорта (W = 13,5 %), г	80
Закваска, г	100
Дрожжи хлебопекарные прессованные, г	1
Соль поваренная пищевая, г	3,25
Вода питьевая, г	По расчету, исходя из влажности теста W = 48 %

После выпечки (через 4 часа) проводили физико-химический и органолептический анализ качества изделий, результаты анализа приведены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – Физико-химические показатели качества ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности

Показатели	Значение
Влажность, %	48,5
Кислотность, град	7,5
Упёк, %	11

Таблица 6 – Органолептические показатели качества ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности

Показатели	Значение
Внешний вид:	
Форма	Правильная
Цвет корки	Коричневый
Поверхность	Гладкая, без подрывов и трещин
Состояние мякиша:	
Пропеченность	Пропеченный, мягкий, эластичный
Промес	Без комочков и следов непромеса
Структура	Средняя и равномерная, без пустот и уплотнений
Вкус	Соответствующие данному виду изделий
Запах	Без постороннего привкуса и запаха

Для контроля температуры внутренних слоев при выпечке и заморозке использовали даталогер – регистратор TR-2T (DS1922T-F5). Результаты представлены в приложении 1 и 2.

Охлажденные после выпечки ржано-пшеничные полуфабрикаты высокой степени готовности упаковывали в полиэтиленовую пленку и отправили в камеру шоковой заморозки для предварительного промораживания до температуры внутри полуфабриката  $-(3 \div 5) \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Температура в камере шоковой заморозки (минус)  $35^{\circ}\text{C}$ , время промораживания 90 мин. За 90 мин температура внутри полуфабриката опустилась до  $-3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Затем полуфабрикаты сложили в гофрокороба и поместили в камеру замораживания и хранения при температуре  $-25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Через 15 часов замораживания, температура внутри полуфабриката достигла  $-18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , что говорит о том, что полуфабрикат заморожен.

Замороженные ржано-пшеничные полуфабрикаты извлекали через сутки после заморозки 19.04.2021г. из морозильной камеры, после дефростации проводили прогрев порядка 4-5 минут в пекарной камере при  $240 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Охлажденный после прогрева ржано-пшеничный формовой хлеб из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности анализировали по физико-химическим и органолептическим показателям. Результаты анализа представлены в таблицах 7 и 8.

Таблица 7 – Физико-химические показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности

Показатели	Значение
Влажность, %	48
Кислотность, град	7,5

Таблица 8 – Органолептические показатели качества ржано-пшеничного формового хлеба

Показатели	Значение
Внешний вид:	
Форма	Правильная
Цвет корки	Темно коричневый
Поверхность	Гладкая, без подрывов и трещин
Состояние мякиша:	
Пропеченность	Пропеченный, мягкий, эластичный
Промес	Без комочков и следов непромеса
Структура	Средняя и равномерная, без пустот и уплотнений
Вкус	Соответствующие данному виду изделий
Запах	Без постороннего привкуса и запаха

Оценивали пищевую ценность полученного ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности. Результаты представлены в таблице 9.


Таблица 9 – Пищевая ценность ржано-пшеничного формового хлеба

Показатели (содержание в 100 г изделия)	Значение
Белки, г	6,5
Жиры, г	1,0
Углеводы, г	41,0
Энергетическая ценность, ккал	200

### Заключение

На основании проведенной промышленной апробации производства ржано-пшеничного формового хлеба из замороженных полуфабрикатов высокой степени готовности на АО «Кондитерско-булочный комбинат «Черемушки» можно рекомендовать данный двухстадийный режим выпечки, который имеет продолжительность выпечки 6-7 минут на первом этапе при температуре пекарной камеры 270 °С, а на втором этапе при температуре 240°С и продолжительности 21-23 минуты. Физико-химические и органолептические показатели качества, пищевая ценность при данном режиме являются лучшими и соответствуют готовому изделию.

Главный технолог  
ОГТЗП АО «КБК «Черемушки»

 Е.А. Кобозева

Ведущий инженер ОГТЗП  
АО «КБК «Черемушки»

 Е.Н. Козинская

Зав. кафедрой зерна, хлебопекарных и  
кондитерских технологий  
ФГБОУ ВО «МГУПП»  
профессор, д.т.н.

 Н.В. Лабутина

Соискатель ученой степени  
кандидата технических наук

 Э.О. Герасимова

## Контроль температуры в процессе заморозки

Test  
Report

>>Start Time: 16/04/21 15:36:38 End Time: 19/04/21 10:51:38  
 >>Sampling rate: 300sec  
 >>Data number:  
 808  
 >>Temp Alarm HI: 40 C Temp Alarm Low: -30 C  
 >>RH Alarm HI: 90 %RH RH Alarm Low: 9 %RH  
 >>Temp MAX: 28.0 C @16:21:38 16/04/21 Temp MIN: -22.9 C @08:26:38 19/04/21 Temp AVG: -17.08 C  
 >>RH MAX: 95.2 %RH @09:26:38 19/04/21 RH MIN: 29.7 %RH @15:56:38 16/04/21 RH AVG: 80.58 %RH

16	20.4 C	84.4 %RH	16-04-21/16:51:38
17	18.5 C	84.4 %RH	16-04-21/16:56:38
18	16.7 C	84.4 %RH	16-04-21/17:01:38
19	14.9 C	84.5 %RH	16-04-21/17:06:38
20	13.1 C	84.5 %RH	16-04-21/17:11:38
21	11.4 C	84.7 %RH	16-04-21/17:16:38
22	9.8 C	85.0 %RH	16-04-21/17:21:38
23	8.3 C	85.4 %RH	16-04-21/17:26:38
24	6.9 C	85.6 %RH	16-04-21/17:31:38
25	5.6 C	85.7 %RH	16-04-21/17:36:38
26	4.3 C	85.8 %RH	16-04-21/17:41:38
27	3.1 C	85.9 %RH	16-04-21/17:46:38
28	2.0 C	86.0 %RH	16-04-21/17:51:38
29	1.0 C	86.1 %RH	16-04-21/17:56:38
30	0.0 C	86.1 %RH	16-04-21/18:01:38
31	-0.7 C	86.3 %RH	16-04-21/18:06:38
32	-1.3 C	87.9 %RH	16-04-21/18:11:38
33	-1.8 C	88.3 %RH	16-04-21/18:16:38
34	-2.3 C	88.6 %RH	16-04-21/18:21:38
35	-2.8 C	88.7 %RH	16-04-21/18:26:38
36	-3.2 C	88.8 %RH	16-04-21/18:31:38
37	-3.5 C	88.9 %RH	16-04-21/18:36:38
38	-3.8 C	89.0 %RH	16-04-21/18:41:38
39	-4.1 C	89.1 %RH	16-04-21/18:46:38
40	-4.3 C	89.2 %RH	16-04-21/18:51:38
41	-4.5 C	89.4 %RH	16-04-21/18:56:38
42	-4.7 C	89.5 %RH	16-04-21/19:01:38
43	-4.8 C	89.6 %RH	16-04-21/19:06:38
44	-4.9 C	89.8 %RH	16-04-21/19:11:38
45	-5.0 C	90.0 %RH	16-04-21/19:16:38
46	-5.0 C	90.1 %RH	16-04-21/19:21:38

47	-5.1 C	90.2 %RH	16-04-21/19:26:38
48	-5.1 C	90.4 %RH	16-04-21/19:31:38
49	-5.2 C	90.5 %RH	16-04-21/19:36:38
50	-5.2 C	90.6 %RH	16-04-21/19:41:38
51	-5.3 C	90.7 %RH	16-04-21/19:46:38
52	-5.3 C	90.8 %RH	16-04-21/19:51:38
53	-5.3 C	90.9 %RH	16-04-21/19:56:38
54	-5.4 C	91.0 %RH	16-04-21/20:01:38
55	-5.4 C	91.1 %RH	16-04-21/20:06:38
56	-5.4 C	91.2 %RH	16-04-21/20:11:38
57	-5.5 C	91.2 %RH	16-04-21/20:16:38
58	-5.5 C	91.3 %RH	16-04-21/20:21:38
59	-5.6 C	91.4 %RH	16-04-21/20:26:38
60	-5.6 C	93.0 %RH	16-04-21/20:31:38
61	-5.6 C	93.0 %RH	16-04-21/20:36:38
62	-5.7 C	93.1 %RH	16-04-21/20:41:38
63	-5.7 C	93.1 %RH	16-04-21/20:46:38
64	-5.8 C	93.1 %RH	16-04-21/20:51:38
65	-5.8 C	93.1 %RH	16-04-21/20:56:38
66	-5.9 C	93.1 %RH	16-04-21/21:01:38
67	-6.0 C	93.1 %RH	16-04-21/21:06:38
68	-6.0 C	93.0 %RH	16-04-21/21:11:38
69	-6.1 C	93.0 %RH	16-04-21/21:16:38
70	-6.2 C	91.4 %RH	16-04-21/21:21:38
71	-6.3 C	91.4 %RH	16-04-21/21:26:38
72	-6.4 C	91.3 %RH	16-04-21/21:31:38
73	-6.5 C	91.3 %RH	16-04-21/21:36:38
74	-6.6 C	91.2 %RH	16-04-21/21:41:38
75	-6.7 C	91.2 %RH	16-04-21/21:46:38
76	-6.8 C	91.1 %RH	16-04-21/21:51:38
77	-6.9 C	91.1 %RH	16-04-21/21:56:38
78	-7.0 C	91.0 %RH	16-04-21/22:01:38
79	-7.1 C	90.9 %RH	16-04-21/22:06:38
80	-7.2 C	90.9 %RH	16-04-21/22:11:38
81	-7.3 C	90.8 %RH	16-04-21/22:16:38
82	-7.4 C	90.8 %RH	16-04-21/22:21:38
83	-7.5 C	90.7 %RH	16-04-21/22:26:38
84	-7.6 C	90.7 %RH	16-04-21/22:31:38
85	-7.7 C	90.6 %RH	16-04-21/22:36:38
86	-7.8 C	90.5 %RH	16-04-21/22:41:38
87	-8.0 C	90.5 %RH	16-04-21/22:46:38
88	-8.0 C	90.4 %RH	16-04-21/22:51:38
89	-8.1 C	90.3 %RH	16-04-21/22:56:38
90	-8.3 C	90.3 %RH	16-04-21/23:01:38
91	-8.4 C	90.2 %RH	16-04-21/23:06:38
92	-8.5 C	90.1 %RH	16-04-21/23:11:38
93	-8.6 C	90.1 %RH	16-04-21/23:16:38
94	-8.7 C	90.0 %RH	16-04-21/23:21:38

95	-8.8 C	89.9 %RH	16-04-21/23:26:38
96	-8.9 C	89.8 %RH	16-04-21/23:31:38
97	-9.0 C	89.7 %RH	16-04-21/23:36:38
98	-9.1 C	89.6 %RH	16-04-21/23:41:38
99	-9.2 C	89.6 %RH	16-04-21/23:46:38
100	-9.3 C	89.5 %RH	16-04-21/23:51:38
101	-9.4 C	89.4 %RH	16-04-21/23:56:38
102	-9.5 C	89.3 %RH	17-04-21/00:01:38
103	-9.6 C	89.3 %RH	17-04-21/00:06:38
104	-9.7 C	89.2 %RH	17-04-21/00:11:38
105	-9.8 C	89.1 %RH	17-04-21/00:16:38
106	-9.9 C	89.1 %RH	17-04-21/00:21:38
107	-10.0 C	89.0 %RH	17-04-21/00:26:38
108	-10.1 C	88.9 %RH	17-04-21/00:31:38
109	-10.2 C	88.8 %RH	17-04-21/00:36:38
110	-10.2 C	88.7 %RH	17-04-21/00:41:38
111	-10.4 C	88.6 %RH	17-04-21/00:46:38
112	-10.5 C	88.5 %RH	17-04-21/00:51:38
113	-10.6 C	88.4 %RH	17-04-21/00:56:38
114	-10.7 C	88.3 %RH	17-04-21/01:01:38
115	-10.8 C	88.3 %RH	17-04-21/01:06:38
116	-10.9 C	88.2 %RH	17-04-21/01:11:38
117	-11.0 C	88.1 %RH	17-04-21/01:16:38
118	-11.1 C	88.0 %RH	17-04-21/01:21:38
119	-11.2 C	87.9 %RH	17-04-21/01:26:38
120	-11.3 C	87.8 %RH	17-04-21/01:31:38
121	-11.4 C	87.7 %RH	17-04-21/01:36:38
122	-11.4 C	87.7 %RH	17-04-21/01:41:38
123	-11.5 C	87.6 %RH	17-04-21/01:46:38
124	-11.6 C	87.5 %RH	17-04-21/01:51:38
125	-11.7 C	86.4 %RH	17-04-21/01:56:38
126	-11.8 C	86.3 %RH	17-04-21/02:01:38
127	-11.9 C	86.2 %RH	17-04-21/02:06:38
128	-12.0 C	86.2 %RH	17-04-21/02:11:38
129	-12.1 C	86.1 %RH	17-04-21/02:16:38
130	-12.2 C	86.0 %RH	17-04-21/02:21:38
131	-12.3 C	86.0 %RH	17-04-21/02:26:38
132	-12.4 C	85.9 %RH	17-04-21/02:31:38
133	-12.5 C	85.8 %RH	17-04-21/02:36:38
134	-12.5 C	85.7 %RH	17-04-21/02:41:38
135	-12.6 C	85.7 %RH	17-04-21/02:46:38
136	-12.7 C	85.6 %RH	17-04-21/02:51:38
137	-12.8 C	85.5 %RH	17-04-21/02:56:38
138	-12.9 C	85.5 %RH	17-04-21/03:01:38
139	-13.0 C	85.4 %RH	17-04-21/03:06:38
140	-13.1 C	85.3 %RH	17-04-21/03:11:38
141	-13.1 C	85.3 %RH	17-04-21/03:16:38
142	-13.2 C	85.2 %RH	17-04-21/03:21:38



143	-13.3 C	85.2 %RH	17-04-21/03:26:38
144	-13.4 C	85.1 %RH	17-04-21/03:31:38
145	-13.5 C	85.1 %RH	17-04-21/03:36:38
146	-13.6 C	85.0 %RH	17-04-21/03:41:38
147	-13.6 C	85.0 %RH	17-04-21/03:46:38
148	-13.8 C	84.9 %RH	17-04-21/03:51:38
149	-13.8 C	84.9 %RH	17-04-21/03:56:38
150	-13.9 C	84.8 %RH	17-04-21/04:01:38
151	-14.0 C	84.8 %RH	17-04-21/04:06:38
152	-14.0 C	84.7 %RH	17-04-21/04:11:38
153	-14.1 C	84.7 %RH	17-04-21/04:16:38
154	-14.1 C	84.7 %RH	17-04-21/04:21:38
155	-14.2 C	84.6 %RH	17-04-21/04:26:38
156	-14.3 C	84.5 %RH	17-04-21/04:31:38
157	-14.4 C	84.5 %RH	17-04-21/04:36:38
158	-14.4 C	84.4 %RH	17-04-21/04:41:38
159	-14.5 C	84.4 %RH	17-04-21/04:46:38
160	-14.6 C	84.3 %RH	17-04-21/04:51:38
161	-14.7 C	84.3 %RH	17-04-21/04:56:38
162	-14.7 C	84.2 %RH	17-04-21/05:01:38
163	-14.8 C	84.2 %RH	17-04-21/05:06:38
164	-14.9 C	84.1 %RH	17-04-21/05:11:38
165	-15.0 C	84.1 %RH	17-04-21/05:16:38
166	-15.0 C	84.0 %RH	17-04-21/05:21:38
167	-15.1 C	84.0 %RH	17-04-21/05:26:38
168	-15.2 C	84.0 %RH	17-04-21/05:31:38
169	-15.3 C	83.9 %RH	17-04-21/05:36:38
170	-15.3 C	83.9 %RH	17-04-21/05:41:38
171	-15.4 C	83.8 %RH	17-04-21/05:46:38
172	-15.5 C	83.8 %RH	17-04-21/05:51:38
173	-15.6 C	83.7 %RH	17-04-21/05:56:38
174	-15.6 C	83.7 %RH	17-04-21/06:01:38
175	-15.7 C	83.7 %RH	17-04-21/06:06:38
176	-15.8 C	83.6 %RH	17-04-21/06:11:38
177	-15.9 C	83.6 %RH	17-04-21/06:16:38
178	-15.9 C	83.5 %RH	17-04-21/06:21:38
179	-16.0 C	83.5 %RH	17-04-21/06:26:38
180	-16.1 C	83.4 %RH	17-04-21/06:31:38
181	-16.1 C	83.4 %RH	17-04-21/06:36:38
182	-16.2 C	83.4 %RH	17-04-21/06:41:38
183	-16.3 C	83.3 %RH	17-04-21/06:46:38
184	-16.3 C	83.3 %RH	17-04-21/06:51:38
185	-16.4 C	83.3 %RH	17-04-21/06:56:38
186	-16.5 C	83.2 %RH	17-04-21/07:01:38
187	-16.5 C	83.2 %RH	17-04-21/07:06:38
188	-16.6 C	83.1 %RH	17-04-21/07:11:38
189	-16.7 C	83.1 %RH	17-04-21/07:16:38
190	-16.7 C	83.1 %RH	17-04-21/07:21:38

191	-16.8 C	83.0 %RH	17-04-21/07:26:38
192	-16.9 C	83.0 %RH	17-04-21/07:31:38
193	-16.9 C	82.9 %RH	17-04-21/07:36:38
194	-17.0 C	82.9 %RH	17-04-21/07:41:38
195	-17.1 C	82.9 %RH	17-04-21/07:46:38
196	-17.1 C	82.8 %RH	17-04-21/07:51:38
197	-17.2 C	82.8 %RH	17-04-21/07:56:38
198	-17.2 C	82.8 %RH	17-04-21/08:01:38
199	-17.3 C	82.8 %RH	17-04-21/08:06:38
200	-17.3 C	82.8 %RH	17-04-21/08:11:38
201	-17.3 C	82.8 %RH	17-04-21/08:16:38
202	-17.4 C	82.7 %RH	17-04-21/08:21:38
203	-17.4 C	82.7 %RH	17-04-21/08:26:38
204	-17.5 C	82.6 %RH	17-04-21/08:31:38
205	-17.6 C	82.6 %RH	17-04-21/08:36:38
206	-17.6 C	82.5 %RH	17-04-21/08:41:38
207	-17.7 C	82.5 %RH	17-04-21/08:46:38
208	-17.8 C	82.5 %RH	17-04-21/08:51:38
209	-17.9 C	82.4 %RH	17-04-21/08:56:38
210	-17.9 C	82.4 %RH	17-04-21/09:01:38
211	-18.0 C	82.3 %RH	17-04-21/09:06:38
212	-18.0 C	82.3 %RH	17-04-21/09:11:38
213	-18.1 C	82.3 %RH	17-04-21/09:16:38
214	-18.2 C	82.2 %RH	17-04-21/09:21:38
215	-18.2 C	82.2 %RH	17-04-21/09:26:38
216	-18.3 C	82.2 %RH	17-04-21/09:31:38
217	-18.4 C	82.1 %RH	17-04-21/09:36:38
218	-18.4 C	82.1 %RH	17-04-21/09:41:38
219	-18.5 C	82.0 %RH	17-04-21/09:46:38
220	-18.5 C	82.0 %RH	17-04-21/09:51:38
221	-18.6 C	82.0 %RH	17-04-21/09:56:38
222	-18.7 C	81.9 %RH	17-04-21/10:01:38
223	-18.7 C	81.9 %RH	17-04-21/10:06:38
224	-18.8 C	81.9 %RH	17-04-21/10:11:38
225	-18.8 C	81.9 %RH	17-04-21/10:16:38
226	-18.9 C	81.8 %RH	17-04-21/10:21:38
227	-18.9 C	81.8 %RH	17-04-21/10:26:38
228	-19.0 C	81.8 %RH	17-04-21/10:31:38
229	-19.0 C	81.7 %RH	17-04-21/10:36:38
230	-19.1 C	81.7 %RH	17-04-21/10:41:38
231	-19.1 C	81.7 %RH	17-04-21/10:46:38
232	-19.2 C	81.6 %RH	17-04-21/10:51:38
233	-19.3 C	81.6 %RH	17-04-21/10:56:38
234	-19.3 C	81.6 %RH	17-04-21/11:01:38
235	-19.4 C	81.6 %RH	17-04-21/11:06:38
236	-19.4 C	81.5 %RH	17-04-21/11:11:38
237	-19.5 C	81.5 %RH	17-04-21/11:16:38
238	-19.5 C	81.5 %RH	17-04-21/11:21:38

239	-19.6 C	81.5 %RH	17-04-21/11:26:38
240	-19.6 C	81.4 %RH	17-04-21/11:31:38
241	-19.7 C	81.4 %RH	17-04-21/11:36:38
242	-19.8 C	81.4 %RH	17-04-21/11:41:38
243	-19.8 C	81.3 %RH	17-04-21/11:46:38
244	-19.9 C	81.3 %RH	17-04-21/11:51:38
245	-19.9 C	81.3 %RH	17-04-21/11:56:38
246	-19.9 C	81.3 %RH	17-04-21/12:01:38
247	-19.9 C	81.3 %RH	17-04-21/12:06:38
248	-19.9 C	81.4 %RH	17-04-21/12:11:38
249	-19.9 C	81.4 %RH	17-04-21/12:16:38
250	-19.9 C	81.4 %RH	17-04-21/12:21:38
251	-19.9 C	81.4 %RH	17-04-21/12:26:38
252	-19.9 C	81.3 %RH	17-04-21/12:31:38
253	-19.9 C	81.3 %RH	17-04-21/12:36:38
254	-19.9 C	81.3 %RH	17-04-21/12:41:38
255	-20.0 C	81.2 %RH	17-04-21/12:46:38
256	-20.0 C	81.2 %RH	17-04-21/12:51:38
257	-20.1 C	81.1 %RH	17-04-21/12:56:38
258	-20.2 C	81.1 %RH	17-04-21/13:01:38
259	-20.2 C	81.1 %RH	17-04-21/13:06:38
260	-20.3 C	81.1 %RH	17-04-21/13:11:38
261	-20.3 C	81.0 %RH	17-04-21/13:16:38
262	-20.4 C	81.0 %RH	17-04-21/13:21:38
263	-20.4 C	81.0 %RH	17-04-21/13:26:38
264	-20.5 C	80.9 %RH	17-04-21/13:31:38
265	-20.5 C	80.9 %RH	17-04-21/13:36:38
266	-20.6 C	80.9 %RH	17-04-21/13:41:38
267	-20.6 C	80.9 %RH	17-04-21/13:46:38
268	-20.6 C	80.9 %RH	17-04-21/13:51:38
269	-20.7 C	80.9 %RH	17-04-21/13:56:38
270	-20.7 C	80.9 %RH	17-04-21/14:01:38
271	-20.8 C	80.8 %RH	17-04-21/14:06:38
272	-20.8 C	80.8 %RH	17-04-21/14:11:38
273	-20.8 C	80.8 %RH	17-04-21/14:16:38
274	-20.8 C	80.8 %RH	17-04-21/14:21:38
275	-20.8 C	80.8 %RH	17-04-21/14:26:38
276	-20.9 C	80.8 %RH	17-04-21/14:31:38
277	-20.9 C	80.7 %RH	17-04-21/14:36:38
278	-20.9 C	80.7 %RH	17-04-21/14:41:38
279	-20.9 C	80.7 %RH	17-04-21/14:46:38
280	-21.0 C	80.7 %RH	17-04-21/14:51:38
281	-21.0 C	80.7 %RH	17-04-21/14:56:38
282	-21.0 C	80.7 %RH	17-04-21/15:01:38
283	-21.1 C	80.6 %RH	17-04-21/15:06:38
284	-21.1 C	80.6 %RH	17-04-21/15:11:38
285	-21.1 C	80.6 %RH	17-04-21/15:16:38
286	-21.2 C	80.6 %RH	17-04-21/15:21:38

287	-21.2 C	80.6 %RH	17-04-21/15:26:38
288	-21.2 C	80.5 %RH	17-04-21/15:31:38
289	-21.3 C	80.5 %RH	17-04-21/15:36:38
290	-21.3 C	80.5 %RH	17-04-21/15:41:38
291	-21.3 C	80.5 %RH	17-04-21/15:46:38
292	-21.3 C	80.5 %RH	17-04-21/15:51:38
293	-21.3 C	80.5 %RH	17-04-21/15:56:38
294	-21.3 C	80.5 %RH	17-04-21/16:01:38
295	-21.3 C	80.6 %RH	17-04-21/16:06:38
296	-21.3 C	80.6 %RH	17-04-21/16:11:38
297	-21.3 C	80.7 %RH	17-04-21/16:16:38
298	-21.2 C	80.7 %RH	17-04-21/16:21:38
299	-21.2 C	80.7 %RH	17-04-21/16:26:38
300	-21.2 C	80.7 %RH	17-04-21/16:31:38
301	-21.2 C	80.6 %RH	17-04-21/16:36:38
302	-21.2 C	80.6 %RH	17-04-21/16:41:38
303	-21.2 C	80.6 %RH	17-04-21/16:46:38
304	-21.3 C	80.5 %RH	17-04-21/16:51:38
305	-21.3 C	80.5 %RH	17-04-21/16:56:38
306	-21.3 C	80.5 %RH	17-04-21/17:01:38
307	-21.4 C	80.5 %RH	17-04-21/17:06:38
308	-21.4 C	80.5 %RH	17-04-21/17:11:38
309	-21.4 C	80.5 %RH	17-04-21/17:16:38
310	-21.4 C	80.4 %RH	17-04-21/17:21:38
311	-21.5 C	80.4 %RH	17-04-21/17:26:38
312	-21.5 C	80.4 %RH	17-04-21/17:31:38
313	-21.5 C	80.4 %RH	17-04-21/17:36:38
314	-21.5 C	80.4 %RH	17-04-21/17:41:38
315	-21.6 C	80.4 %RH	17-04-21/17:46:38
316	-21.6 C	80.3 %RH	17-04-21/17:51:38
317	-21.6 C	80.3 %RH	17-04-21/17:56:38
318	-21.6 C	80.3 %RH	17-04-21/18:01:38
319	-21.7 C	80.3 %RH	17-04-21/18:06:38
320	-21.7 C	80.3 %RH	17-04-21/18:11:38
321	-21.8 C	80.2 %RH	17-04-21/18:16:38
322	-21.8 C	80.2 %RH	17-04-21/18:21:38
323	-21.8 C	80.2 %RH	17-04-21/18:26:38
324	-21.8 C	80.2 %RH	17-04-21/18:31:38
325	-21.8 C	80.2 %RH	17-04-21/18:36:38
326	-21.9 C	80.2 %RH	17-04-21/18:41:38
327	-21.9 C	80.2 %RH	17-04-21/18:46:38
328	-21.9 C	80.2 %RH	17-04-21/18:51:38
329	-21.9 C	80.2 %RH	17-04-21/18:56:38
330	-21.9 C	80.2 %RH	17-04-21/19:01:38
331	-21.9 C	80.1 %RH	17-04-21/19:06:38
332	-21.9 C	80.1 %RH	17-04-21/19:11:38
333	-21.9 C	80.1 %RH	17-04-21/19:16:38
334	-21.9 C	80.1 %RH	17-04-21/19:21:38

335	-22.0 C	80.1 %RH	17-04-21/19:26:38
336	-22.0 C	80.1 %RH	17-04-21/19:31:38
337	-22.0 C	80.1 %RH	17-04-21/19:36:38
338	-22.0 C	80.1 %RH	17-04-21/19:41:38
339	-22.0 C	80.1 %RH	17-04-21/19:46:38
340	-22.0 C	80.1 %RH	17-04-21/19:51:38
341	-22.0 C	80.1 %RH	17-04-21/19:56:38
342	-22.0 C	80.1 %RH	17-04-21/20:01:38
343	-22.0 C	80.1 %RH	17-04-21/20:06:38
344	-22.0 C	80.2 %RH	17-04-21/20:11:38
345	-21.9 C	80.2 %RH	17-04-21/20:16:38
346	-21.8 C	80.3 %RH	17-04-21/20:21:38
347	-21.8 C	80.3 %RH	17-04-21/20:26:38
348	-21.8 C	80.3 %RH	17-04-21/20:31:38
349	-21.7 C	80.3 %RH	17-04-21/20:36:38
350	-21.8 C	80.3 %RH	17-04-21/20:41:38
351	-21.8 C	80.3 %RH	17-04-21/20:46:38
352	-21.8 C	80.2 %RH	17-04-21/20:51:38
353	-21.8 C	80.2 %RH	17-04-21/20:56:38
354	-21.8 C	80.2 %RH	17-04-21/21:01:38
355	-21.8 C	80.2 %RH	17-04-21/21:06:38
356	-21.8 C	80.2 %RH	17-04-21/21:11:38
357	-21.9 C	80.1 %RH	17-04-21/21:16:38
358	-21.9 C	80.1 %RH	17-04-21/21:21:38
359	-21.9 C	80.1 %RH	17-04-21/21:26:38
360	-21.9 C	80.1 %RH	17-04-21/21:31:38
361	-21.9 C	80.1 %RH	17-04-21/21:36:38
362	-21.9 C	80.1 %RH	17-04-21/21:41:38
363	-22.0 C	80.1 %RH	17-04-21/21:46:38
364	-22.0 C	80.1 %RH	17-04-21/21:51:38
365	-22.0 C	80.1 %RH	17-04-21/21:56:38
366	-22.0 C	80.1 %RH	17-04-21/22:01:38
367	-22.0 C	80.0 %RH	17-04-21/22:06:38
368	-22.1 C	80.0 %RH	17-04-21/22:11:38
369	-22.1 C	80.0 %RH	17-04-21/22:16:38
370	-22.1 C	80.0 %RH	17-04-21/22:21:38
371	-22.1 C	80.0 %RH	17-04-21/22:26:38
372	-22.1 C	80.0 %RH	17-04-21/22:31:38
373	-22.1 C	80.0 %RH	17-04-21/22:36:38
374	-22.1 C	80.0 %RH	17-04-21/22:41:38
375	-22.2 C	80.0 %RH	17-04-21/22:46:38
376	-22.2 C	80.0 %RH	17-04-21/22:51:38
377	-22.2 C	79.9 %RH	17-04-21/22:56:38
378	-22.2 C	79.9 %RH	17-04-21/23:01:38
379	-22.2 C	79.9 %RH	17-04-21/23:06:38
380	-22.2 C	79.9 %RH	17-04-21/23:11:38
381	-22.2 C	79.9 %RH	17-04-21/23:16:38
382	-22.3 C	79.9 %RH	17-04-21/23:21:38

383	-22.3 C	79.9 %RH	17-04-21/23:26:38
384	-22.3 C	79.9 %RH	17-04-21/23:31:38
385	-22.3 C	79.9 %RH	17-04-21/23:36:38
386	-22.3 C	79.9 %RH	17-04-21/23:41:38
387	-22.3 C	79.9 %RH	17-04-21/23:46:38
388	-22.3 C	79.9 %RH	17-04-21/23:51:38
389	-22.3 C	79.9 %RH	17-04-21/23:56:38
390	-22.3 C	79.9 %RH	18-04-21/00:01:38
391	-22.3 C	79.9 %RH	18-04-21/00:06:38
392	-22.3 C	80.0 %RH	18-04-21/00:11:38
393	-22.2 C	80.0 %RH	18-04-21/00:16:38
394	-22.2 C	80.1 %RH	18-04-21/00:21:38
395	-22.1 C	80.1 %RH	18-04-21/00:26:38
396	-22.1 C	80.1 %RH	18-04-21/00:31:38
397	-22.1 C	80.1 %RH	18-04-21/00:36:38
398	-22.1 C	80.1 %RH	18-04-21/00:41:38
399	-22.1 C	80.1 %RH	18-04-21/00:46:38
400	-22.1 C	80.0 %RH	18-04-21/00:51:38
401	-22.1 C	80.0 %RH	18-04-21/00:56:38
402	-22.1 C	80.0 %RH	18-04-21/01:01:38
403	-22.1 C	80.0 %RH	18-04-21/01:06:38
404	-22.1 C	80.0 %RH	18-04-21/01:11:38
405	-22.2 C	79.9 %RH	18-04-21/01:16:38
406	-22.2 C	79.9 %RH	18-04-21/01:21:38
407	-22.2 C	79.9 %RH	18-04-21/01:26:38
408	-22.2 C	79.9 %RH	18-04-21/01:31:38
409	-22.2 C	79.9 %RH	18-04-21/01:36:38
410	-22.3 C	79.9 %RH	18-04-21/01:41:38
411	-22.3 C	79.9 %RH	18-04-21/01:46:38
412	-22.3 C	79.9 %RH	18-04-21/01:51:38
413	-22.3 C	79.9 %RH	18-04-21/01:56:38
414	-22.3 C	79.9 %RH	18-04-21/02:01:38
415	-22.3 C	79.9 %RH	18-04-21/02:06:38
416	-22.3 C	79.9 %RH	18-04-21/02:11:38
417	-22.4 C	79.9 %RH	18-04-21/02:16:38
418	-22.4 C	79.9 %RH	18-04-21/02:21:38
419	-22.4 C	79.9 %RH	18-04-21/02:26:38
420	-22.4 C	79.9 %RH	18-04-21/02:31:38
421	-22.4 C	79.8 %RH	18-04-21/02:36:38
422	-22.4 C	79.8 %RH	18-04-21/02:41:38
423	-22.4 C	79.8 %RH	18-04-21/02:46:38
424	-22.4 C	79.8 %RH	18-04-21/02:51:38
425	-22.4 C	79.8 %RH	18-04-21/02:56:38
426	-22.4 C	79.8 %RH	18-04-21/03:01:38
427	-22.4 C	79.8 %RH	18-04-21/03:06:38
428	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/03:11:38
429	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/03:16:38
430	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/03:21:38

431	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/03:26:38
432	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/03:31:38
433	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/03:36:38
434	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/03:41:38
435	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/03:46:38
436	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/03:51:38
437	-22.5 C	79.7 %RH	18-04-21/03:56:38
438	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/04:01:38
439	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/04:06:38
440	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/04:11:38
441	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/04:16:38
442	-22.4 C	79.9 %RH	18-04-21/04:21:38
443	-22.4 C	79.9 %RH	18-04-21/04:26:38
444	-22.3 C	79.9 %RH	18-04-21/04:31:38
445	-22.3 C	79.9 %RH	18-04-21/04:36:38
446	-22.3 C	79.9 %RH	18-04-21/04:41:38
447	-22.3 C	79.9 %RH	18-04-21/04:46:38
448	-22.3 C	79.9 %RH	18-04-21/04:51:38
449	-22.3 C	79.9 %RH	18-04-21/04:56:38
450	-22.4 C	79.8 %RH	18-04-21/05:01:38
451	-22.4 C	79.8 %RH	18-04-21/05:06:38
452	-22.4 C	79.8 %RH	18-04-21/05:11:38
453	-22.4 C	79.8 %RH	18-04-21/05:16:38
454	-22.4 C	79.8 %RH	18-04-21/05:21:38
455	-22.4 C	79.8 %RH	18-04-21/05:26:38
456	-22.4 C	79.8 %RH	18-04-21/05:31:38
457	-22.4 C	79.8 %RH	18-04-21/05:36:38
458	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/05:41:38
459	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/05:46:38
460	-22.5 C	79.7 %RH	18-04-21/05:51:38
461	-22.5 C	79.7 %RH	18-04-21/05:56:38
462	-22.5 C	79.7 %RH	18-04-21/06:01:38
463	-22.5 C	79.7 %RH	18-04-21/06:06:38
464	-22.5 C	79.7 %RH	18-04-21/06:11:38
465	-22.5 C	79.7 %RH	18-04-21/06:16:38
466	-22.5 C	79.7 %RH	18-04-21/06:21:38
467	-22.5 C	79.7 %RH	18-04-21/06:26:38
468	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/06:31:38
469	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/06:36:38
470	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/06:41:38
471	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/06:46:38
472	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/06:51:38
473	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/06:56:38
474	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/07:01:38
475	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/07:06:38
476	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/07:11:38
477	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/07:16:38
478	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/07:21:38

479	-22.6 C	79.6 %RH	18-04-21/07:26:38
480	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/07:31:38
481	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/07:36:38
482	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/07:41:38
483	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/07:46:38
484	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/07:51:38
485	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/07:56:38
486	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/08:01:38
487	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/08:06:38
488	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/08:11:38
489	-22.7 C	79.7 %RH	18-04-21/08:16:38
490	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/08:21:38
491	-22.6 C	79.8 %RH	18-04-21/08:26:38
492	-22.6 C	79.8 %RH	18-04-21/08:31:38
493	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/08:36:38
494	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/08:41:38
495	-22.5 C	79.7 %RH	18-04-21/08:46:38
496	-22.5 C	79.7 %RH	18-04-21/08:51:38
497	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/08:56:38
498	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/09:01:38
499	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/09:06:38
500	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/09:11:38
501	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/09:16:38
502	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/09:21:38
503	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/09:26:38
504	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/09:31:38
505	-22.6 C	79.6 %RH	18-04-21/09:36:38
506	-22.6 C	79.6 %RH	18-04-21/09:41:38
507	-22.6 C	79.6 %RH	18-04-21/09:46:38
508	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/09:51:38
509	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/09:56:38
510	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/10:01:38
511	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/10:06:38
512	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/10:11:38
513	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/10:16:38
514	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/10:21:38
515	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/10:26:38
516	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/10:31:38
517	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/10:36:38
518	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/10:41:38
519	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/10:46:38
520	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/10:51:38
521	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/10:56:38
522	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/11:01:38
523	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/11:06:38
524	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/11:11:38
525	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/11:16:38
526	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/11:21:38



527	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/11:26:38
528	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/11:31:38
529	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/11:36:38
530	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/11:41:38
531	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/11:46:38
532	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/11:51:38
533	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/11:56:38
534	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/12:01:38
535	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/12:06:38
536	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/12:11:38
537	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/12:16:38
538	-22.7 C	79.7 %RH	18-04-21/12:21:38
539	-22.6 C	79.8 %RH	18-04-21/12:26:38
540	-22.6 C	79.8 %RH	18-04-21/12:31:38
541	-22.5 C	79.9 %RH	18-04-21/12:36:38
542	-22.5 C	79.9 %RH	18-04-21/12:41:38
543	-22.5 C	79.9 %RH	18-04-21/12:46:38
544	-22.4 C	79.8 %RH	18-04-21/12:51:38
545	-22.4 C	79.8 %RH	18-04-21/12:56:38
546	-22.4 C	79.8 %RH	18-04-21/13:01:38
547	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/13:06:38
548	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/13:11:38
549	-22.5 C	79.7 %RH	18-04-21/13:16:38
550	-22.5 C	79.7 %RH	18-04-21/13:21:38
551	-22.5 C	79.7 %RH	18-04-21/13:26:38
552	-22.5 C	79.7 %RH	18-04-21/13:31:38
553	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/13:36:38
554	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/13:41:38
555	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/13:46:38
556	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/13:51:38
557	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/13:56:38
558	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/14:01:38
559	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/14:06:38
560	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/14:11:38
561	-22.7 C	79.7 %RH	18-04-21/14:16:38
562	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/14:21:38
563	-22.7 C	79.7 %RH	18-04-21/14:26:38
564	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/14:31:38
565	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/14:36:38
566	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/14:41:38
567	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/14:46:38
568	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/14:51:38
569	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/14:56:38
570	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/15:01:38
571	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/15:06:38
572	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/15:11:38
573	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/15:16:38
574	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/15:21:38

575	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/15:26:38
576	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/15:31:38
577	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/15:36:38
578	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/15:41:38
579	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/15:46:38
580	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/15:51:38
581	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/15:56:38
582	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/16:01:38
583	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/16:06:38
584	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/16:11:38
585	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/16:16:38
586	-22.8 C	79.7 %RH	18-04-21/16:21:38
587	-22.7 C	79.8 %RH	18-04-21/16:26:38
588	-22.6 C	79.8 %RH	18-04-21/16:31:38
589	-22.6 C	79.8 %RH	18-04-21/16:36:38
590	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/16:41:38
591	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/16:46:38
592	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/16:51:38
593	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/16:56:38
594	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/17:01:38
595	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/17:06:38
596	-22.5 C	79.8 %RH	18-04-21/17:11:38
597	-22.5 C	79.7 %RH	18-04-21/17:16:38
598	-22.5 C	79.7 %RH	18-04-21/17:21:38
599	-22.5 C	79.7 %RH	18-04-21/17:26:38
600	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/17:31:38
601	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/17:36:38
602	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/17:41:38
603	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/17:46:38
604	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/17:51:38
605	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/17:56:38
606	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/18:01:38
607	-22.7 C	79.7 %RH	18-04-21/18:06:38
608	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/18:11:38
609	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/18:16:38
610	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/18:21:38
611	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/18:26:38
612	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/18:31:38
613	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/18:36:38
614	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/18:41:38
615	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/18:46:38
616	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/18:51:38
617	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/18:56:38
618	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/19:01:38
619	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/19:06:38
620	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/19:11:38
621	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/19:16:38
622	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/19:21:38

623	-22.9 C	79.6 %RH	18-04-21/19:26:38
624	-22.9 C	79.6 %RH	18-04-21/19:31:38
625	-22.9 C	79.6 %RH	18-04-21/19:36:38
626	-22.9 C	79.6 %RH	18-04-21/19:41:38
627	-22.9 C	79.6 %RH	18-04-21/19:46:38
628	-22.9 C	79.6 %RH	18-04-21/19:51:38
629	-22.9 C	79.6 %RH	18-04-21/19:56:38
630	-22.9 C	79.5 %RH	18-04-21/20:01:38
631	-22.9 C	79.5 %RH	18-04-21/20:06:38
632	-22.9 C	79.5 %RH	18-04-21/20:11:38
633	-22.9 C	79.6 %RH	18-04-21/20:16:38
634	-22.9 C	79.6 %RH	18-04-21/20:21:38
635	-22.8 C	79.7 %RH	18-04-21/20:26:38
636	-22.8 C	79.7 %RH	18-04-21/20:31:38
637	-22.7 C	79.7 %RH	18-04-21/20:36:38
638	-22.7 C	79.7 %RH	18-04-21/20:41:38
639	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/20:46:38
640	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/20:51:38
641	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/20:56:38
642	-22.7 C	79.7 %RH	18-04-21/21:01:38
643	-22.6 C	79.7 %RH	18-04-21/21:06:38
644	-22.7 C	79.7 %RH	18-04-21/21:11:38
645	-22.7 C	79.7 %RH	18-04-21/21:16:38
646	-22.7 C	79.7 %RH	18-04-21/21:21:38
647	-22.7 C	79.7 %RH	18-04-21/21:26:38
648	-22.7 C	79.7 %RH	18-04-21/21:31:38
649	-22.7 C	79.7 %RH	18-04-21/21:36:38
650	-22.7 C	79.7 %RH	18-04-21/21:41:38
651	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/21:46:38
652	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/21:51:38
653	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/21:56:38
654	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/22:01:38
655	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/22:06:38
656	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/22:11:38
657	-22.8 C	79.7 %RH	18-04-21/22:16:38
658	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/22:21:38
659	-22.8 C	79.7 %RH	18-04-21/22:26:38
660	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/22:31:38
661	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/22:36:38
662	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/22:41:38
663	-22.7 C	79.6 %RH	18-04-21/22:46:38
664	-22.8 C	79.7 %RH	18-04-21/22:51:38
665	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/22:56:38
666	-22.8 C	79.7 %RH	18-04-21/23:01:38
667	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/23:06:38
668	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/23:11:38
669	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/23:16:38
670	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/23:21:38

671	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/23:26:38
672	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/23:31:38
673	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/23:36:38
674	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/23:41:38
675	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/23:46:38
676	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/23:51:38
677	-22.8 C	79.6 %RH	18-04-21/23:56:38
678	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/00:01:38
679	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/00:06:38
680	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/00:11:38
681	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/00:16:38
682	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/00:21:38
683	-22.8 C	79.7 %RH	19-04-21/00:26:38
684	-22.7 C	79.7 %RH	19-04-21/00:31:38
685	-22.7 C	79.7 %RH	19-04-21/00:36:38
686	-22.7 C	79.7 %RH	19-04-21/00:41:38
687	-22.6 C	79.7 %RH	19-04-21/00:46:38
688	-22.6 C	79.7 %RH	19-04-21/00:51:38
689	-22.6 C	79.7 %RH	19-04-21/00:56:38
690	-22.6 C	79.7 %RH	19-04-21/01:01:38
691	-22.7 C	79.7 %RH	19-04-21/01:06:38
692	-22.6 C	79.7 %RH	19-04-21/01:11:38
693	-22.7 C	79.7 %RH	19-04-21/01:16:38
694	-22.7 C	79.7 %RH	19-04-21/01:21:38
695	-22.7 C	79.7 %RH	19-04-21/01:26:38
696	-22.7 C	79.7 %RH	19-04-21/01:31:38
697	-22.7 C	79.6 %RH	19-04-21/01:36:38
698	-22.7 C	79.6 %RH	19-04-21/01:41:38
699	-22.7 C	79.6 %RH	19-04-21/01:46:38
700	-22.7 C	79.7 %RH	19-04-21/01:51:38
701	-22.7 C	79.6 %RH	19-04-21/01:56:38
702	-22.7 C	79.7 %RH	19-04-21/02:01:38
703	-22.7 C	79.6 %RH	19-04-21/02:06:38
704	-22.7 C	79.6 %RH	19-04-21/02:11:38
705	-22.7 C	79.7 %RH	19-04-21/02:16:38
706	-22.7 C	79.7 %RH	19-04-21/02:21:38
707	-22.7 C	79.6 %RH	19-04-21/02:26:38
708	-22.7 C	79.7 %RH	19-04-21/02:31:38
709	-22.7 C	79.6 %RH	19-04-21/02:36:38
710	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/02:41:38
711	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/02:46:38
712	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/02:51:38
713	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/02:56:38
714	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/03:01:38
715	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/03:06:38
716	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/03:11:38
717	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/03:16:38
718	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/03:21:38

719	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/03:26:38
720	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/03:31:38
721	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/03:36:38
722	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/03:41:38
723	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/03:46:38
724	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/03:51:38
725	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/03:56:38
726	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/04:01:38
727	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/04:06:38
728	-22.9 C	79.6 %RH	19-04-21/04:11:38
729	-22.9 C	79.6 %RH	19-04-21/04:16:38
730	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/04:21:38
731	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/04:26:38
732	-22.8 C	79.7 %RH	19-04-21/04:31:38
733	-22.8 C	79.7 %RH	19-04-21/04:36:38
734	-22.8 C	79.7 %RH	19-04-21/04:41:38
735	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/04:46:38
736	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/04:51:38
737	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/04:56:38
738	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/05:01:38
739	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/05:06:38
740	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/05:11:38
741	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/05:16:38
742	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/05:21:38
743	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/05:26:38
744	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/05:31:38
745	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/05:36:38
746	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/05:41:38
747	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/05:46:38
748	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/05:51:38
749	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/05:56:38
750	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/06:01:38
751	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/06:06:38
752	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/06:11:38
753	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/06:16:38
754	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/06:21:38
755	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/06:26:38
756	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/06:31:38
757	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/06:36:38
758	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/06:41:38
759	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/06:46:38
760	-22.8 C	79.5 %RH	19-04-21/06:51:38
761	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/06:56:38
762	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/07:01:38
763	-22.9 C	79.6 %RH	19-04-21/07:06:38
764	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/07:11:38
765	-22.9 C	79.6 %RH	19-04-21/07:16:38
766	-22.9 C	79.6 %RH	19-04-21/07:21:38

767	-22.9 C	79.6 %RH	19-04-21/07:26:38
768	-22.9 C	79.6 %RH	19-04-21/07:31:38
769	-22.8 C	79.6 %RH	19-04-21/07:36:38
770	-22.9 C	79.6 %RH	19-04-21/07:41:38
771	-22.9 C	79.6 %RH	19-04-21/07:46:38
772	-22.9 C	79.5 %RH	19-04-21/07:51:38
773	-22.9 C	79.5 %RH	19-04-21/07:56:38
774	-22.9 C	79.6 %RH	19-04-21/08:01:38
775	-22.9 C	79.5 %RH	19-04-21/08:06:38
776	-22.9 C	79.5 %RH	19-04-21/08:11:38
777	-22.9 C	79.6 %RH	19-04-21/08:16:38
778	-22.9 C	79.5 %RH	19-04-21/08:21:38
779	-22.9 C	79.6 %RH	19-04-21/08:26:38
780	-22.7 C	79.9 %RH	19-04-21/08:31:38
781	-22.1 C	80.7 %RH	19-04-21/08:36:38
782	-21.1 C	81.8 %RH	19-04-21/08:41:38

## Контроль температуры в процессе расстойки и выпечки

Отчёт с регистратора TR-2T (DS1922T-F5) [418ADA5D00000079] Файл создан: 16.04.2021 15:10

### Информация по регистратору

Тип регистратора:	TR-2T (DS1922T-F5)
Серийный номер:	418ADA5D00000079
Общее количество измерений:	2021

### Состояние миссии

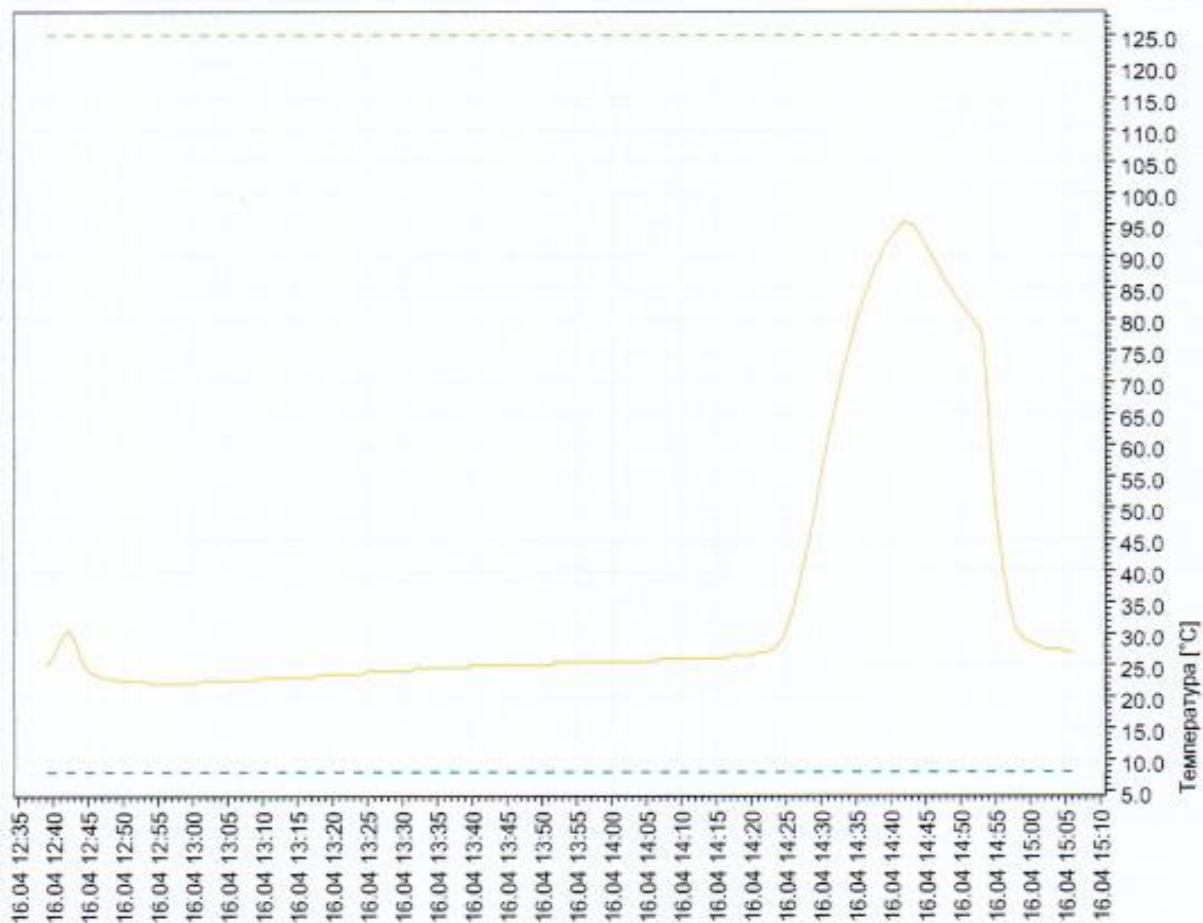
Состояние миссии:	Выполняется	Интервал измерений:	01м 00с
Режим измерений:	Однократный	Длительность измерений:	02ч 27м 00с
Количество измерений:	148 из 8192	Начало измерений:	16.04.2021 12:39
Переполнение:	Нет	Конец измерений:	16.04.2021 15:06
Диапазон температуры:	0.0 / 125.0°C	Точность температуры:	0.5000°C

Комментарий: 09008

### Результаты измерений температуры

	Нижний порог	Верхний порог
Аварийный порог:	8.0000°C	125.0000°C
Предельное зафиксированное значение:	21.9817°C	95.4724°C
Нарушение порога:	Нет	Нет
Максимальная длительность нарушения:	00с	00с
Общая длительность нарушений:	00с (0.0%)	00с (0.0%)

Средняя температура: 35.2986°C



№	Дата и время	°C	№	Дата и время	°C
1	16.04.2021 12:39:01	24.9932	86	16.04.2021 14:04:01	25.4961
2	16.04.2021 12:40:01	26.4986	87	16.04.2021 14:05:01	25.4961
3	16.04.2021 12:41:01	29.0070	88	16.04.2021 14:06:01	25.4961
4	16.04.2021 12:42:01	30.5117	89	16.04.2021 14:07:01	25.9969
5	16.04.2021 12:43:01	29.0070	90	16.04.2021 14:08:01	25.9969
6	16.04.2021 12:44:01	25.4951	91	16.04.2021 14:09:01	25.9969
7	16.04.2021 12:45:01	23.9895	92	16.04.2021 14:10:01	25.9969
8	16.04.2021 12:46:01	23.4876	93	16.04.2021 14:11:01	25.9969
9	16.04.2021 12:47:01	22.9857	94	16.04.2021 14:12:01	25.9969
10	16.04.2021 12:48:01	22.9857	95	16.04.2021 14:13:01	25.9969
11	16.04.2021 12:49:01	22.4837	96	16.04.2021 14:14:01	25.9969
12	16.04.2021 12:50:01	22.4837	97	16.04.2021 14:15:01	25.9969
13	16.04.2021 12:51:01	22.4837	98	16.04.2021 14:16:01	25.9969
14	16.04.2021 12:52:01	22.4837	99	16.04.2021 14:17:01	26.4986
15	16.04.2021 12:53:01	22.4837	100	16.04.2021 14:18:01	26.4986
16	16.04.2021 12:54:01	21.9817	101	16.04.2021 14:19:01	26.4986
17	16.04.2021 12:55:01	21.9817	102	16.04.2021 14:20:01	26.4986
18	16.04.2021 12:56:01	21.9817	103	16.04.2021 14:21:01	27.0004
19	16.04.2021 12:57:01	21.9817	104	16.04.2021 14:22:01	27.0004
20	16.04.2021 12:58:01	21.9817	105	16.04.2021 14:23:01	27.5021
21	16.04.2021 12:59:01	21.9817	106	16.04.2021 14:24:01	28.5054
22	16.04.2021 13:00:01	21.9817	107	16.04.2021 14:25:01	30.5117
23	16.04.2021 13:01:01	22.4837	108	16.04.2021 14:26:01	34.0217
24	16.04.2021 13:02:01	22.4837	109	16.04.2021 14:27:01	38.5325
25	16.04.2021 13:03:01	22.4837	110	16.04.2021 14:28:01	43.5418
26	16.04.2021 13:04:01	22.4837	111	16.04.2021 14:29:01	49.5493
27	16.04.2021 13:05:01	22.4837	112	16.04.2021 14:30:01	55.5528
28	16.04.2021 13:06:01	22.4837	113	16.04.2021 14:31:01	61.0524
29	16.04.2021 13:07:01	22.4837	114	16.04.2021 14:32:01	66.5486
30	16.04.2021 13:08:01	22.4837	115	16.04.2021 14:33:01	71.5422
31	16.04.2021 13:09:01	22.4837	116	16.04.2021 14:34:01	76.5361
32	16.04.2021 13:10:01	22.9857	117	16.04.2021 14:35:01	79.5261
33	16.04.2021 13:11:01	22.9857	118	16.04.2021 14:36:01	83.0169
34	16.04.2021 13:12:01	22.9857	119	16.04.2021 14:37:01	86.5062
35	16.04.2021 13:13:01	22.9857	120	16.04.2021 14:38:01	88.9977
36	16.04.2021 13:14:01	22.9857	121	16.04.2021 14:39:01	91.4886
37	16.04.2021 13:15:01	22.9857	122	16.04.2021 14:40:01	92.9827
38	16.04.2021 13:16:01	22.9857	123	16.04.2021 14:41:01	94.4786
39	16.04.2021 13:17:01	22.9857	124	16.04.2021 14:42:01	95.4724
40	16.04.2021 13:18:01	23.4876	125	16.04.2021 14:43:01	94.9745
41	16.04.2021 13:19:01	23.4876	126	16.04.2021 14:44:01	93.4807
42	16.04.2021 13:20:01	23.4876	127	16.04.2021 14:45:01	91.4886
43	16.04.2021 13:21:01	23.4876	128	16.04.2021 14:46:01	89.4959
44	16.04.2021 13:22:01	23.4876	129	16.04.2021 14:47:01	87.5029
45	16.04.2021 13:23:01	23.4876	130	16.04.2021 14:48:01	85.5094
46	16.04.2021 13:24:01	23.4876	131	16.04.2021 14:49:01	84.0139
47	16.04.2021 13:25:01	23.9895	132	16.04.2021 14:50:01	82.5183
48	16.04.2021 13:26:01	23.9895	133	16.04.2021 14:51:01	81.0223
49	16.04.2021 13:27:01	23.9895	134	16.04.2021 14:52:01	79.5261
50	16.04.2021 13:28:01	23.9895	135	16.04.2021 14:53:01	78.0297
51	16.04.2021 13:29:01	23.9895	136	16.04.2021 14:54:01	63.5511
52	16.04.2021 13:30:01	23.9895	137	16.04.2021 14:55:01	48.5484
53	16.04.2021 13:31:01	23.9895	138	16.04.2021 14:56:01	40.5386
54	16.04.2021 13:32:01	24.4914	139	16.04.2021 14:57:01	34.5230
55	16.04.2021 13:33:01	24.4914	140	16.04.2021 14:58:01	30.5117
56	16.04.2021 13:34:01	24.4914	141	16.04.2021 14:59:01	29.0070
57	16.04.2021 13:35:01	24.4914	142	16.04.2021 15:00:01	28.5054
58	16.04.2021 13:36:01	24.4914	143	16.04.2021 15:01:01	28.0037
59	16.04.2021 13:37:01	24.4914	144	16.04.2021 15:02:01	27.5021
60	16.04.2021 13:38:01	24.4914	145	16.04.2021 15:03:01	27.5021
61	16.04.2021 13:39:01	24.4914	146	16.04.2021 15:04:01	27.5021
62	16.04.2021 13:40:01	24.9932	147	16.04.2021 15:05:01	27.0004
63	16.04.2021 13:41:01	24.9932	148	16.04.2021 15:06:01	27.0004
64	16.04.2021 13:42:01	24.9932			
65	16.04.2021 13:43:01	24.9932			
66	16.04.2021 13:44:01	24.9932			
67	16.04.2021 13:45:01	24.9932			
68	16.04.2021 13:46:01	24.9932			
69	16.04.2021 13:47:01	24.9932			
70	16.04.2021 13:48:01	24.9932			
71	16.04.2021 13:49:01	24.9932			
72	16.04.2021 13:50:01	24.9932			
73	16.04.2021 13:51:01	24.9932			
74	16.04.2021 13:52:01	25.4951			
75	16.04.2021 13:53:01	25.4951			
76	16.04.2021 13:54:01	25.4951			
77	16.04.2021 13:55:01	25.4951			
78	16.04.2021 13:56:01	25.4951			
79	16.04.2021 13:57:01	25.4951			
80	16.04.2021 13:58:01	25.4951			
81	16.04.2021 13:59:01	25.4951			
82	16.04.2021 14:00:01	25.4951			
83	16.04.2021 14:01:01	25.4951			
84	16.04.2021 14:02:01	25.4951			
85	16.04.2021 14:03:01	25.4951			



**ПРИЛОЖЕНИЕ II. Технические условия**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ»  
(ФГБОУ ВО «МГУПП»)**

ОКПД2 10.71.11

ОКС 67.060 (Группа Н32)



Утверждаю  
проректор по научной работе  
ФГБОУ ВО «МГУПП»  
профессор, д.т.н. М.П. Щетинин  
«17» мая 2021 г.

**Замороженные ржано-пшеничные полуфабрикаты высокой степени  
готовности и готовые изделия из них  
«Любительские»**

**Технические условия**

**ТУ-10.71.11-043-020680634-2021**

Дата введения в действие «20» мая 2021 г.

Разработано ФГБОУ ВО «МГУПП»  
Зав. кафедрой зерна, хлебопекарных и  
кондитерских технологий  
ФГБОУ ВО «МГУПП»  
профессор, д.т.н.  
Н.В. Лабутина

Соискатель ученой степени  
кандидата технических наук  
Э.О. Герасимова

Москва  
2021

## 1 Область применения

1.1 Настоящие технические условия распространяются на производство замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности и готовые изделия из них «Любительские» (далее по тексту замороженные полуфабрикаты и готовые изделия «Любительские»), вырабатываемых из муки ржаной хлебопекарной обдирной, муки пшеничной хлебопекарной первого сорта, дрожжей хлебопекарных прессованных, соли пищевой и другого сырья согласно рецептурам.

Замороженные полуфабрикаты и готовые изделия «Любительские» предназначены для реализации через розничную торговую сеть и на предприятиях общественного питания для непосредственного употребления в пищу.

В настоящих технических условиях используются термины, определения к которым установлены в ГОСТ 32677, ГОСТ 31806, ГОСТ Р 51740 и в техническом регламенте Таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (далее – ТР ТС 021/2011).

### 1.2 Ассортимент

1.2.1 Замороженные полуфабрикаты и готовые изделия «Любительские» вырабатывают:

- формовыми;
- упакованными и неупакованными.

1.2.2 Замороженные полуфабрикаты и готовые изделия «Любительские», согласно настоящим техническим условиям, выпускают следующих наименований:

- замороженные полуфабрикаты и готовые изделия «Любительские»;
- замороженные полуфабрикаты и готовые изделия «Любительские» с подсолнечным маслом;
- замороженные полуфабрикаты и готовые изделия «Любительские» с кукурузным маслом;
- замороженные полуфабрикаты и готовые изделия «Любительские» с мукой из семян чиа.

Перечень видов замороженных полуфабрикатов и готовые изделия «Любительские» может дополняться по мере разработки новых рецептур.

## 2 Требования к качеству и безопасности

2.1. Замороженные полуфабрикаты и готовые изделия «Любительские» должны соответствовать требованиям настоящих технических условий и вырабатываться с соблюдением требований технических регламентов Евразийского экономического сообщества по рецептурам и технологическим инструкциям, утвержденным в установленном порядке.

2.2 Замороженные полуфабрикаты и готовые изделия «Любительские» вырабатываются формовым способом массой 0,4 кг и более.

Массу устанавливает и утверждает предприятие-изготовитель. Отклонение от массы каждого изделия и средней массы 10 изделий в меньшую сторону в конце срока их максимальной выдержки на предприятии, после выемки из печи не должно превышать соответственно 3,0 % и 2,5 % от установленной массы одного изделия. Отклонение массы одного изделия и средней массы 10 изделий в большую сторону от установленной массы не ограничено.

2.3 По органолептическим показателям замороженные полуфабрикаты и готовые изделия «Любительские» должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 1.

Таблица 1

Наименование показателя (характеристика)	Содержание характеристики
Внешний вид: форма	Выпуклая, соответствующая форме, в которой производилась выпечка
Цвет	От светло-коричневого до темно-коричневого
Поверхность	Гладкая, без подрывов и трещин
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, мягкий, эластичный
промес	Без комочков и следов непромеса
пористость	Поры мелкие, средние и крупные, распределены достаточно равномерно, без пустот и уплотнений
Вкус и запах	Соответствующие данному виду изделий, без постороннего привкуса и запаха

2.4 По физико-химическим показателям готовые изделия «Любительские» должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 2.

Таблица 2

Наименование показателей	Значение показателей
Влажность мякиша, %, не более	48,5
Кислотность мякиша, град, не более	8,0
Пористость, %, не менее	59,0

2.5 Химический состав и энергетическая ценность приведены в справочном приложении А.

2.6 Содержание токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов и радионуклидов в замороженных полуфабрикатах и готовых изделиях «Любительские» по показателям качества не должно превышать норм, установленных в ТР ТС 021/2011 (Приложения 3, 4), приведенных в таблице 3.2.6

Содержание токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов и радионуклидов в замороженных полуфабрикатах и готовых изделиях «Любительские» по показателям качества не должно превышать норм, установленных в ТР ТС 021/2011 (Приложения 3, 4), приведенных в таблице 3.

Таблица 3

Наименование показателей		Допустимые уровни, не более
Токсичные элементы, мг/кг:	свинец	0,35
	мышьяк	0,15
	кадмий	0,07
	ртуть	0,015
Микотоксины, мг/кг:	афлатоксин В <sub>1</sub>	0,005
	дезоксиниваленол	0,7
	Т-2 токсин	0,1
	зеараленон	0,2
	охратоксин А	0,005
Пестициды, мг/кг:	гексахлорциклогексан (α,β,γ-изомеры)	0,5
	ДДТ и его метаболиты	0,02
	гексахлорбензол	0,01
	ртутьорганические пестициды	не допускаются
	2,4-Д кислота, ее соли и эфиры	не допускаются
Радионуклиды, Бк/кг:	цезий-137	40
	стронций-90	20

2.7 В замороженных полуфабрикатах и готовых изделиях «Любительские» не допускаются наличие посторонних включений и хруста от минеральных примесей, признаки болезней и плесени.

#### 2.8 Требования к сырью

2.8.1 Сырьё, используемое для производства замороженных полуфабрикатов и готовых изделий «Любительские» должно соответствовать нормативным и техническим документам, ТР ТС 021/2011 и действующим техническим регламентам на отдельные виды продукции, нормативным правовым актам Российской Федерации и сопровождаться документами, удостоверяющими его безопасность и качество.

2.8.2 Для производства замороженных полуфабрикатов и готовых изделий «Любительские» применяют следующее сырьё:

- муку пшеничную хлебопекарную первого сорта по ГОСТ 26574;
- муку ржаную хлебопекарную обдирную по ГОСТ 7045;

- дрожжи хлебопекарные прессованные по ГОСТ Р 54731;
- соль пищевую по ГОСТ Р 51574;
- масло подсолнечное по ГОСТ 1129;
- масло кукурузное по ГОСТ 8808;
- муку из семян чиа по техническому документу отечественного или импортного производства, разрешенному к применению в установленном порядке;

– - воду питьевую по ГОСТ 32220, СанПиН 2.1.4.1116, СанПин 2.1.3684.

2.8.3 Допускается использование другого сырья отечественного или зарубежного производства аналогичного назначения, не уступающего по качественным характеристикам перечисленному сырью, соответствующему по показателям безопасности действующим техническим регламентам.

2.8.4 Допускается взаимозаменяемость сырья согласно «Сборнику рецептур на хлебобулочные изделия, вырабатываемые по государственным стандартам» (Сб.: ГИОРД, 2010)».

2.8.5 При изготовлении замороженных полуфабрикатов и готовых изделий «Любительские» не допускается использование видов сырья, полученных из генетически модифицированных источников.

### 3 Маркировка

3.1 Маркировка потребительской тары замороженных полуфабрикатов и готовых изделий «Любительские» должна соответствовать требованиям технического регламента Таможенного союза 022/2011 «Пищевая продукция в части её маркировки» (далее – ТР ТС 022/2011) и нормам, установленным другими нормативными правовыми актами Российской Федерации и Евразийского экономического сообщества.

3.2 Маркировка упакованных замороженных полуфабрикатов и готовых изделий «Любительские» может быть нанесена на упаковке, этикетке, ярлыке или листке-вкладыше. Маркировку потребительской тары проводят непосредственно на поверхности упаковки типографским способом или путем нанесения флексографической, типографской или другой водостойкой печати и (или) наклеивания этикеток.

Способ представления информации – по ТР ТС 022/2011 (П. 4.12).

3.3 Маркировка упаковки, этикетки, ярлыка или листка-вкладыша должны содержать следующую информацию:

- наименование пищевой продукции с указанием группы;
- термическое состояние;
- состав;

**Примечание** – Компоненты, употребление которых может вызвать аллергические реакции или противопоказаны при отдельных видах заболеваний в соответствии с требованиями ТР ТС 022/2011, указываются в составе продуктов независимо от их количества.

- количество продукта (масса нетто);
- дату изготовления;

- срок годности;
- условия хранения;
- наименование и место нахождения изготовителя (юридический адрес, включая страну, и, при несовпадении с юридическим адресом, адрес производства) и организации в Российской Федерации, а также на территории стран Таможенного союза, уполномоченной изготовителем на принятие претензий от потребителей на ее территории;

- рекомендации по использованию;
- показатели пищевой ценности пищевой продукции (в соответствии с Приложением А);

Примечание – В отношении показателей пищевой ценности пищевой продукции маркировка может дополняться надписью: «Средние значения».

- сведения, позволяющие идентифицировать партию пищевой продукции (номер партии);

- сведения о наличии в пищевой продукции компонентов, полученных с применением генно-модифицированной информации о недопустимости повторного замораживания хлебобулочного полуфабриката (для замороженных хлебобулочных полуфабрикатов);

- способ и условия изготовления готовых изделий (для замороженных хлебобулочных полуфабрикатов);

- организмов (далее – ГМО) (при необходимости);

- единый знак обращения продукции на рынке государств – членов Таможенного союза;

- информацию, необходимую для идентификации материала, из которого изготавливается упаковка в соответствии с сопроводительной документацией на упаковку (при необходимости);

- при необходимости, дополнительные сведения, в том числе, сведения о документе, в соответствии с которым произведена и может быть идентифицирована пищевая продукция, придуманное название пищевой продукции, товарный знак, сведения об обладателе исключительного права на товарный знак, наименование места происхождения пищевой продукции, наименование и место нахождения лицензиара, знаки систем добровольной сертификации, штриховой код, а также сведения информационного и рекламного характера, относящиеся к данному виду продукции.

3.4 Маркировка транспортной тары, в которую помещены упакованные замороженные полуфабрикаты и готовые изделия «Любительские», должна соответствовать требованиям ТР ТС 022/2011, ГОСТ Р 51474, ГОСТ 14192 и содержать следующие сведения:

- наименование продукта;
- количество (количество упаковочных единиц в транспортной упаковке и масса нетто упаковочной единицы);
- дату изготовления;
- срок годности;

- условия хранения;
- сведения, позволяющие идентифицировать партию пищевой продукции;
- наименование и место нахождения изготовителя пищевой продукции;
- манипуляционные знаки «Скорпортящийся груз» и «Пределы температуры», «Хрупкое. Осторожно» и «Беречь от влаги»;
- информацию, необходимую для идентификации материала, из которого изготавливается упаковка в соответствии с сопроводительной документацией на упаковку (при необходимости);
- при необходимости, дополнительные сведения, в том числе сведения о документе, в соответствии с которым произведена и может быть идентифицирована пищевая продукция (технические условия), придуманное название пищевой продукции, товарный знак, сведения об обладателе исключительного права на товарный знак, наименование места происхождения пищевой продукции, наименование и место нахождения лицензиара, знаки систем добровольной сертификации.

Допускается наносить на транспортную упаковку сведения информационного и рекламного характера, относящиеся к данному виду продукции.

3.5 Реализация неупакованных готовых изделий «Любительские» в потребительскую тару в розничной торговой сети должна осуществляться при наличии информационных листов, содержащих информацию по маркировке продукции в соответствии с ТР ТС 022/2011, помещаемых в каждую потребительскую упаковку, или в каждую транспортную упаковку, либо прилагаемый к каждой потребительской упаковке или к каждой транспортной упаковке, или содержаться в документах, сопровождающих пищевую продукцию.

3.6 Маркировка упакованных замороженных полуфабрикатов и готовых изделий «Любительские» должна быть нанесена на русском языке. При реализации продукции на территории государства (в)-члена (ов) Таможенного союза маркировка должна быть нанесена на государственном (ых) языке (ах) государства (в)-члена(ов) Таможенного союза.

#### **4 Упаковка**

4.1 Замороженные полуфабрикаты вырабатываются в упаковке, а готовые изделия «Любительские» – в упаковке и без нее. Остывшие частично выпеченные полуфабрикаты перед замораживанием и готовые изделия «Любительские» на различных упаковочных машинах или вручную в пищевую полиэтиленовую пленку по ГОСТ 10354 и пакеты из нее или пленку полиэтиленовую термоусадочную по ГОСТ 25951. Допускается использование других упаковочных материалов, разрешенных органами и



учреждениями Федеральной службы Роспотребнадзора для упаковывания хлебобулочных изделий.

4.2 Упакованные в потребительскую тару замороженные полуфабрикаты укладывают рядами или слоями в ящики или короба из гофрированного картона (транспортная тара). Крышки (клапаны) ящиков или коробов из гофрированного картона и швы по периметру должны быть оклеены клеевой лентой на бумажной основе или полиэтиленовой лентой с липким слоем. Укладывание замороженных полуфабрикатов и «Ржано-пшеничный хлеб на ржаной закваске» - по ГОСТ 8227.

В каждую единицу транспортной тары укладывают замороженные полуфабрикаты одинаковой массы и одного наименования.

4.3 Готовые изделия «Любительские» упаковывают:

- в пакеты из бумаги и комбинированных материалов по ГОСТ 33772;
- в пленку полиэтиленовую пищевую по ГОСТ 10354 (марки Н) и пакеты из нее;
- в пленку полиэтиленовую термоусадочную по ГОСТ 25951;
- в пленку из полиэтилена высокого давления по ГОСТ 16337 марок 15303-004; 15803-020;
- пленку целлюлозную по ГОСТ 7730 (марки П) и пакеты из нее;
- коробки по ГОСТ 33781 из картона и комбинированные пленочные материалы на основе полиэтилена, целлофана;

- другие упаковочные материалы, соответствующие требованиям технического регламента Таможенного Союза 005/2011 «О безопасности упаковки» (далее – ТР ТС 005/2011), разрешенные для упаковывания пищевых продуктов в установленном порядке и обеспечивающие качество и безопасность хлебобулочных изделий при хранении и транспортировании.

4.5 Конкретные способы упаковывания с указанием применяемых упаковочных материалов приводят в документе, в соответствии с которым изготовлено хлебобулочное изделие конкретного наименования.

4.6 Пределы допускаемых отрицательных отклонений массы замороженных полуфабрикатов, упакованных в потребительскую тару, от номинальной – по ГОСТ 8.579.

4.7 Замороженные полуфабрикаты, предназначенные к отгрузке в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности, упаковывают по ГОСТ 15846.

4.8 Горловины пакетов с замороженными полуфабрикатами и готовые изделия «Любительские» должны быть заварены или скреплены иными способами, обеспечивающими сохранность продукции в процессе ее транспортирования и хранения.

4.9 Потребительская тара должна быть чистой, прочной, сухой, без посторонних запахов и обеспечивать сохранность изделий хлебобулочных при их транспортировании и хранении. Упаковочные материалы не должны отрицательно воздействовать на органолептические показатели хлебобулочных изделий.

4.10 Упаковочные материалы должны соответствовать ТР ТС 005/2011 и нормам, установленным другими нормативными правовыми актами Российской Федерации и Евразийского экономического сообщества.

4.11 В случае изготовления и реализации неупакованных изделий хлебобулочных, их укладывают в один ряд в многооборотные полимерные ящики по ГОСТ 33746, лотки из древесины и древесных материалов по ГОСТ 11354, металлические и пластмассовые ящики-лотки по действующей технической документации. Дно ящиков выстилают пергаментом по ГОСТ 1341, подпергаментом по ГОСТ 1760, пленкой целлюлозной по ГОСТ 7730, бумагой парафинированной по ГОСТ 9569 и другими материалами, разрешенными к применению для контакта с пищевыми продуктами.

4.12 Упакованные в потребительскую упаковку изделия упаковывают в ящики из гофрированного картона по ГОСТ 13511, ГОСТ 34033 или специально изготовленные ящики из картона по ГОСТ Р 52901 или полимерные многооборотные ящики по ГОСТ 33746.

Стыки клапанов картонных ящиков должны быть оклеены клеевой лентой на бумажной основе по ГОСТ 18251 или полиэтиленовой лентой с липким слоем по ГОСТ 20477.

В каждую единицу транспортной тары должна быть помещена продукция одного наименования, одной даты выработки. Допускается по договору с потребителем укладывать в единицу транспортной тары продукцию различных наименований.

4.12 Допускается использовать другие виды потребительской и транспортной тары, вспомогательных материалов, разрешенные к применению в установленном порядке, и обеспечивающие сохранность продукта при транспортировании, хранении и реализации.

## **5 Правила приемки**

5.1 Правила приемки по ГОСТ 5667.

5.2 Замороженные полуфабрикаты и готовые изделия «Любительские» принимают партиями. Под партией пищевой продукции понимают определенное количество пищевой продукции одного наименования, одинаково упакованной, произведенной (изготовленной) одним изготовителем по одному региональному (межгосударственному) стандарту или национальному стандарту, и (или) стандарту организации, и (или) иным документам изготовителя в определенный промежуток времени, сопровождаемое товаросопроводительной документацией, обеспечивающей прослеживаемость пищевой продукции – по ТР ТС 021/2011.

5.3 В каждой партии готовых изделий «Любительские» контролируют:

- органолептические показатели и массу нетто;
- качество упаковки и маркировки (изделий, упакованных в потребительскую тару).

**П р и м е ч а н и е** – При приемке изделий в потребительской таре на предприятии-изготовителе контроль органолептических показателей и массы нетто осуществляют до упаковывания.

5.3 Контроль физико-химических показателей готовых изделий «Любительские» осуществляется в соответствии с порядком, установленным в программе производственного контроля на предприятии-изготовителе.

5.4 Определение содержания токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов и радионуклидов в изделиях хлебобулочных проводят в лаборатории предприятия или других аккредитованных лабораториях периодически в соответствии с программой производственного контроля, разработанной в соответствии с требованиями действующих правил и утвержденной руководителем предприятия.

5.5 Контроль за содержанием ГМО в изделиях осуществляют в случае обоснованного предположения о возможном наличие их в продовольственном сырье.

5.6 В случае получения неудовлетворительных результатов контроля хотя бы по одному показателю, по нему проводят повторный контроль на удвоенном количестве выборки, взятой из той же партии. Результаты повторных испытаний являются окончательными и распространяются на всю партию.

## 6 Методы контроля

6.1 Отбор проб – по ГОСТ 5667.

6.2 Определение массы нетто и органолептических показателей – по ГОСТ 5667.

6.3 Определение физико-химических показателей

6.3.1 Определение пористости – по ГОСТ 5669.

6.3.2 Определение кислотности – по ГОСТ 5670.

6.3.3 Определение влажности – по ГОСТ 21094.

6.4 Определение содержания токсичных элементов

6.4.1 Подготовка проб и минерализация для определения токсичных элементов – по ГОСТ 26929, ГОСТ 31671.

6.4.2 Определение токсичных элементов:

- свинец – по ГОСТ 26932, ГОСТ 33824, МУК 4.1.986, ГОСТ 30178, ГОСТ 30538;

- ртуть – по ГОСТ 26927, ГОСТ 33824;

- кадмий – по ГОСТ 33824, ГОСТ 26933, МУК 4.1.985, ГОСТ 30178, ГОСТ 30538;

- мышьяк – по ГОСТ Р 51766, ГОСТ 33824, ГОСТ 31628, ГОСТ 26930, ГОСТ 30538.

6.5 Определение микотоксинов:

- афлотоксин В1 – по ГОСТ 30711, МУ 4082, ГОСТ 31748;

- Т-2 токсин – по МУ 3184;

- охратоксин А – по МУК 4.1.2.2204;

- зеараленон – по МУ 5177;

- дезоксиниваленон – по ГОСТ Р 51116, МУ 5177.

6.6 Определение пестицидов:

- хлорорганические пестициды – по ГОСТ 30349;
- ДДТ и его метоболиты – по МУ 2142;
- 2, 4-Д кислота, ее соли эфиры – по МУ 1541;
- ртутьорганические пестициды – по МУ 1218.

#### 6.7 Определение радионуклидов

6.7.1 Отбор проб для определения радионуклидов – по ГОСТ 32164, МУК 2.6.1.1194.

6.7.2 Определение содержания стронция – по ГОСТ 32163, МУК 2.6.1.1194.

6.7.3 Определение содержания цезия – по ГОСТ 32161, МУК 2.6.1.1194.

6.8 Определение наличия генетически модифицированных источников (ГМИ) – по ГОСТ Р 52173, ГОСТ Р 53214.

6.9 Допускается использование других методов контроля, утвержденных в установленном порядке.

#### *Хранение и транспортирование проб*

6.10 Отбор проб должен быть проведен в течение срока годности продукта, указанного в документе, в соответствии с которым он изготовлен.

6.11 Время транспортирования включают в срок годности. В процессе транспортирования должна быть обеспечена температура, предусмотренная для хранения продукта.

6.12 Определение массы и массы нетто – по ГОСТ 5667.

#### *Определение температуры замороженных полуфабрикатов*

6.13 В замороженном хлебобулочном полуфабрикате с помощью сверла делают канал до центра изделия, вставляют в него термометр и далее измеряют температуру. Результаты измерения сравнивают с требованиями стандарта - по ГОСТ 31806-2012.

6.13 Образцы замороженных полуфабрикатов доводят до готовности к употреблению в пищу (готовые изделия «Любительские») в соответствии со способом и условиями изготовления готовых изделий, приведенными в маркировке на конкретное наименование хлебобулочного полуфабриката.

Допускается использовать другие методы контроля, утверждёнными органами и учреждениями Федеральной службы Роспотребнадзора в установленном порядке.

## **7 Правила транспортирования и хранения**

7.1 Замороженные полуфабрикаты и готовые изделия «Любительские» перевозят в крытых транспортных средствах в соответствии с правилами перевозок скоропортящихся грузов, действующими на транспорте соответствующего вида. В процессе транспортирования должна быть обеспечена температура, предусмотренная документом, в соответствии с которым изготовлен продукт конкретного наименования. Транспортирование и хранение изделий осуществляется в соответствии с требованиями, изложенными в ТР ТС 021/2011 и ГОСТ 8227.

7.2 Транспортирование и хранение замороженных полуфабрикатов, предназначенных для отправки в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности, – по ГОСТ 15846.

7.3 Срок максимальной выдержки готовых изделий «Любительские» на предприятии после времени выемки из печи для неупакованных и упакованных изделий - не более 8 часов.

7.4 Срок реализации в розничной торговой сети готовых изделий «Любительские» после времени выемки из печи для неупакованных и упакованных изделий – не более 24 часов.

7.5 Срок хранения неупакованных и упакованных готовых изделий «Любительские» – не более 32 часов.

7.6 Срок криохранения упакованных полуфабрикатов при температуре  $(-18^{\circ}\text{C}) \pm (1^{\circ}\text{C})$  – не более 294 суток.

## **8 Гарантии изготовителя**

8.1 Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие качества замороженных полуфабрикатов и готовых изделий «Любительские» требованиям настоящих технических условий при соблюдении условий транспортирования и хранения.

8.2 Размороженные хлебобулочные полуфабрикаты не подлежат повторному замораживанию.

Приложение А  
(обязательное)

Химический состав и энергетическая ценность хлебобулочных изделий, приготовленных из замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, готовые изделия «Любительские», в пересчете на 100 г продукта:

Наименование изделия	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, ккал
Хлебобулочные изделия, приготовленные из замороженных ржано-пшеничных полуфабрикатов высокой степени готовности, «Любительские»	6,5	1,0	41,0	200

Приложение Б  
(справочное)  
Перечень ссылочных нормативных документов

Таблица Б.1

Обозначение документа, на который дана ссылка	Наименование документа
1	2
ТР ТС 005/2011	Технический регламент Таможенного союза «О безопасности упаковки» Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 16.08.2011 г. № 769
ТР ТС 021/2011	Технический регламент таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 г. № 880
ТР ТС 022/2011	Технический регламент Таможенного Союза «Пищевая продукция в части её маркировки». Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 г. № 881
ГОСТ 8.579	Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к количеству фасованных товаров при их производстве, фасовании, продаже и импорте
ГОСТ 1341	Пергамент растительный. Технические условия
ГОСТ 1760	Подпергамент. Технические условия
ГОСТ 5667	Хлеб и хлебобулочные изделия. Правила приемки, методы отбора образцов, методы определения органолептических показателей и массы изделий
ГОСТ 5669	Хлебобулочные изделия. Метод определения пористости
ГОСТ 5670	Хлебобулочные изделия. Методы определения кислотности
ГОСТ 7045	Мука ржаная хлебопекарная. Технические условия
ГОСТ 7730	Пленка целлюлозная. Технические условия
ГОСТ 8227	Хлеб и хлебобулочные изделия. Укладывание, хранение и транспортирование
ГОСТ 9569	Бумага парафинированная. Технические условия
ГОСТ 10354	Пленка полиэтиленовая. Технические условия
ГОСТ 11354	Ящики из древесины и древесных материалов многооборотные для продукции пищевых отраслей промышленности и сельского хозяйства. Технические условия

Продолжение таблицы Б.1

1	2
ГОСТ 13511	Ящики из гофрированного картона для пищевых продуктов, спичек, табачных изделий и моющих средств. Технические условия
ГОСТ 14192	Маркировка грузов
ГОСТ 16337	Полиэтилен высокого давления. Технические условия
ГОСТ 18251	Лента клеевая на бумажной основе. Технические условия
ГОСТ 20477	Лента полиэтиленовая с липким слоем. Технические условия
ГОСТ 21094	Хлеб и хлебобулочные изделия. Метод определения влажности
ГОСТ 25951 (СТ СЭВ 3699)	Пленка полиэтиленовая термоусадочная. Технические условия
ГОСТ 26574	Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия
ГОСТ 31806	Полуфабрикаты хлебобулочные замороженные и охлажденные. Общие технические условия
ГОСТ 32220	Вода питьевая, расфасованная в емкости. Общие технические условия
ГОСТ 32220	Вода питьевая, расфасованная в емкости. Общие технические условия
ГОСТ 26930	Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка
ГОСТ 26932	Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца
ГОСТ 26933	Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия
ГОСТ 30178	Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов
ГОСТ 30538	Продукты пищевые. Методика определения токсичных элементов атомно-эмиссионным методом
ГОСТ 30711	Продукты пищевые. Методы выявления и определения содержания афлатоксинов В <sub>1</sub> и М <sub>1</sub>
ГОСТ Р 51740	Технические условия на пищевые продукты. Общие требования к разработке и оформлению
ГОСТ 32677	Изделия хлебобулочные. Термины и определения
ГОСТ 1129	Масло подсолнечное. Технические условия
ГОСТ 8808	Масло кукурузное. Технические условия



Продолжение таблицы Б.1

1	2
ГОСТ 31628	Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения массовой концентрации мышьяка
ГОСТ 31671 (EN 13805:2002)	Продукты пищевые. Определение следовых элементов. Подготовка проб методом минерализации при повышенном давлении
ГОСТ 31748 (ISO 16050:2003)	Продукты пищевые. Определение афлатоксина В <sub>1</sub> и общего содержания афлатоксинов В <sub>1</sub> , В <sub>2</sub> , G <sub>1</sub> и G <sub>2</sub> в зерновых культурах, орехах и продуктах их переработки. Метод высокоэффективной жидкостной хроматографии
ГОСТ 32161	Продукты пищевые. Метод определения содержания цезия Cs-137
ГОСТ 32163	Продукты пищевые. Метод определения содержания стронция Sr-90
ГОСТ 32164	Продукты пищевые. Метод отбора проб для определения стронция Sr-90 и цезия Cs-137
ГОСТ 32677	Изделия хлебобулочные. Термины и определения
ГОСТ 33746	Ящики полимерные многооборотные. Общие технические условия
ГОСТ 33772	Пакеты из бумаги и комбинированных материалов. Общие технические условия
ГОСТ 33781	Упаковка потребительская из картона, бумаги и комбинированных материалов. Общие технические условия
ГОСТ 33824	Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения содержания токсичных элементов (кадмия, свинца, меди и цинка)
ГОСТ 34033	Упаковка из картона и комбинированных материалов для пищевой продукции. Технические условия
ГОСТ Р 51116	Комбикорма, зерно и продукты его переработки. Определение содержания дезоксиниваленола методом высокоэффективной жидкостной хроматографии
ГОСТ Р 51474	Упаковка. Маркировка, указывающая на способ обращения с грузами
ГОСТ Р 51574	Соль пищевая. Общие технические условия

Продолжение таблицы Б.1

1	2
ГОСТ Р 51766	Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения мышьяка
ГОСТ Р 52173	Сырье и продукты пищевые. Метод идентификации генетически модифицированных источников (ГМИ) растительного происхождения
ГОСТ Р 52901	Картон гофрированный для упаковки продукции. Технические условия
ГОСТ Р 53214 (ИСО 24276:2006)	Продукты пищевые. Методы анализа для обнаружения генетически модифицированных организмов и полученных из них продуктов. Общие требования и определения
ГОСТ Р 54731	Дрожжи хлебопекарные прессованные. Технические условия
МУК 2.6.1.1194	Методические указания. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Радиационный контроль. Стронций-90 и цезий-137. Пищевые продукты. Отбор проб, анализ и гигиеническая оценка
МУК 4.1.985	Методические указания. Методы контроля. Химические факторы. Определение содержания токсичных элементов в пищевых продуктах и продовольственном сырье. Методика автоклавной пробоподготовки
МУК 4.1.986	Методические указания. Методы контроля. Химические факторы. Методика выполнения измерений массовой доли свинца и кадмия в пищевых продуктах и продовольственном сырье методом электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии
МУК 4.1.2204	Методические указания. Методы контроля. Химические факторы. Обнаружение, идентификация и количественное определение охратоксина А в продовольственном сырье и пищевых продуктах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии
МУ 1218	Методические указания по определению ртутьорганических пестицидов в овощах, продуктах животноводства, кормах и патматериале хроматографическими методами

Продолжение таблицы Б.1

1	2
МУ 1541	Хроматографические методы определения остаточных количеств 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-Д) в воде, почве, фураже, продуктах питания растительного и животного происхождения
МУ 2142	Методические указания по определению хлорорганических пестицидов в воде, продуктах питания, кормах и табачных изделиях методом хроматографии в тонком слое
МУ 3184	Методические указания по обнаружению, идентификации и определению содержания Т-2 токсина в пищевых продуктах и продовольственном сырье, утв. МЗ СССР 29.12.84 № 3184-84
МУ 4082	Методические указания по обнаружению, идентификации и определению содержания афлатоксинов в продовольственном сырье и пищевых продуктах с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии, утв. МЗ СССР 20.03.86 № 4082-86
МУ 5177	Методические указания по идентификации и определению содержания дезоксиниваленола (вомитоксина) и зеараленона в зерне и зернопродуктах
СанПиН 2.1.3684	Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий
СанПиН 2.1.4.1116-02	Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества
	Правила организации и ведения технологического процесса на хлебопекарных предприятиях. Москва, 1999 г.
	Сборник технологических инструкций для производства хлеба и хлебобулочных изделий. Москва, 1989 г.

