

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Кемеровский государственный университет

На правах рукописи

**Сахабутдинова Гульнар Фигатовна**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ЗАМОРАЖИВАНИЯ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО  
ХРАНЕНИЯ МЯСНЫХ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ**

Специальность 05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов  
и холодильных производств

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени кандидата технических наук

**Научный руководитель:**

*доктор технических наук, доцент*

**Е.В. Короткая**

Кемерово 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....	8
1.1. Способы замораживания мясных полуфабрикатов.....	8
1.2. Изменения в мясных полуфабрикатах при замораживании и хранении .....	15
1.3. Роль упаковки при хранении мясных полуфабрикатов .....	18
1.4. Выводы по литературному обзору, цели и задачи исследования .....	36
ГЛАВА 2. ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ...38	
2.1. Организация выполнения работы.....	38
2.2. Методы и объекты исследований .....	41
2.3. Лабораторный стенд для экспериментальных исследований.....	43
ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАМОРАЖИВАНИЯ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ХРАНЕНИЯ МЯСНЫХ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ .....	50
3.1. Характеристика мясных рубленых полуфабрикатов для замораживания и низкотемпературного хранения .....	50
3.2. Определение теплофизических характеристик мясных рубленых полуфабрикатов.....	53
3.3. Исследования свойств пленок для замораживания мясных рубленых полуфабрикатов.....	62
3.4. Экспериментальное и графоаналитическое исследование низкотемпературной обработки мясных рубленых полуфабрикатов.....	71
3.5. Определение рациональных технологических параметров, влияющих на продолжительность замораживания мясных рубленых полуфабрикатов .....	81
3.6. Анализ энергетической эффективности низкотемпературной.....	88
3.7. Определение рациональных параметров хранения замороженных мясных рубленых полуфабрикатов в биополимерной пленке .....	93
ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ.99	
4.1. Разработка усовершенствованной технологии низкотемпературного консервирования мясных рубленых полуфабрикатов в биополимерной упаковке	99
4.2. Расчет стоимости производства замороженных мясных рубленых полуфабрикатов.....	107
Список источников.....	112
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	127

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность работы.** Стратегической задачей концепции государственной политики Российской Федерации в области продовольственной безопасности является гарантированное и устойчивое обеспечение населения страны высококачественными и полноценными в биологическом плане продуктами питания. При решении этой задачи важная роль отводится совершенствованию существующих технологий производства и хранения пищевых продуктов.

Мясные рубленые полуфабрикаты (МРП) являются сбалансированным замороженным продуктом. Благодаря замораживанию, как экономичному и эффективному способу консервирования, продукты подвергаются минимальным изменениям первоначальных свойств при сохранности пищевой ценности и качества.

Применяемые в настоящее время технологии низкотемпературного консервирования МРП чаще всего связаны с усушкой продукта в процессе замораживания, что оказывает негативное влияние на органолептические характеристики и консистенцию готового продукта. В случае временной задержки процессов приготовления и упаковки полуфабриката продукт частично отепляется. При закладывании на хранение таких МРП происходит повторный рост кристаллов льда, приводящий к повреждению клеточной оболочки, в результате готовый продукт теряет товарный вид, выделяется большое количество влаги при его приготовлении. Снижению негативного воздействия вышеуказанных факторов будет способствовать вакуум-упаковка МРП перед их замораживанием, это сохранит влагу в полуфабрикate и повысит органолептические характеристики готового продукта.

Тяжелая экологическая ситуация в области утилизации полимеров подталкивает индустрию упаковки к использованию биополимеров, полученных на основе растительного сырья. В настоящее время применение биополимеров в упаковке ограничено, так как недостаточно изучено их поведение при обработке и хранении продуктов.

Таким образом, совершенствование технологии низкотемпературного консервирования МРП в биополимерной упаковке является одной из приоритетных задач пищевой промышленности.

### **Степень проработки темы исследований.**

Изучению процессов замораживания и низкотемпературного хранения полуфабрикатов посвящены труды таких ученых как Н.Э. Каухчешвили, Г.Б. Чижов, О.Н. Буянов, А.Л. Ишевский, В.С. Колодязная, Benjamin W. V. Holman (Австралия) и др. При этом процессы замораживания мясных полуфабрикатов в биополимерной упаковке недостаточно изучены и описаны и потому их изучение представляет несомненный интерес.

**Объектом исследования** являлись рубленые мясные полуфабрикаты, упакованные в биополимерную пленку.

**Цель и задачи исследований.** Целью диссертационной работы является совершенствование технологии замораживания и низкотемпературного хранения МРП с использованием биоразлагаемых материалов.

В рамках поставленной цели сформированы следующие задачи:

- исследовать возможность применения биополимерных пленок для упаковки, замораживания и длительного низкотемпературного хранения МРП;
- провести сравнительный анализ влияния способов замораживания МРП в биополимерной пленке на качественные характеристики готового полуфабриката;
- определить теплофизические характеристики МРП до и после замораживания, выявить закономерности их изменения необходимые для разработки технологии низкотемпературной обработки и хранения;
- изучить влияние технологических параметров низкотемпературной обработки на продолжительность замораживания МРП, представить описание в виде аналитических зависимостей;
- обосновать режимы замораживания и хранения упакованных в биополимерную пленку МРП, позволяющие минимизировать энергетические затраты при низкотемпературной обработке и подобрать соответствующее аппаратное оформление;

– разработать техническую документацию для производства МРП и провести промышленные испытания низкотемпературного консервирования, осуществляемого комбинированным способом.

**Научная новизна работы.** Предложена методика расчетного определения комплекса теплофизических характеристик МРП в зависимости от температуры замораживания.

Впервые изучено изменение свойств биополимерной пленки «CornBag» (прочность на растяжение и при разрыве, относительное удлинение) под действием низких температур в диапазоне от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $-20^{\circ}\text{C}$  в течение 3 мес.

Представлен графоаналитический метод расчета продолжительности замораживания МРП комбинированным способом с учетом разных видов отвода теплоты при перемещении границы раздела между отвердевшей и незамерзшей фазами от поверхности в глубь продукта.

Получены регрессионные уравнения, описывающие зависимость продолжительности замораживания МРП комбинированным способом от режимов низкотемпературной обработки – температура, скорость движения воздуха при вынужденной конвекции, толщина замораживаемого полуфабриката.

Разработан способ замораживания МРП, заключающийся в комбинации использования вертикального потока холодного воздуха (первый этап) и контактного замораживания на стальной плите (второй этап) с параллельной обработкой горизонтальной струей воздуха, осуществляющей низкотемпературную обработку после фасования продукта в биополимерный пакет (патент RU № 2608727, патент RU № 2625982).

**Теоретическая и практическая значимость работы.** По результатам исследований установлено, что биополимерная пленка «CornBag» может применяться для замораживания и низкотемпературного хранения пищевых продуктов. Предложена усовершенствованная технология замораживания и низкотемпературного хранения МРП с использованием биополимерной пленки.

Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс студентов, обучающихся по направлению 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и сис-

темы жизнеобеспечения» и 23.03.03 «Технология полиграфического и упаковочного производства» Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс студентов, обучающихся по направлению 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения» и 23.03.03 «Технология полиграфического и упаковочного производства», и в производственный процесс ООО «Технохолд».

Выработана промышленная партия замороженных МРП в биополимерной упаковке комбинированным способом на ООО «Здоровое питание» г. Кемерово в соответствии с ТУ и ТИ 10.13.14-265-02068309-2019.

**Методология и методы исследования.** При выполнении научного исследования использовались как стандартные и общепринятые, так и оригинальные методы исследований для определения физико-химических, структурно-механических, органолептических, микробиологических характеристик объекта исследований.

**Основные положения, выносимые на защиту.**

1. Обоснование использования биополимерной упаковки для замораживания и хранения мясных полуфабрикатов.
2. Новый комбинированный способ замораживания и низкотемпературного хранения мясных рубленых полуфабрикатов в биополимерной упаковке.
3. Графоаналитический метод определения продолжительности замораживания мясных полуфабрикатов при комбинированном способе отвода теплоты.

**Достоверность результатов исследований** подтверждена пятикратной повторяемостью, хорошей сходимостью и воспроизводимостью данных, полученных с использованием современных методов анализа.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.** Область диссертационных исследований соответствует п.п. 1, 2, 4, 9 паспорта научной специальности 05.18.04 – технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств.

**Апробация работы.** Основные положения, а также результаты исследования получили одобрение на научно-практических конференциях различного уровня, в

том числе на: VII международной научно-практической конференции «Отечественная наука в эпоху изменений: постулаты прошлого и теории нового времени» (г. Екатеринбург, 2015 г.), международной научной конференции «Пищевые инновации и биотехнологии» (г. Кемерово, 2015, 2016 г.), международной научно-практической конференции «Новая наука: проблемы и перспективы» (г. Стерлитамак, 2015 г.), XI молодёжной международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Шаг в будущее: теоретические и прикладные исследования современной науки» (г. Санкт-Петербург, 2016 г.), I Национальной конференции «Холодильная техника и биотехнологии» (г. Кемерово, 2019 г.) и др.

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 19 печатных работ, в том числе 2 статьи в изданиях, проиндексированных в наукометрических базах данных Scopus, 5 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ. Получено 2 патента на изобретение.

## ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

### 1.1. Способы замораживания мясных полуфабрикатов

В постоянно меняющемся мире с быстрым темпом жизни, для современного человека на первый план при приготовлении пищи выходит удобство, сбалансированность и достаточная калорийность употребляемых блюд. Замороженные мясные полуфабрикаты удовлетворяют перечисленным требованиям и представлены в широком ассортименте [29]. Рубленые полуфабрикаты представляют собой порционные изделия из мясного фарша и дополнительного сырья шпик, жирсырец, хлеб, молочные белковые препараты, лук, овощи, специи. Ассортимент таких полуфабрикатов достаточно широк, в охлажденном и замороженном виде вырабатываются шницеля, бифштексы, котлеты, зразы, фарши и т.д. [62, 140]. Только в замороженном виде выпускаются пельмени, вареники, кнели, фрикадельки и т.п. Среди ассортимента рубленых мясных полуфабрикатов присутствуют фаршированные изделия, в качестве начинок выступают грибы, яйца, крупы, овощи [18, 35, 40]. Рубленые фаршированные полуфабрикаты сочетают в себе несколько групп продуктов и способны заменить собою полноценный обед, сочетая в составе мясо и овощи [83, 149]. Преимущества такого продукта заключается в быстроте и простоте приготовления: запекание в духовом шкафу, либо тушение на сковороде, т.е. отпадает необходимость отдельно готовить мясо и овощной гарнир. Приготовив рубленые фаршированные полуфабрикаты, получают сбалансированное блюдо, которое употребляют без каких-либо дополнений [42, 44, 88, 119, 126].

Мясные полуфабрикаты относятся к скоропортящимся продуктам, для увеличения их срока хранения и употребления в пищу в течение всего года необходимо их подвергнуть специальной обработке. К такой обработке относят консервирование как способ производства продуктов животного и растительного происхождения, позволяющий сохранить пищевую и биологическую ценность в течение всего срока хранения. Консервированные продукты доступны для потребителей независимо от времени года [20, 39]. Самым эффективным для обработки и



хранения мясных полуфабрикатов считают консервирование с помощью холода. Отличается такая технология своим широким распространением, экономией энергетических и материальных ресурсов в процессе производства, сохранением пищевой ценности и потребительских свойств обрабатываемого продукта, сокращением потерь и предотвращением порчи, при этом он вызывает минимальные изменения первоначальных свойств [69, 115].

Быстрозамороженные мясные продукты – это продукты, изготовленные из мясного сырья с добавлением (или без) различных специй и другого сырья, обработанных низкими температурами с высокой скоростью процесса замораживания до момента пока температура внутри продукта не достигнет значения минус 18 °С, хранящиеся и реализуемые при этой температуре [94].

Замороженные мясные полуфабрикаты – это продукты с высокой степенью готовности, низкотемпературная обработка в отличие от других способов консервирования максимально сохраняет первоначальную окраску, вкус, запах и биологически активные вещества. Замороженные продукты, как правило, не нуждаются в консервантах, в них сохранены витамины и микроэлементы [45].

На сегодняшний момент ассортимент замороженной мясной продукции, выпускаемой в России, насчитывает около 120 наименований. В основном все это является полуфабрикатами средней готовности [37, 68, 112].

Замораживание происходит в ходе отвода теплоты от продуктов с помощью понижения средней температуры на 10÷50 °С по сравнению с криоскопической температурой, вследствие чего большая часть воды в продукте кристаллизуется. Кристаллизация воды останавливает жизнедеятельность микроорганизмов и их питание, значительным образом замедляет скорость биохимических реакций, оказывающих влияние на качество пищевых продуктов [23]. Если нужно сохранить пищевой продукт на более длительный период, чем это возможно при охлаждении [124], применяют замораживание [5, 10, 47, 49].

Для увеличения сроков хранения мясных полуфабрикатов важными требованиями являются:

1. Снижение интенсивности биохимических процессов обмена веществ до минимального уровня, однако, не настолько, чтобы вызвать физиологические разрушения;

2. Максимальное ограничение испарения влаги объектами хранения;

3. Устранение развития фитопатогенных микроорганизмов.

При быстром замораживании до низких температур полностью прекращаются биохимические процессы и развитие микроорганизмов – мясные полуфабрикаты оказываются законсервированными. В межклетниках и клетках образуются мелкие кристаллы льда, не вызывающие значительной деформации клеток и структуры тканей, пищевые и вкусо-ароматические достоинства и витамины сохраняются почти без изменения [26, 132].

Каков характер кристаллизации влаги в продукте, можно спрогнозировать, учитывая параметры технологического режима замораживания и скорость этого процесса. Говоря о кристаллизации влаги, учитывают растворенные вещества в клетке и их концентрацию; в каком состоянии пребывают оболочки клеток тканей; степень гидратации белков; насколько прочны связи воды в клетке и к какой форме относится эта связь [23, 89, 127].

Биохимические процессы, происходящие в водной составляющей мясного полуфабриката, способны привести к порче продукта. Сравним сухие пищевые продукты и продукты с повышенным содержанием влаги – первые являются стабильными по сравнению со вторыми, поскольку оставшаяся в них влага характеризуется низкой активностью воды. При замораживании влага удаляется из пищевого матрикса в результате образования кристаллов льда. Несмотря на то, что кристаллы льда остаются в продукте, остаточная влага, контактирующая с пищевым матриксом, насыщается растворенными веществами, и её значение активной воды снижается. Жизнедеятельность большинства микроорганизмов прекращается при значениях активности воды ниже 0,7 [37, 142, 144].

Процесс низкотемпературной обработки пищевых продуктов классифицируют в зависимости от скорости снижения температуры до заданного значения:

- до 0,5 см/ч – медленное;

- от 0,5 до 3 см/ч – среднее;
- от 3 до 5 см/ч – быстрое;
- больше 5 см/ч – сверхбыстрое.

Отметим параметры, влияющие на скорость замораживания: размер и толщина продукта, температура охлаждающей среды и коэффициент теплоотдачи от поверхности продукта к среде. Чтобы получить высококачественный продукт, необходимо выбирать быструю и сверхбыструю скорость процесса замораживания, т.к. такие значения скорости гарантируют отсутствие перемещения влаги в межклеточное пространство из самой клетки. Кристаллы льда в меньшей степени повреждают клеточные оболочки, внутренняя структура продукта сохраняется, большая часть влаги превращается в кристаллы маленького размера. Если рассмотреть медленную скорость замораживания, то можно отметить, что первоначально вода кристаллизуется в межклеточном пространстве и в результате образовавшиеся кристаллы способны повредить клеточные стенки. Это приводит к дряблости тканей продукта и вытеканию клеточного сока при приготовлении или размораживании такого полуфабриката [89, 143].

На рис. 1.1 находится график изменения температуры продукта в ходе замораживания. Точка  $A (t_l, T_s)$  говорит о переохлаждении: имеется скачок температуры на поверхности продукта до начальной температуры замораживания  $T_f$ , между точками  $B$  и  $C$  плоский участок кривой – температурное плато, на данном участке происходит перенос скрытой теплоты замерзания воды из продукта. Кристаллы льда начинают свое образование между точками  $A$  и  $B$ , их количество продолжает увеличиваться до конечной температуры  $T_e$ , после температура внутри продукта выравнивается с температурой хладагента. Далее количество кристаллов льда перестает расти, но увеличивается размер уже имеющихся [25, 37].

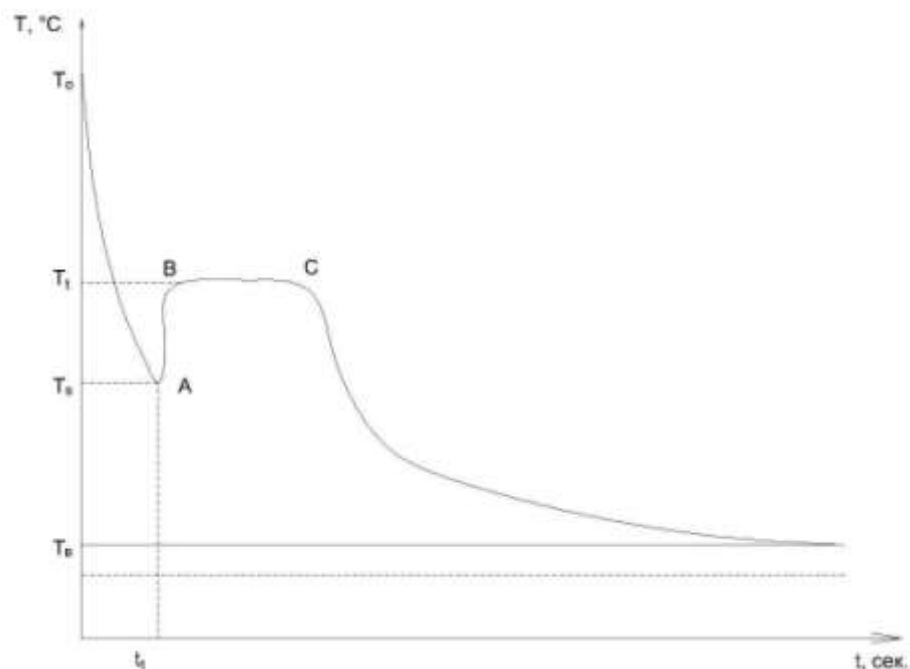


Рис. 1.1. График изменения температуры в пищевом продукте в ходе замораживания:  $T_0$  – начальная температура замораживания;  $T_f$  – температура, до которой продукт подвергается переохладению;  $T_s$  – температура замораживания;  $T_e$  – равновесная температура

Быстрое замораживание в производственных условиях возможно тремя способами:

- 1) с использованием вторичной среды (хладоносителя), охлаждаемые хладагентами с помощью теплообменников;
- 2) с использованием металлической контактной поверхности, соприкасающейся с продуктом. Поверхность охлаждается изнутри хладагентом;
- 3) при непосредственном контакте продукции с хладагентом [86].

В первом способе низкотемпературной обработки используется оборудование, где газообразная или жидкая среда служит хладоносителем. В качестве газообразного хладоносителя используется охлажденный воздух, его очевидный недостаток – неэффективность теплофизических свойств. Но эксплуатационные и экономические показатели достаточно высокие, поэтому это наиболее распространенный вариант газообразного хладоносителя [16]. В качестве жидкой среды традиционно применяют растворы хлористого натрия и кальция, пропиленгликоля и т.д. Замораживаемый продукт либо орошают охлаждающей средой либо по-

гружают в нее, метод выбирают, ориентируясь на вид и размер продукции, также роль играет тип упаковки [122].

Второй способ называется контактным – поверхность продукта напрямую соприкасается с охлаждаемой металлической поверхностью. Применяют для продукции в блоках, т.к. важна правильная геометрическая форма [60].

Третий способ называется криогенным. Можно встретить разнообразные агенты – жидкие, твердые и газообразные. В промышленности используют комбинацию способов с целью компенсации недостатков одного способа достоинствами другого: сочетание жидкого криогенного (жидкого азота) и газообразного хладоносителя [100, 147].

При воздушном охлаждении применяют скороморозильные аппараты следующих типов: тележечный, конвейерный и флюидизационный. Тележечные скороморозильные аппараты различают по движению воздуха: продольное и поперечное. Тележки с полками, где располагается продукт, могут перемещаться вручную или механизировано. Тележечные аппараты классифицируют по периодичности действия: непрерывные аппараты перемещают тележки с продуктом в потоке без временных интервалов, периодического действия – загрузка и выгрузка происходит интервально по времени. Продукт укладывается на металлические противни и устанавливается на полки, между которыми имеются зазоры для прохода воздуха. Преимущества рассмотренных аппаратов заключается в универсальности, простоте конструкции, недостаток – значительный объем ручного труда. Замораживание продуктов до температуры минус 18 °С составляет от 3 до 6 т/сутки. Продолжительность замораживания самая высокая по сравнению другими способами [114].

В конвейерных скороморозильных аппаратах продукция размещается на конвейере,двигающемся внутри аппарата, либо в металлических противнях, перемещающихся вследствие крепления к конвейеру. Он предназначен для замораживания продуктов, близких по форме и размерам, в упаковке или без упаковки [60].

Замораживание продуктов в жидком хладоносителе может осуществляться бесконтактным и контактным способом. Аппараты, в которых замораживание происходит через непрямой контакт хладоносителя и продукта, отводят тепло с помощью металлической ленты движущего конвейера либо через герметично закрытую вакуумированную, не пропускающую влагу упаковку. Также продукты могут замораживаться путем погружения в охлаждающую жидкость или путем орошения жидким хладоносителем [79, 80, 82].

Погружение продукта в охлаждающую жидкость обеспечивает более интенсивный отвод теплоты, при этом геометрическая форма продукта не влияет на скорость процесса. Однако существуют недостатки: возможность проникновения хладагента внутрь пакета при разгерметизации, необходимость соблюдения санитарно-гигиенических требований и постоянный контроль достаточного уровня концентрации жидкости.

В контактных аппаратах металлические плиты или конвейера охлаждаются циркулирующим хладагентом, необходим постоянный контакт продукции и поверхности плиты (конвейера). Чтобы обеспечить должную скорость процесса, нужно соблюдать требования по плотному контакту продукции с плитой, что возможно при равномерной толщине продукта, взаимодействующего с поверхностью плиты. В этом случае продолжительность низкотемпературной обработки будет минимальной [14, 60, 78]. Недостаток данного способа – невозможность замораживания многих продуктов неправильной формы, нарушать которую (деформировать) нельзя [106].

При криогенном замораживании используют инертный газ – азот, отличающийся тем, что он не вступает в реакцию с продуктами. Температура испарения жидкого азота минус 195,8 °С. Первый этап криогенного замораживания – охлаждение продукта газообразным азотом, далее предварительное замораживание, в результате производится быстрое снижение температуры поверхностного слоя. После полуфабрикат поступает в камеру интенсивного замораживания для окончания процесса низкотемпературной обработки, где производится выравнивание температуры по всему объему. Продолжительность замораживания состав-

ляет в среднем от 4 до 30 мин, что является главным достоинством способа. Недостаток – дороговизна процесса [11, 58].

## **1.2. Изменения в мясных полуфабрикатах при замораживании и хранении**

Известно, что мясной фарш представляет собой сложную систему, полученную в ходе интенсивного механического измельчения тканей. В качестве добавок используются различные пищевые ингредиенты: соль, перец, лук, иные специи. Полученную субстанцию тщательно перемешивают. Она состоит из дисперсионной среды, включающей гидратированные белковые мицеллы, различного размера жировых частиц, раствор белков и низкомолекулярных веществ. При этом находящиеся в составе мясной эмульсии вода и белок образуют матрицу, окружающую жир. Солерастворимые белки выступают как стабилизаторы описанной эмульсии [28, 32].

Степень измельчения фарша влияет на дальнейшее его хранение, т.к. напрямую влияет на влагоудерживающую способность мясного полуфабриката. Малая степени измельчения, сопровождаемая значительной степенью разрушений мышечных волокон, придает полуфабрикату высокую влагоудерживающую способность. Величина свободной и связанной влаги также напрямую зависит от степени измельчения, при невысокой степени измельчения – величина остается неизменной. При увеличении дисперсности фарша происходит уменьшение размеров частиц с пропорциональным ростом общей площади их поверхности и количества адсорбционно-связанной воды. При этом процессе увеличения количества выделенной влаги идет интенсивнее увеличения поверхности частиц [7].

Авторы [107] отмечают, что при всех способах замораживания повышается поглощающая способность мышечной ткани мяса. Использование шокового замораживания натуральных порционных мясных полуфабрикатов вызывает небольшие механические разрушения мышечных волокон и сохраняет высокую влагосвязывающую и влагоудерживающую способность мышечной ткани.

В основе консервирования замораживанием лежат принципы анабиоза, при этом происходит замедление биохимической активности тканевых ферментов и подавление деятельности микроорганизмов. При замораживании ферментативный гидролиз белков в животном сырье замедляется при температуре минус 18 °С, а понижение температуры до минус 25 °С приводит к уменьшению скорости ферментативного гидролиза и окисления тканевых липидов [27]. При замораживании мясопродуктов ниже криоскопической точки начинается процесс фазового перехода воды в лед. На распределение кристаллов льда в мясе и их размер в первую очередь влияют условия замораживания, а также состав и свойства сырья [130].

От режимов замораживания мясных рубленых полуфабрикатов, а именно от температуры замораживания, скорости процесса и движения воздушных масс в оборудовании, зависит влагосвязывающая и влагоудерживающая способность фарша. Чем ниже температура замораживания, тем незначительнее составляют потери влаги при тепловой обработке мясного рубленого полуфабриката. От значений показателей влагосвязывающей и влагоудерживающей способностей фаршевых систем зависит стабильность белковых систем полуфабрикатов. Важно, при замораживании мясных полуфабрикатов подбирать параметры холодильной обработки таким образом, чтобы получить мелкие кристаллы льда в структуре полуфабриката и минимизировать возникновение пустот между ними. При быстром замораживании мясных полуфабрикатов лучше сохраняются водорастворимые витамины, т.к. не происходит диффузионного перераспределения влаги в клеточной структуре фарша [117].

При холодильном хранении мясных рубленых полуфабрикатов жиры подвергаются гидролитическому расщеплению и окислению. Интенсивность гидролиза липидов уменьшается с понижением температуры хранения мясных полуфабрикатов. Окисление липидов в фарше при хранении ведет к снижению пищевой ценности готового продукта [30, 141]. В процессе окисления и гидролитического расщепления жиров образуются пероксиды. Накапливаясь в белковой структуре, они негативно влияют на органолептические характеристики мясных



рубленных полуфабрикатов после их тепловой обработки, ухудшают вкус и запах [48].

Как показывают исследования [74], мясные полуфабрикаты, хранившиеся при температуре минус 1,5 °С в течение 15 суток, имеют показатели КМАФАнМ, находящиеся в пределах  $1 \times 10^4$  -  $4 \times 10^4$  КОЕ/г при норме  $5 \times 10^5$  КОЕ/г, согласно ТР ТС 034/2013. На 20-е сутки хранения этот показатель превысил норму.

После замораживания в мясных полуфабрикатах могут выжить до 50% микроорганизмов, это объясняется одинаковой холодостойкостью различных видов и штаммов микроорганизмов. В большей степени инактивируются грамотрицательные бактерии. На выживание микроорганизмов влияет их возраст. Клетки, прожившие менее 8 часов, более подвержены разрушению под воздействием замораживания, чем более старые клетки. Причиной может быть разная проницаемость и содержание влаги молодых и старых бактериальных клеток. Чем выше скорость замораживания, тем выше выживаемость бактерий (таблица 1.1).

Таблица 1.1.

Число репродуктивных микроорганизмов и их доля (в %) в общей обсемененности говядины и сырого мясного фарша до и после замораживания при температуре минус 30 °С

Микроорганизмы	Говядина		Мясной фарш	
	до замораживания	после замораживания	до замораживания	после замораживания
Общая обсемененность, число микроорганизмов на 1 г	385000	77000	400000	47000
Грамположительные бактерии, %	15	70	22	75
Грамотрицательные бактерии, %	85	30	78	23
Дрожжи, %	-	--	-	2

При холодильном хранении замороженных мясопродуктов в них протекают физические, химические и биохимические изменения. При испарении концентрация раствора в поверхностном слое может увеличиться до такой степени, что произойдут необратимые процессы денатурации белков, усадки клеток, образования корочки на поверхности [151]. Вследствие выделения воды наблюдается агрегация и дезагрегация белковых частиц, что приводит к снижению водосвязывающей способности белковых веществ и изменению консистенции и вязкости. Это, в свою очередь, вызывает изменения в жировой и мышечной тканях [146, 148].

Значения pH образцов полуфабрикатов изменяется в процессе хранения, имеет тенденцию к смещению в сторону кислотности [64]. Вследствие окисления происходит сшивание белка и образование его фрагментации. Окисление белка может отрицательно влиять на активность ферментов, что в свою очередь влияет на скорость и степень деградации белка. Денатурация и гидролизные изменения белков наиболее характерны для тощего мяса, а в жировой ткани происходит гидролиз и окисление липидов [145, 134].

Исходя из вышеописанного, можно сделать вывод – при осуществлении рационального подбора параметров замораживания и низкотемпературного хранения можно с высокой вероятностью замедлить порчу продуктов и сохранить высокие показатели качества. Немаловажную роль в этом имеет упаковка продукта, которая позволяет предотвратить загрязнение продукта, потерю влаги при хранении, замедлить окислительные процессы [129].

### **1.3. Роль упаковки при хранении мясных полуфабрикатов**

Замороженная продукция способна терять в качестве при несоответствующих условиях системы хранения, транспортировки и распределения, немаловажную роль на этом этапе имеет правильно подобранная упаковка. Наличие упаковки не только предотвращает загрязнение продукции, но и защищает от воздействия кислорода или света, высушивания поверхности или комбинации этих и других, губительных для продукта факторов. Технологии и материалы для упаковки

замороженных продуктов, в отличие от других технологий, неотделимы от продукта [138].

Роль упаковки при хранении мясных полуфабрикатов имеет исключительное значение, заключающееся в обеспечении безопасности и качества продукта. Мясные продукты сложно сохранить без изменения первоначальных свойств, т.к. прежде всего – это благоприятная среда для развития микроорганизмов. Этому служит наличие белков, жиров, витаминов и микроэлементов, а также большое количество воды и малое количество молочной кислоты, хлорида натрия, которые обладают бактериальной способностью. В процессе хранения мясных продуктов развиваются ферментативные и окислительные процессы, являющиеся причинами такого нежелательного явления, как изменение органолептических характеристик, способных привести к ухудшению вкуса, аромата и консистенции полуфабриката после термической обработки [92].

Важная задача при фасовании мясных полуфабрикатов заключается в противостоянии проникновения микроорганизмов, задержке процессов порчи и отделения сока, снижение потери массы вследствие отсутствия высыхания продукта. Для красного мяса упаковка должна поддерживать ярко-красный цвет в розничной торговле за счет образования оксигемоглобина. Таким образом, главная функция упаковки – торможение или предотвращение нежелательных изменений продукта [19, 92].

Рассмотрим главные требования, предъявляемые к упаковочным материалам, используемым для замораживания и хранения мясных полуфабрикатов:

1. Влагонепроницаемость. Отсутствие упаковки приводит к потере массы при хранении (усушке); для поддержания высокого качества необходим упаковочный материал с низкой влагонепроницаемостью. В целях обеспечения максимально возможного сохранения качества замороженных мясных полуфабрикатов для упаковки применяется материал, обеспечивающий минимальные потери массы при хранении (усушку), т. е. обладающий низким уровнем влагонепроницаемости. Параметр влагонепроницаемости определяется как время, необходимое для проникновения влаги через элементарную единицу площади поверхности мате-

риала упаковки. Поверхность упаковки, разница парциального давления и коэффициент сублимации оказывают прямое воздействие на количество сублимированного льда из замороженного продукта. Наиболее высокая влагопроницаемость у применяемых материалов для упаковки замороженных мясных полуфабрикатов у картона, ламинированного полиэтиленом. Самым влагонепроницаемым считается полиэтилен в сочетании с алюминиевой фольгой, далее следуют в порядке убывания: полиэтилен, полипропилен, парафин/бумага/парафин [65, 105].

2. Газонепроницаемость. Используемый материал должен предотвращать проникновение кислорода с окружающей среды и удерживать внутри упаковки летучие ароматические вещества.

3. Морозостойкость. Упаковочный материал должен сохранять свои физические и рабочие свойства при воздействии низких температур.

Производители в качестве потребительской мягкой упаковки замороженных полуфабрикатов используют трехшовные пакеты-подушки и пакеты с фальцами из полиэтилена и полипропилена. Менее распространена ламинированная бумага. Жесткая потребительская упаковка – ламинированные полиэтиленом картонные коробки, в которых минимизировано повреждение полуфабриката. Масса нетто составляет 0,25 – 1 кг [65, 54].

Наиболее широко в настоящее время для замороженных полуфабрикатов используют пленки из полиэтилена высокой плотности (ПЭВП). Достоинствами являются хорошая механическая прочность, повышенная водонепроницаемость, рабочий интервал температур от минус 50 до плюс 70° С, низкий уровень воздухопроницаемости, морозостойкость, стойкость к проколам [14, 116].

Более высокая ценовая категория упаковочных материалов, отличающихся высокими эксплуатационными характеристиками – это комбинированные пленочные материалы. К ним относятся – полиэтилентерефталат/полиэтилен (прозрачный или белый) (ПЭТ/ПЭ), ориентированный полипропилен/полиэтилен белый (ОПП/ПЭ). Они обладают повышенной устойчивостью к проколу, что позволяет обеспечить целостность упаковки и сохранность продукции.

Для поддержания на должном уровне потребительских свойств продуктов необходимо снизить активность окислительных процессов, происходящих в процессе хранения. С этой целью используют вакуум-упаковки или замещают воздух в упаковке азотом [57, 104, 151].

Понятие "жизненный цикл" упаковки и материалов для неё включает три периода: производство (печать и формование упаковки), применение по назначению, превращение в отходы (утилизация и/или переработка). Последний этап выводит на первое место требования по удобству утилизации этих отходов с получением наибольшей пользы для общества [33, 93].

Способом утилизации, применяемым повсеместно вследствие удобства утилизации, является сбор отходов уже использованной упаковки, и её последующее захоронение на специальных свалках до конечного разложения и ассимиляции (усвоения) её природой под естественным воздействием влаги, света, тепла, микроорганизмов. Но такой способ наносит угрозу окружающей среде в связи с очень низкой ассимиляцией (80-100 лет) и сильным загрязнением вредными веществами почвы и подземных вод [34, 120].

Вторым по распространенности способом утилизации является сбор отходов и их последующее сжигание. В развитых странах такой способ используют как источник тепла для обогрева жилых комплексов и промышленных объектов. Весомый недостаток – образование вредных продуктов горения, и как следствие – загрязнение воздуха [93].

Наиболее энергозатратный, но и при этом благоприятный для окружающей среды и населения – способ переработки отходов с целью получения вторичного сырья. Отрицательные стороны переработки заключаются в организации тщательной сортировки отходов по группам материалов, в выборе эффективной невысокой по стоимости технологии переработки [34, 135].

Упаковка, изготовленная из материалов, разлагающихся при определённых условиях за кратковременные сроки, позволяет не исключить утилизацию и переработку как этапы жизненного цикла. Важно, чтобы в процессе разложения не происходило образование микропластика и других опасных для среды веществ.

Таким требованиям соответствуют упаковка, изготовленная из биополимеров [9, 36, 70, 84, 103]

Процесс производства биополимеров включает полимеризации различного сырья биологического происхождения. Биополимерное сырье возможно получить из:

1. Растений.
2. Животных.
3. Путем синтеза с применением современных промышленных технологий [91].

Различают три типа биополимеров, различающихся по составу, структуре и методологии получения.

1. Полимеры природного происхождения. Используемое сырье может состоять из целлюлозы, крахмала, желатина, хитина или хитозана. Биополимеры этой группы можно подвергать тепловой обработке давлением, не изменяя существенно их свойств [131].

2. Функциональные синтетические и искусственные полимеры. Они характеризуются специфической надмолекулярной организацией (сходной со структурой природных полимеров) или наличием в макромолекуле специальных функциональных групп, которые обуславливают процесс самодеструкции под действием факторов окружающей среды. Эти полимеры получают путем полимеризации или сополимеризации мономеров, содержащих целевые функциональные группы, либо химическим модифицированием синтетических и природных полимеров.

3. Композиционные материалы, содержащие один или несколько функциональных компонентов, закрепленных в полимерной матрице (носителе). Функциональный компонент может быть низко-, высокомолекулярным или олигомерным веществом в твердой, жидкой или газообразной фазе. Множество композиционных материалов этой группы получают с использованием обычных технологий наполненных полимеров [17, 136].

Классификация полимеров в зависимости от класса вещества представлена на рис. 1.2.

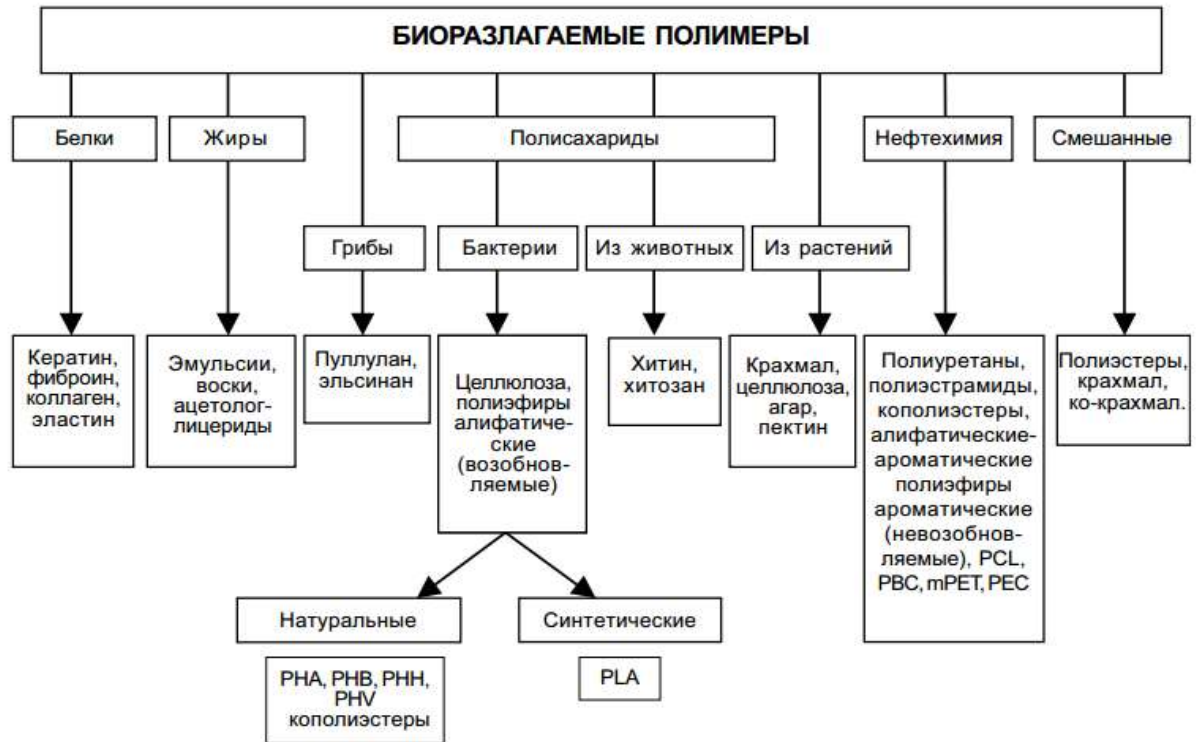


Рис. 1.2. Классификация биополимеров

Полимеры на базе крахмала производятся методом извлечения его из растительного сырья с последующей модификацией [99]. Полимер на основе полимолочной кислоты (PLA) получают ферментацией растительного сырья. Политриметилтерефталат (РТТ) образуется путем биологической ферментации 1,3-пропандиола и синтезом терефталевой кислоты из нефтепродуктов. Полибутилентерефталат – также биологической ферментацией 1,4-бутандиола и синтезом терефталевой кислоты из нефтепродуктов. Янтарнокислый полибутилен (PBS) – биологической ферментацией янтарной кислоты и синтезом терефталевой кислоты из нефтепродуктов [31].

Полигидроксиалконоаты (PHAs) – относится к классу полиуретанов – получают ферментацией или непосредственным получением из генетически модифицированного растительного сырья. К биополимерам также будут относиться нейлоны 6, 66 и 69, принадлежащие к классу полиамидов. Нейлон 6 получают фер-

ментацией капролактама. Нейлон 66 – ферментацией адипиновой кислоты. Нейлон 69 будет относиться к мономеру на основе натурального сырья, получаемого из олеиновой кислоты.

Полимеры на базе целлюлозы получают путем модификации натурального сырья или бактериальной ферментацией.

Биополимеры (биоразлагаемые полимеры) отличаются от остальных полимеров возможностью разложения микроорганизмами, которые оказывают биологическое, физическое и (или) химическое воздействия.

Понятие "биоразлагаемость" включает способность материала разлагаться на следующие компоненты: вода, метан, углекислый газ. Механизм процесса основывается на измеряемом стандартизованными испытаниями в течение определённого времени энзимном действии микроорганизмов. Таким образом, биоэродлируемые, гидробиоразлагаемые и фотобиоразлагаемые полимеры могут неверно называть биоразлагаемыми. Все перечисленные полимеры включены в более широкую категорию «экологически разлагаемые» полимеры [38, 71].

Существует три пути, по которым может вестись разработка биополимеров: с использованием биоразлагаемых полиэфиров на основе гидрокарбиновых кислот; добавление биодобавок при производстве традиционных полимеров на основе нефти; использование пластических композиций, получаемых из природных воспроизводимых компонентов.

Параметр, от которого напрямую зависит биологическое разложение – размер макромолекул полимеров. Чем выше молекулярная масса, тем устойчивее к воздействию организмов. Увеличить скорость разложения можно снизив массу и размер молекул способами высокотемпературного фотоокисления и деградацией механических свойств материала. Ускорения биологического разложения можно добиться, включив в состав заместители связей, способные распадаться при гидролизе. Полимеры на основе нефти характеризуется прочной кристаллической решёткой и большим размером молекул, что делает невозможным биоразложение. Ферменты и вода взаимодействуют с аморфными материалами, проникая в него и вызывая набухание. Полимеры на натуральной природной основе в наибольшей



степени подвержены биоразложению. Если же материал имеет в составе несколько компонентов, то разложение приводит к распаду всей структуры, отрицательная сторона – неизбежное образование синтетического остатка микропластика [56].

Есть три направления в промышленности, в результате которых полимерам на основе нефти придают свойства биоразлагаемости [110]. Первый способ предлагает вводить в структуру полимеров биоразлагаемые частицы, в составе которых есть функциональные группы, фоторазлагающие полимер. Вторым способом включает создание композиций, имеющих в составе традиционный полимер и биоразлагаемые природные добавки, действующие как инициатор распада материала при определённых условиях. Третий способ – синтезирование полимерных масс из биodeградируемых пластических продуктов [102].

Наибольшее распространение в настоящее время получил способ изготовления биопластика, основанный на введении в синтетический полимер веществ растительного происхождения, которые служат питательной средой для микроорганизмов, инициирующих разрушение полимера при определенных условиях среды [96].

Рассмотрим более подробно биоразлагаемые полиэфиры, которые относятся к материалам на основе гидроксикарбиновых кислот. Использование биополимерного материала на основе полилактида является перспективным направлением в упаковочной отрасли. Полилактид получают путем кондексиования молочной кислоты. Используют при этом зерно и картофель в виде сусла. В процессе производства выделяют декстрозу сахара или мальтозы, подвергая её ферментативному брожению. Вторым способом производства синтетический. Полилактид обладает прозрачностью, бесцветностью и термопластичностью; главное достоинство заключается в том, что полилактид отлично обрабатывается всеми промышленными методами для традиционных пластиков. В результате получают плёночный материал и неглубокие термоформовочные изделия [59, 137].

Крахмал, содержащийся в различных частях растений (батат, картофель, кукуруза, пшеница) является натуральным биополимером. Ранее применялся как

добавка для наполнения полимеров на основе нефти. Если химически модифицировать крахмал, его возможно использовать как самостоятельный биополимер. Для этого необходимо произвести замену некоторого объема гидрофильных групп на эфирные и/или сложноэфирные, в результате полученный материал станет более устойчивым к воздействию влаги. Создание дополнительных химических связей позволяет повысить его теплостойкость, стойкость к кислотам и повысить усилие среза [103].

Рассмотрим несколько биополимерных материалов:

Авторы [72] используют деструктурированный крахмал и термопластичный синтетический полимер для формирования композиции. Применять этот материал можно при термоформовании лотков и изделий простой формы. В качестве полимера используют водонерастворимый гомо- или сополимер. Полученный комбинированный материал представляет собой гранулы длиной от 2 до 8 мм, насыпная плотность колеблется от 530 до 630 кг/м<sup>3</sup>, плотность гранул менее 1000 кг/м<sup>3</sup>.

В композицию вводят осветлители, нуклеаторы и процессинговые добавки, которые улучшают техничность производства, оказывают положительное действие на уровень биоразложения. Механизм биоразложения полиолефинов происходит по нижеописанной схеме с помощью указанных добавок [8].

Благодаря добавкам становится возможным протекание окислительного процесса, приводящего к разрыву длинных полимерных цепей и соответствующему уменьшению молекулярного веса полимера. Плёнка приобретает хрупкость и разлагается на мелкие хлопья. Макромолекулы уменьшаются в длине, за счёт чего становится возможным соединение углерода с кислородом – образование CO<sub>2</sub>. Микроорганизмы образуют биопленку, которая распространяется по поверхности основного полимера одновременно с уменьшением его молекулярной массы. Микроорганизмы поглощают в процессе роста углерод и водород, которые образуются в процессе окисления полимера. Таким образом, материал распадается на воду, углекислый газ и биомассу [72].

Авторами [73] предложена добавка, способствующая разложению полимеров на нефтяной основе. В ее составе полисахариды на природной основе и ста-

билизирующее вещество. Для ускорения и регуляции биоразложения введена питательная добавка.

Парафин марки П-2 в виде кристаллов белого цвета либо полиэтиленовой воск ПВО-30 используется как матрица в составе.

Кукурузный крахмал представляет собой вещество на натуральной основе из различных по структуре фракций амилозы и амилопектина, обладающий свойствами углеводного полимера. Вещества, содержащие коллаген, такие как желатин и белкозин, используют как связующий агент. Используются в виде порошков, в составе белок фибриллярный, который берет на себя прочностную функцию и функцию, обеспечивающую эластичность будущего изделия.

Для термостабилизации полимерной композиции предлагается добавлять в состав крахмал модифицированный. Вещество является пищевым, получаемым на основе оксипропелированного дикрахмалфосфата, синтезируемым, в результате осуществляется "сшивка" структуры. Для осуществления разложения пленки из описанной композиции необходимо присутствие питательной среды. Авторы применяют фосфолипиды в виде мазей [73].

Авторами [75] предложена композиционная биоразлагаемая пектиновая пленка, которую можно применять при изготовлении фармацевтических и медицинских изделий, в пищевой, косметической и ветеринарной отраслях. При изготовлении биоразлагаемой пленки смешивали пектин, хитозан, воду, соляную кислоту и глицерин, обладающий пластифицирующими свойствами, и метилцеллюлозы, обладающий структурообразовательным действием.

За счёт присутствия хитозана, плёнка служит источником питания для грибов, т.к. является источником азота, увеличивающим степень биodeградации. Отмечается, что при недостаточном количестве хитозана, срок разложения будет в несколько раз больше, а степень безвредности – меньше. При повышенном содержании хитозана пленка потеряет прозрачность, приобретёт матовость и белый цвет.

Для обеспечения пластичности и гибкости пленок в композицию вносят глицерин. При его недостатке значения относительного удлинения и прочности на

изгиб пленок низкие, на поверхности пленок возникают трещины. Избыточное содержание приводит к понижению технологичности пленок: затруднено отделение от формирующей поверхности, повышается липкость и вязкость раствора. Раствор метилцеллюлозы повышает прочность, избыток повышает хрупкость и ломкость готовых изделий, недостаток приводит к понижению прочности на разрыв.

При помещении готовых изделий в почву или при их компостировании происходит полное разложение, срок которого составляет 8 суток. Причем, чем дольше хранится и используется пленка, тем выше срок разложения (23 суток после 3-хмесячного хранения) [75]. Процесс биоразложения представлен на рис. 1.3.

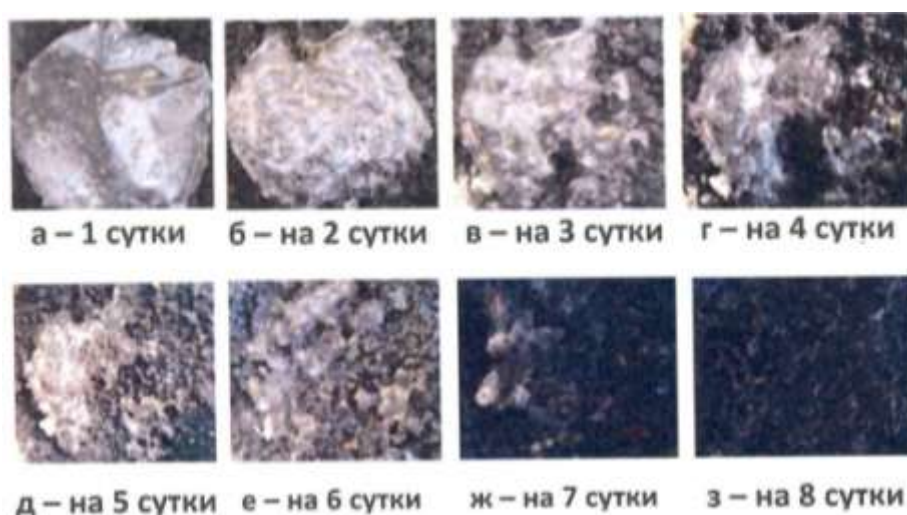


Рис. 1.3. Разложение пленки на основе пектина и хитозана

Авторами [76] предложена биоразлагаемая добавка, добавляемая при производстве полимеров на основе нефти. Состав включает полимер(ы) на основе нефти, целлюлозы, амидов и питательной среды. Полимеры могут быть следующие: полиэтилен, полипропилен, полистирол и др., а также их смесь. Питательная среда включает сине-зеленые водоросли, дрожжи либо их смесь.

Обзор патентов [72–77] показал, что биополимеры производят с применением полисахаридов (крахмал и пектин), которые позволяют пленкам разлагаться под действием света, воды и кислорода. Компоненты, входящие в состав биополимеров, имеют природное растительное происхождение, что подтверждает их

экологичность и безвредность для окружающей среды в отличие от пленок на основе нефтепродуктов.

Рассмотрим различные биополимеры, существующие на сегодняшний день и используемые для производства упаковки пищевых продуктов и др. Разлагающаяся упаковка достаточно востребована в мире по причине перехода к экологичному потреблению и производству во всех сферах, в том числе в пищевой промышленности. Биodeградируемые материалы разрабатываются и производятся в развитых странах (Великобритания, США, Канада, Франция, Германия, Италия), далее используются при производстве упаковки для однократного использования [113].

В Европе существуют различные проекты по производству и внедрению биополимеров в различные области производства. Например, проект UltraFibre, поддерживаемый Седьмой рамочной программой ЕС по развитию научных исследований и технологий. Этот проект позволяет производителям перерабатывать их продукцию в плотные высококачественные волокна [113, 133].

Основными производителями полилактидов, полимеров на основе молочной кислоты являются следующие компании:

1. Lamagrain (Франция), марка материала Biolice.
2. NatureWorks LLC (США), марка материала Ingeo.
3. Thyssen Krupp (Германия).

Наиболее крупным производителем пленочных материалов для упаковки на основе целлюлозы является компания Innovia (США), марка материала имеет название «Nature Flex» [85].

Основными производителями изделий из растительного крахмала являются следующие компании:

1. Novamont (Италия), марка материала MATER-BI.
2. SPHERE (Франция).
3. Plantic (Австралия), марка материала Eco-Plastic.
4. SASF (США), марка материала Ecoflex, Ecovio.

Биополимер под торговой маркой «Solanyl» производится в Голландии предприятием «Rodenburg Polymers». Продукция включает матрицу на основе крахмала, который получают, используя отходы картофеля и кукурузы. Получаемые пленки съедобны; обладают способностью снижать испарение влаги с поверхности продукта, контролируя потерю массы; останавливают порчу продуктов за счет создания барьера к кислороду. Срок разложения в компосте менее 12 недель [96, 123].

В США (предприятие «Warner-Lambert») разработана технология производства материала, в состав которого входит крахмал и модифицированные полисахариды, в качестве пластификатора используется вода. Технология включает возможность применения экструзии с раздувом, налива, литья под давлением, термоформования. Физические параметры близки к параметрам изделий из полистирола и полиэтилена. Аэробный и анаэробный распад происходит во влажном состоянии. Область применения: одноразовая посуда, лотки для яиц, косметики и фармацевтических продуктов, пленочные материалы для обертки текстиля и одежды. Также композиция подвергается вспениванию, тем самым формируют капсулы (от 2 до 10 см), используемые как наполнитель, обладающий амортизационными свойствами [96].

В Германии производят биodeградируемые материалы Biopac и Bioflex. Технология производства заключается в первичной пластификации крахмала со спиртами, жирами и восками. Также в качестве пластификаторов могут применяться сахара и алифатические полиэфиры. Из материалов производят пленки, разлагаемые в компосте при повышении температуры 30 °C в течение не более 60 суток. В полученном безопасном компосте можно выращивать растения [96].

Во Франции в отрасли радио- и бытовой электроники нашли применение биоразлагаемому материалу Bioseta, из которого производят упаковку для приборов. Материал изготавливают из ацетата целлюлозы с добавлением пластификаторов. Полученная упаковка обладает высокими механическими свойствами, но есть и отрицательное свойство – низкая скорость разложения.

Компания «ЕЛО» с 2000 г. поставляет экологически совместимый упаковочный материал EcoLean. Использованный минимальный объем сырья делает упаковку легкой, снижая воздействие на окружающую среду и обеспечивая удобство для потребителей. Calymer™ на 40% по весу состоит из карбоната кальция, а также из пластика, как связующего элемента (ПЭ и ПП). Карбонат кальция придает материалу прочность, а связующие элементы – гибкость и упругость [95]. Материал применяется для упаковки молока и молочных продуктов.

Компания Convex Plastics (Италия) разработала материал «New Greensack», в основе производства лежит кукурузный крахмал. «New Greensack» не является токсичным даже при сжигании, полностью подвержен разложению. Его применение – пищевая упаковка и пакеты. Материал имеет несколько вариаций, благодаря этому его можно применять в ламинировании бумаги и картона, спаивать и сваривать, наносить на него флексопечать.

Немецкая компания BASF AG разработала биоразлагаемый полимер «Ecoflex», используемый в пищевой и сельскохозяйственной промышленности. В составе материала полистирол, крахмал и целлюлоза. Полимер разлагается более чем на половину через 50 дней, через 80 дней разложение составляет 90%.

Компания Mitsubishi PMKstics (Япония) производит высокоэффективные биоразлагаемые пленочные и листовые материалы, используемые при производстве прозрачных, блестящих упаковочных сумок.

Компания Ecoloju разработала материал на основе полимолочной кислоты (ПМК) с технологическими свойствами, сопоставимыми со свойствами полимерных пленок и листов. Материал на основе ПМК разлагается при компостировании в почве при присутствии воды и питательных веществ через 2 недели. При этом температура при компостировании должна быть порядка 60 °C [55].

Материал из кукурузного крахмала носит название «ПМКntic», он легко растворяется в воде, сфера применения – изготовление лотков коробок для шоколадных конфет «Cadbury Milk». Технология производства материала «ПМКntic» включает процесс термоформования, свойства напоминают традиционные полимеры: тактильные ощущения напоминают пластик, материал можно окрашивать,

формовать, подвергать резке. Наряду с этим разработанный материал быстро растворяется в воде.

Биодеградируемый материал «Mirel» был разработан в США на основе таких растений, как тростник и просо, которые в избытке встречаются на территории штатов, и с экономической точки зрения указывает на то, что материал достаточно перспективен в будущем. Композицию для производства изделий можно термоформовать, экструзировать стандартным методом и с раздувом, выливать предметы под давлением, производить пленочные материалы с применением метода «полива».

Один из лидеров по производству полимолочной кислоты (PLA) (предприятие Cargill Dow (США)) выпускает на ее основе биополимер со следующими свойствами: высокая прочность, прозрачность, глянец, влагонепроницаемость, защита от запахов. PLA получают из растительных сахаров, которые выделяют из зерновых культур и сахарной свеклы, что делает ее возобновляемым ресурсом.

Компания LogoTare GmbH создала биоматериал Bio-Flex 219 F, разлагающийся при компостировании, уменьшение 50% массы пленки происходит за 4 недели. Композиция содержит в составе два основных компонента: полиэфиры и PLA. Пленочные материалы из композиции по прочностным характеристикам, гибкости и износостойкости сравнимы с пленками на нефтяной основе [96].

Европейское объединение «Huhtamäki» – группа коммерческих предприятий, позиционирующее себя как экоккомпания, занимающееся производством широкой линейки одноразовой посуды и упаковки на основе вторичного целлюлозного волокна и различных биодеградируемых материалов (PLA). Но для производства половины ассортимента компании используется полистерол и полипропилен [55].

На сегодняшний день при производстве полимерной продукции одноразового назначения на основе нефти применяется большое количество продеградантовых концентрированных добавок: на основе PLA, модифицированного крахмала, целлюлозных и хитозановых композиций. Наиболее экономически выгодные добавки – с оксибиоразрушающим действием – ионы металлов в виде карбокси-



латов. Данные вещества ускоряют процессы разложения вследствие воздействия света, в том числе ультрафиолета, тепла и микроорганизмов на полимерную матрицу. Их добавляют в количестве от 1 до 3 % от общей массы полимера [96].

В Японии компанией «P-Life» разработана добавка-катализатор со сходным механизмом разложения, не использующая ионы металла, а действующая за счет наличия в составе жирных кислот. Катализатор добавляется в меньшем количестве, порядка 0,5 % от основной массы, на этапе экструдирования полимерной композиции из гранулированной смеси [96].

Перечислим основные, часто применяемые добавки-катализаторы на основе ионов металла:

1. «Renatura» – основной компонент железо.
2. «Reverte» – кроме ионов металлов содержит усилитель разложения второго типа, способный регулировать скорость процесса и соответственно срок распада [94].
3. «d2w» (Англия) – основной компонент соли металлов, может включать анти- и прооксиданты, несущие функцию управления скоростью распада. Эта добавка способствует полному разложению пластика на углекислый газ, воду и биомассу. Время процесса разложения может варьироваться от 60 дней до 5 лет [96].

Большое распространение получила добавка d2w, представляющая собой соли металла и включающаяся в состав исходного сырья на стадии производства (рис. 1.4).

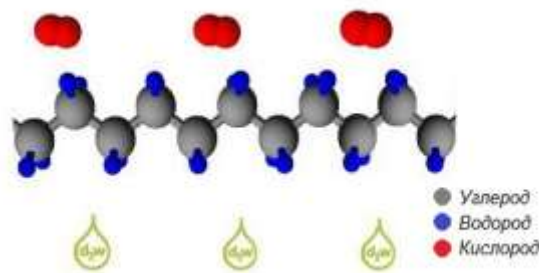


Рис. 1.4. Структура полимера с включенной добавкой d2w

После заданного периода стабильности, обеспечиваемого антиоксидантами, входящими в состав d2w, добавка вызывает распад углерод-углеродных связей в молекулярной цепи, что приводит к расщеплению цепи и её разрыву [46].

Сокращение размеров молекул позволяет кислороду связываться с углеродом с образованием  $\text{CO}_2$ . Пластмассовые изделия становятся хрупкими и разрушаются на мелкие хлопья. Процесс окисления может идти быстрее в присутствии света, тепла и механических воздействий (рис. 1.5). К концу этапа материал фактически становится смачиваемым водой и теперь микроорганизмы могут получить доступ углероду и водороду. На данный момент это уже не пластик, а материал, способный к биоразложению (рис. 1.5).

В итоге биоразложения получаем  $\text{CO}_2$ , воду и гумус.

Компания Plast-Vox (Польша), компания «ЕвроБалт» (Санкт-Петербург) и др. также используют добавку d2w для производства пакетов и мешков [55, 113].

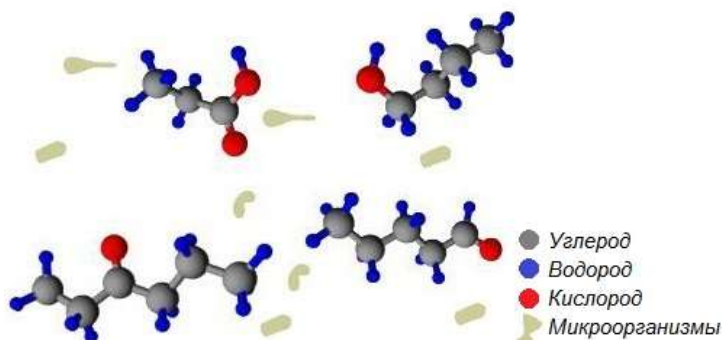


Рис. 1.5. Процесс окисления полимера с включенной добавкой d2w

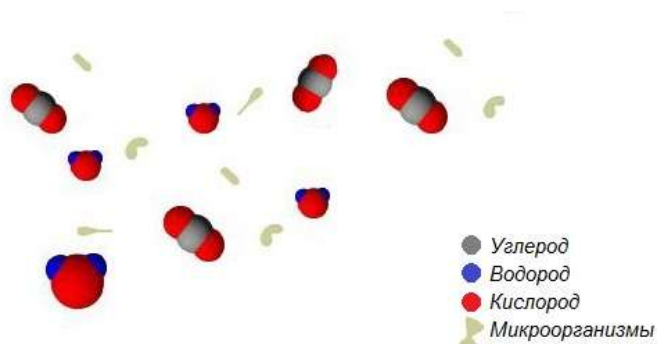


Рис. 1.6. Окончательный этап разложения полимера с включенной добавкой d2w

В РФ учреждено Научно-производственное объединение по крахмалосодержащим продуктам, занимающееся сотрудничеством с Проблемной лабораторией полимеров МГУ11К. Совместные проекты направлены на разработку биоразлагаемых материалов, для этого исследуются свойства крахмалов, различных белковых соединений, лигнинов и т.д. [113].

Одна из последних разработок позволяет синтезировать полимеры на основе нефти с компонентами, выделенными из топинамбура и кукурузы, источник произрастания которых – территория Дальнего Востока России. Также в технологии в качестве целлюлозосодержащего компонента задействовано сырье, получаемое из китайского мискантуса [98].

В России существует технологическая линия, способная производить биоразлагаемую упаковку из биосырья (картофель, кукуруза и др. биоматериалов с высоким содержанием крахмала). Она установлена в начале 2008 года в Нижегородской области на производственной площадке группы компаний «Биакспен» [113].

Упаковочные материалы на растительной основе имеют некоторые ограничения при использовании – они обладают низкими температурами стеклования, поэтому их лучше использовать для упаковки под продукты питания, хранящиеся в холодильнике. Использование такой упаковки могут позволить себе крупные транснациональные корпорации, в частности из-за высокой цены таких материалов. Наиболее заметные проекты: стаканчик из полилактида для йогурта (DANONE), бутылка из растительного аналога полиэтилентерефталата собственного производства (Coca-Cola, PepsiCo), бутылка из полилактида для минеральной воды (Biota).

Таким образом, можно сделать вывод, что производство биополимеров развито в первую очередь в Европе, эти материалы широко используются для производства хозяйственных товаров, пакетов, мешков и одноразовой посуды. В пищевой промышленности биопластики используются крупными компаниями как рекламный ход, говорящий о том, что производитель заботится об окружающей среде.

#### 1.4. Выводы по литературному обзору, цели и задачи исследования

Анализ и обобщения отечественной и зарубежных научных публикаций позволяет сделать следующие выводы:

1. Мясные полуфабрикаты относятся к скоропортящимся продуктам. Для увеличения продолжительности их хранения требуется специальная обработка. Низкотемпературные технологии консервирования позволяют обеспечить максимальную продолжительность хранения скоропортящихся продуктов. Низкие температуры останавливают рост микроорганизмов, замедляют окислительные процессы.

2. Мясные продукты необходимо употреблять с овощами для лучшего усвоения и соблюдения сбалансированности в питании. Зразы – это фаршированные говяжьи котлеты, которые полезны благодаря грамотному сочетанию белков, углеводов и жиров. Такие продукты привлекают потребителя по следующим причинам: их легко приготовить, в них сохранено большинство питательных веществ.

3. В процессе хранения мясных полуфабрикатов происходят усушка продукта, потеря влаги, окисление липидов и, как следствие, ухудшение органолептических характеристик готового блюда. Предотвратить вышесказанное возможно с помощью упаковки в герметичную тару, что обеспечит стабильность качества замороженных продуктов в течение всего срока хранения, а также даст значительные преимущества в технологических операциях, связанных со складированием, транспортировкой и реализацией мясных полуфабрикатов.

4. На сегодняшний день огромное количество полимерной упаковки накоплено в биосфере, что является трудноразрешимой экологической проблемой. Процесс декомпозиции полимеров в природных условиях занимает от 500 до 1000 лет. Это не соответствует устойчивому развитию общества, все больше в мире прослеживается тенденция использования возобновляемых ресурсов при производстве полимеров, растет интерес к созданию и использованию экологически чистого сырья.

5. Альтернативный упаковочный материал, обладающий аналогичными с полимерами потребительскими свойствами, способный разлагаться в короткие сроки без нанесения вреда окружающей среде, – биополимеры. В качестве сырья для биополимеров используют крахмалы, белковые фосфатидные концентраты, пектины, полилактоиды. Они обладают низкой температурой стеклования, что может позволить использовать их для продуктов питания, хранящихся при низких температурах. До настоящего времени отсутствие соответствующей технологии не давало возможности внедрения биополимеров в производство замороженных полуфабрикатов.

Целью работы является совершенствование технологии замораживания и низкотемпературного хранения МРП с использованием биоразлагаемых материалов.

В рамках поставленной цели сформированы следующие задачи:

- исследовать возможность применения биополимерных пленок для упаковки, замораживания и длительного низкотемпературного хранения МРП;
- провести сравнительный анализ влияния способов замораживания МРП в биополимерной пленке на качественные характеристики готового полуфабриката;
- определить теплофизические характеристики МРП до и после замораживания, выявить закономерности их изменения необходимые для разработки технологии низкотемпературной обработки и хранения;
- изучить влияние технологических параметров низкотемпературной обработки на продолжительность замораживания МРП, представить описание в виде аналитических зависимостей;
- обосновать режимы замораживания и хранения упакованных в биополимерную пленку МРП, позволяющие минимизировать энергетические затраты при низкотемпературной обработке и подобрать соответствующее аппаратное оформление;
- разработать техническую документацию для производства МРП и провести промышленные испытания низкотемпературного консервирования, осуществляемого комбинированным способом.

## ГЛАВА 2. ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1. Организация выполнения работы

Все теоретические и экспериментальные исследования проводились в соответствии с поставленными задачами в Федеральном Государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кемеровский государственный университет».

Диссертационные исследования состояли из нескольких взаимосвязанных этапов. Общая структура работы представлена на рис. 2.1.

Первый этап – это литературный обзор существующих технологий замораживания мясных полуфабрикатов и изменения их свойств в процессе хранения. Анализировали востребованность мясных продуктов на потребительском рынке, роль упаковки при хранении мясных полуфабрикатов, экологичность используемых упаковочных материалов.

На втором этапе охарактеризовали мясные рубленые полуфабрикаты – фаршированные зразы, определили долю замерзшей воды и теплофизические характеристики компонентов мясного полуфабриката: плотность, энтальпию, теплоемкость, теплопроводность и температуропроводность. Исследовали изменение теплофизических характеристик при замораживании зраз. Проводили сравнение расчетных и экспериментальных данных теплофизических характеристик мясных полуфабрикатов.

Изучили влияние низкотемпературного воздействия на физические свойства биополимерной упаковки: прочность на разрыв и растяжение, относительное удлинение. Провели сравнительный анализ свойств биоразлагаемой и биаксиально ориентированной полипропиленовой пленок после низкотемпературного воздействия. Расчетным путем определяли изменение свойств упаковочного материала в результате хранения в холодильной камере при различных низких температурах.



Рис. 2.1. Структура проведения исследований

На следующем этапе исследовали замораживания мясных полуфабрикатов в биоразлагаемой упаковке при различных температурных режимах: минус 30 °С и минус 40 °С в холодильной камере. Замеряли изменение температуры на поверхности продукта и в его центре в процессе низкотемпературной обработки. Рассматривали три метода замораживания: конвективный, при котором МРП находится в потоке восходящего воздуха; контактный при расположении продукта на плите; комбинированный, сочетающий первоначальное воздушное подмораживание и финишное контактное домораживание. Для этих трех способов определяли продолжительность замораживания. Расчетным методом определяли скорость замораживания для каждого из способов. Проводили тепловой расчет комбинированного способа замораживания. Экспериментальным путем определяли наиболее оптимальный способ замораживания путем анализа следующих параметров: продолжительности и скорости процесса замораживания, качественных характеристик готового полуфабриката. Составили математическую модель расчета продолжительности замораживания комбинированным способом в зависимости от скорости воздуха, температуры в камере и толщины замораживаемого продукта.

Подбирали режимы хранения замороженных мясных полуфабрикатов в биоразлагаемой упаковке. Проводили сравнительный анализ органолептических показателей и физико-химических характеристик МРП, замороженных при различных температурных режимах. Определяли оптимальные параметры движения воздуха в скороморозильном аппарате при замораживании мясных полуфабрикатов комбинированным способом. Провели оценку энергетической эффективности производства искусственного холода в одноступенчатых и двухступенчатых холодильных машинах.

Четвертый этап посвящен реализации практической составляющей результатов исследований. Проанализировали степень влияния на технологический процесс выработки различных режимов замораживания МРП. Разрабатывалась технологическая схема замораживания и низкотемпературного хранения мясных рубленых полуфабрикатов в биополимерной упаковке. Устанавливали сроки и ус-



ловия хранения. Рассчитывали себестоимость производства замороженных мясных рубленых полуфабрикатов в биополимерной упаковке.

## 2.2. Методы и объекты исследований

Объектом исследования на различных этапах работы являлись мясные рубленые полуфабрикаты – фаршированные зразы, выработанные на ООО «Здоровое питание» г. Кемерово (ТУ 10.13.14-265-02068309-2019).

В составе мясных рубленых полуфабрикатов 60% занимает говяжий фарш, состоящий из говяжьего мяса 1 сорта, лука и специй. В качестве компонентов для овощной начинки использовали сырье, произрастающее в Сибири, а именно следующие плоды и овощи: морковь, лук репчатый, корень петрушки, корень сельдерея, чеснок, укроп.

Исследуемое мясное и овощное сырье было приобретено в ИП «Волков», ОАО «Суховский», ООО «Сельскохозяйственный производственный кооператив Зеленковский» в Кемерово в 2016 – 2019 годах.

В качестве упаковочного материала для МРП применяли биополимерную пленку «CornBag», изготовленный путем полимеризации ориго – крахмала, выделяемого из кукурузы и батата. Для биодegradации таких пакетов необходимо поместить их в условия компостирования, контролируя влажность и температуру, срок распада составляет около 3 месяцев. Он на 68% углероднейтрален, при сжигании, это снижает количество парниковых газов в разы. Статус биоматериала подтвержден документами и сертификатами: Сертификат ИСО 14855-1:2005 (Определение аэробной биоразлагаемости); Сертификат ИСО 14001-2004 (Системы экологического менеджмента); Сертификат ИСО 9001-2000 (Система менеджмента качества); FDA, утвержденная компанией группы SGS; Стандарт BRC – Британский консорциум предприятий розничной торговли. Глобальный стандарт для упаковки материалов; «Зеленая этикетка», полученная на Сингапурском Совете по охране окружающей среды [95]. Подтверждена безопасность ма-

териала для упаковки пищевых продуктов, отсутствие попадания вредных веществ при повышении температуры.

Также для упаковки применялась термоусадочная биаксиально ориентированная полипропиленовая пленка (БОПП).

При проведении исследований использовались как общепринятые стандартные, так и оригинальные методики.

Оценку органолептических характеристик МРП для свежих и замороженных образцов проводили на основании разработанной методикой (ГОСТ 32951-2014) с помощью 5-балльной системы. Потери при кулинарной обработке полуфабрикатов определяли согласно ГОСТ 31988-2012. Содержание витаминов С, В6, каротина до и после замораживания мясных полуфабрикатов определялось согласно ГОСТ 24556-89, ГОСТ 13496.17-95, Р.4.1.1672-03. Содержание витамина Е определяли по ГОСТ 32307-2013 с помощью высокоэффективного жидкостного хроматографа.

Согласно техническому регламенту ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» проводили микробиологические исследования количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) согласно ГОСТ 10444.15-94 и количества бактерий группы кишечных палочек (БГКП) согласно ГОСТ Р 52816-2007.

Прибор Чижовой использовали в ускоренном методе, определяя содержание сухих веществ и влажности в фарше и для начинки для МРП. Навески образцов продукта высушивали, опираясь на ГОСТ 33319-2015 и ГОСТ 28561-90. Согласно ГОСТ 25011-81 определяли содержание белка в фарше мясных рубленых полуфабрикатов, содержание жира – согласно ГОСТ 23042-86, определение кислотного числа проводили по ГОСТ Р 55480-2013. Перекисное число для мясных полуфабрикатов находили согласно ГОСТ Р 54346-2011.

Перманганатный метод и ГОСТ 8756.13-87 использовали для количественного определения сахаров в начинке на основе овощей в МРП, а именно – моносахаров и сахарозы.

Теплофизические характеристики мясных полуфабрикатов определяли первым буферным методом двух температурно-временных интервалов [51].

Измерение температуры мясных полуфабрикатов осуществляли с помощью хромель-копелевых термопреобразователей (термопар), аналогового измерительного модуля ввода МВА8, аналогового цифрового преобразователя АС-4 и персональный компьютер. Полученные значения измеряемых температур обрабатывались с помощью ПК при использовании формата .log и таблиц Microsoft Excel [61, 87].

Для выявления математических закономерностей при анализе результатов исследований применялось собственное программное обеспечение в измерительном приборе для получения величин теплофизических характеристик, а также готовые математические программы Excel и Конфигуратор МВА8.

Математические регрессионные модели для прогнозирования продолжительности замораживания мясных рубленых полуфабрикатов комбинированным способом получены при помощи программы Statistica в результате обработки экспериментальных данных продолжительности замораживания.

### **2.3. Лабораторный стенд для экспериментальных исследований**

Лабораторный стенд, который использовался для моделирования различных методов замораживания мясных рубленых полуфабрикатов, представляет собой скороморозильный лабораторный ларь; две туннельные конструкции с сетчатым столом и сплошным металлическим столом-плитой; приборы и средства измерения температуры (рис. 2.2).

Для моделирования метода конвективного замораживания разработали туннельную конструкцию с сетчатым металлическим столом, внизу него разместили вентилятор для создания восходящего потока воздуха, обдувающего продукт. Размер стороны ячейки, из которых состоит сетчатый стол, 15 мм.

Туннельная конструкция со сплошным столом-плитой применяли для контактного метода замораживания, стол-плиту предварительно охлаждали. С торца

туннельной конструкции расположили вентилятор для обдува продукта и стол-плиты. Используемые вентиляторы необходимы для создания переменного по скорости потока холодного воздуха, скорость движения колеблется от 1 до 3 м/с. Термопары, сообщаемые с приборами и средствами измерения температуры, устанавливали на поверхность продукта и в их центральную часть.

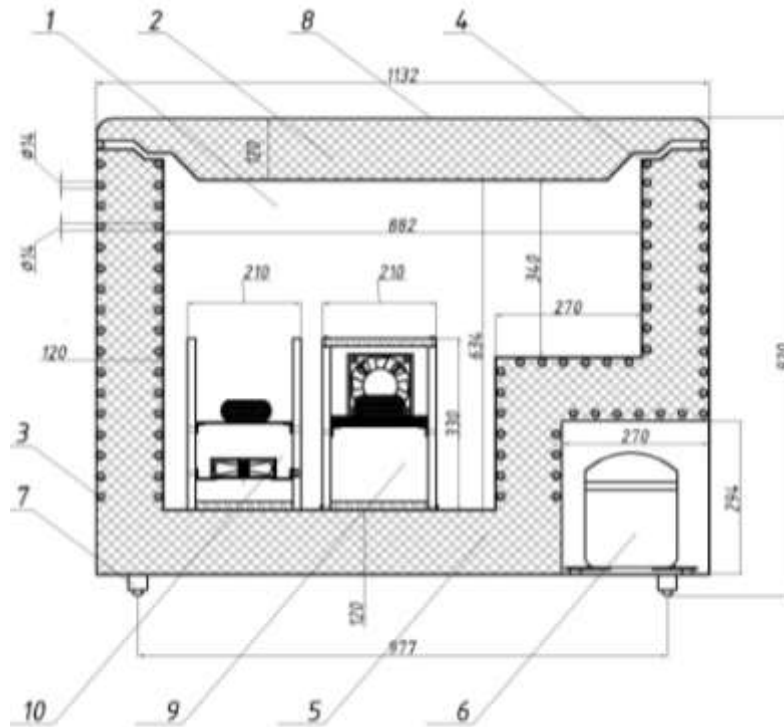


Рис. 2.2. Лабораторный стенд: 1 – камера скороморозильного ларя; 2 – крышка скороморозильного ларя; 3 – конденсатор; 4 – испаритель; 5 – изоляционный слой; 6 – компрессор; 7 – колесная опора; 8 – корпус; 9 – туннельная конструкция со столом-плитой; 10 – туннельная конструкция с сетчатым столом

Лабораторный скороморозильный ларь Liebherr LGT 2325 Mediline (рис. 2.3) используется лабораториями и институтами в исследовательских целях для низкотемпературной обработки и хранения при отрицательных температурах различных веществ.

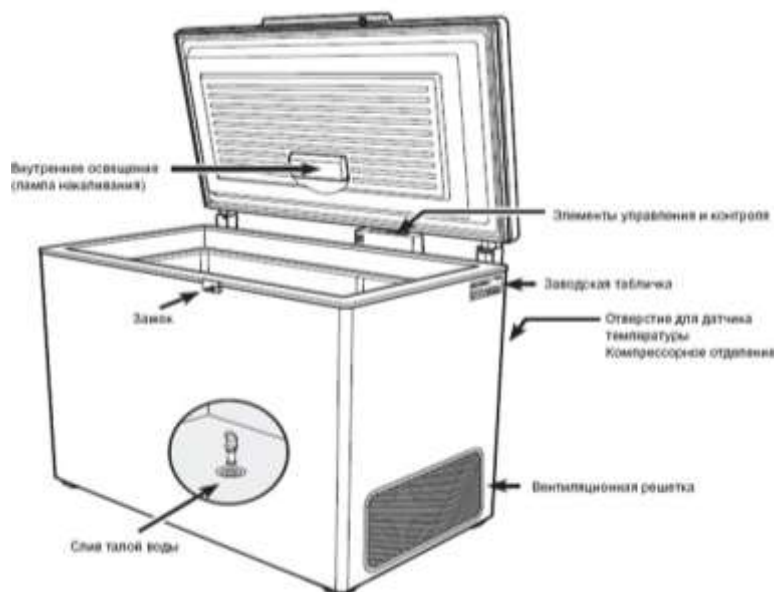


Рис. 2.3. Общий вид морозильного ларя

У компактного морозильника статичная система охлаждения, поддерживается равномерная и заданная температура с точностью до  $0,1^{\circ}\text{C}$ , есть наружный дисплей, на который выводится внутренняя температура и другие показатели работы ларя.

Туннельная конструкция с охлаждаемой стальной плитой-столом (рис. 2.4) состоит из верхней и нижней панелей и двух торцевых стенок. С открытого торца туннельной конструкции установлен вентилятор.

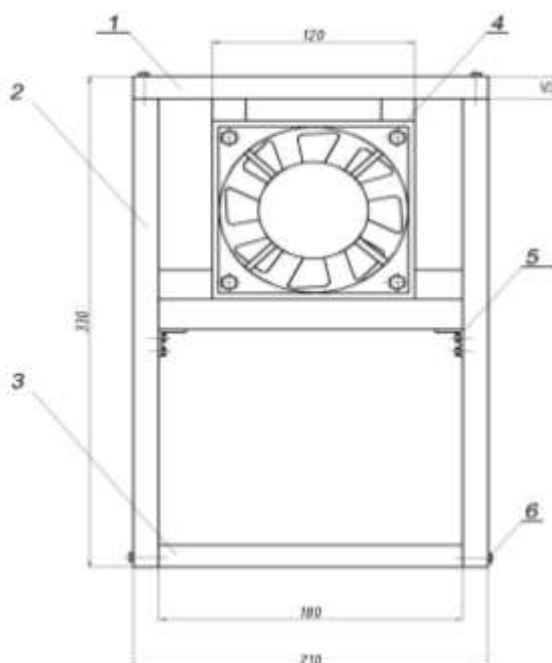


Рис. 2.4. Туннельная конструкция со столом-плитой: 1, 3 – верхняя и нижняя панели; 2 – торцевая стенка; 4 – вентилятор; 5 – уголок; 6 – винты

Туннельная конструкция с сетчатым столом (рис 2.5) состоит из нижней панели и двух торцевых стенок. Снизу сетчатого стола установлен вентилятор, создающий вертикальный поток воздуха.

Работа измерительного комплекса основана на применении термопар, изготовленных и индивидуально отградуированных в лабораторных условиях. При градуировке спай термопары помещали в сосуд Дьюара с тающим льдом, температура в котором составляет около  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  с достаточно высокой точностью [66]. Полученные данные сведены в таблицу 2.1.

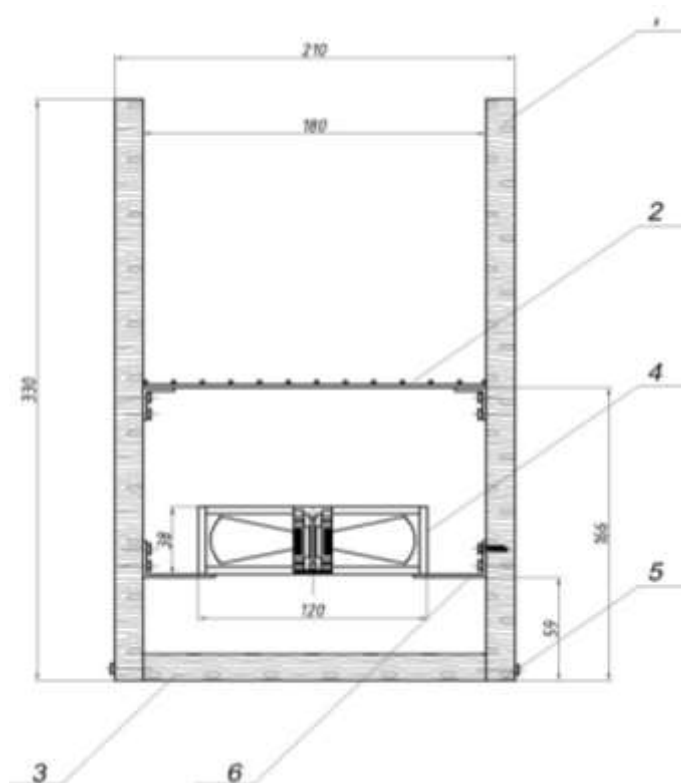


Рис. 2.5. Туннельная конструкция с сетчатым столом: 1 – торцевая стенка; 2 – металлическая решетка; 3 – нижняя панель; 4 – вентилятор; 5 – винты; 6 – уголки

Упаковывание мясных полуфабрикатов производили с помощью вакуумной упаковочной бескамерной машины GL-VS-169S. Открытый край пакета с помещенным в него продуктом помещается в открытую крышку бескамерной машины, при ее закрытии включается встроенный насос, выкачивающий воздух из пакета, далее происходит сварка открытого края.

Градуировка измерительного комплекса

Номер и обозначение термопары	Поправочный коэффициент, °С	Точность измерения
ХК ТП №1	0,2 °С	± 0,05 °С
ХК ТП №2	0,5 °С	
ХК ТП №3	0,3 °С	
ХК ТП №4	0,4 °С	

Для моделирования процесса быстрого замораживания мясных полуфабрикатов в вакуумированном биоразлагаемом пакете в экспериментальных исследованиях использовали термоусадочные полипропиленовые пакеты для удобства установки термопар в центр продукта и на его поверхность. Вакуумная упаковка не позволяет установить термопары по месту вследствие нарушения целостности пакета и его развакуумирования. Используемые полипропиленовые пакеты подобно вакуумной упаковке плотно облегают продукт, имеют физические свойства, аналогичные свойствам биоразлагаемого материала (толщина, термосопротивление). Термоусаживание полипропиленовых пакетов производили с помощью термоусадочной камеры ТЕРМОПАК 500.

Исследуемый мясной полуфабрикат, упакованный в термоусадочный пакет, при конвективном способе замораживания укладывают на металлическую решетку туннеля 10 (рисунок 2.2). При контактном замораживании упакованная зрза помещалась на металлическую плиту туннеля 9 (рисунок 2.2), при контактном способе замораживания между двух металлических плит сверху пакета устанавливают дополнительную плиту. Холодильный ларь герметично закрывают, включают вентилятор, установленный на соответствующем туннеле. По достижении заданной температуры в центре продукта вентилятор отключают. В лабораторной установке использовались вентиляторы мощностью 17 Вт, которые способны создавать поток воздуха, движущийся со скоростью от 1 до 3 м/с.

Технологические температурные режимы замораживания задаются на контроллере Comfort морозильного ларя, выставленная температура внутри камеры отражается на наружном дисплее. От измерительных приборов поступают сигналы аналогового типа, которые имеют зависимость с измеряемыми величинами. С помощью модулей MBA8 и AC4 сигналы преобразуются из аналоговой формы в цифровую, регистрируются и обрабатываются в ПК.

Тесты для определения физических свойств пленок проводились на разрывной машине марки XLW(M), производитель ООО «Labthink Instruments Co.», изображенной на рис. 2.6.



Рис. 2.6. Автоматическая разрывная машина XLW(M)

Точность измерений составляет 1% от показания силы, что эффективно обеспечивает точность испытаний. У разрывной машины имеется 7 режимов работы. Использовались следующие тесты: испытание прочности на растяжение и относительное удлинение при разрыве. Прибор управляется с помощью микроконтроллера. Профессиональное персональное обеспечение поддерживает статистический анализ группы образцов, суперпозицию тестовых кривых и функции сравнения данных с историей, а также функции установки параметров, печати,



очистки и калибровки и т.д. Технические характеристики представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2.

Технические характеристики автоматической разрывной машины XLW(M)

Параметр	Значение
Силоизмерительный датчик, Н	300 Н
Скорость растяжения, мм/мин	от 50 до 500
Давление газа, МПа	около 0,6
Ход траверса, мм	600
Внешние размеры, мм	380×560×1040

Из биополимерной пленки вырубали образцы для установки в разрывную машину, придерживались следующих размеров: длина 200 мм, ширина 20 мм. Толщина пленки 0,002 мм. Зажимы машины расположили на расстоянии 110 мм друг от друга, скорость движения верхнего зажима была задана 500 мм/мин.

Предварительно заготовленный образец устанавливают между двумя захватами, которые движутся в соответствующем направлении во время теста. Изменения сигналов силы и изменения положения отдельно записываются с помощью динамометра, закрепленного на подвижном захвате, и встроенного датчика перемещения. Прочность на растяжение, прочность на разрыв и скорости деформации получают с помощью дальнейших расчетов с помощью персонального обеспечения.

### **ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАМОРАЖИВАНИЯ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ХРАНЕНИЯ МЯСНЫХ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ**

#### **3.1. Характеристика мясных рубленых полуфабрикатов для замораживания и низкотемпературного хранения**

В качестве мясных полуфабрикатов, подвергаемых низкотемпературному консервированию, использовались фаршированные зразы из говяжьего фарша. Зразы – это рубленый фаршированный полуфабрикат, массовая доля мышечной ткани согласно ТУ и ТИ 10.13.14-265-02068309-2019 – 65%, что говорит о категории Б мясного полуфабриката. В качестве овощной начинки использовали полуфабрикат «Зимний гарнир», в составе которого присутствуют овощи, произрастающие на юге Западной Сибири (ТУ 9739-226-020683315-2017).

Органолептические показатели замороженных мясных полуфабрикатов соответствуют следующим требованиям:

1. Зразы представляют собой равномерно перемешанный однородно измельченный фарш говяжий, нафаршированный начинкой из овощей. Не допускается содержание в фарше костей, сухожилий, хрящей, кровяных сгустков и пленок, грубой соединительной ткани.

2. На срезе изделия видно начинку, состоящую из овощной смеси, окруженную оболочкой из фарша.

3. Запах, вкус и цвет свойственны зразам на основе используемых компонентов по рецептуре, без постороннего привкуса и запаха. После тепловой обработки оценивают вкус полуфабриката.

Состав полуфабрикатов мясных замороженных приведен в таблице 3.1.

## Рецептура мясных комбинированных полуфабрикатов (зраз)

Компоненты	Расчетная норма закладки, кг на т
Фарш «Говяжий»	
Говядина	762
Лук репчатый	59
Маргарин столовый	42
Мука пшеничная	5,6
Соль	7
Перец	0,35
Начинка овощная	
Морковь	138
Корень сельдерея	90
Лук репчатый	54
Корень петрушки	15
Укроп	2
Чеснок	1

Исследованиям подвергался основной компонент мясных рубленых полуфабрикатов фарш «Говяжий», имеющий категорию А. Определяли его кислотное число, процентное содержание в нем белка и жира. Результаты представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

## Результаты исследования фарша «Говяжий»

Массовая доля жира, %	13,9
Массовая доля белка, %	17,8
Кислотное число, мг КОН/г жира	1,3

Проведенные исследования показали, что используемое сырье (фарш «Говяжий») соответствует следующим органолептическим и физико-химическим показателям:

1. Внешний вид: однородная мясная масса без костей, сухожилий, хрящей, кровяных сгустков, пленок, грубой соединительной ткани;
2. Запах соответствующий, свойственный доброкачественному продукту;
3. Цвет от светло-розового до темно-красного
4. Массовая доля жира не более 15%;
5. Массовая доля белка не менее 16%.

Для зраз устанавливались физико-химические показатели, которые сравнивались с нормативными показателями быстрозамороженных мясных полуфабрикатов категории Б. Зразы соответствуют следующим требованиям:

1. Массовая доля жира не более 35%;
2. Массовая доля белка не менее 12%;
3. Массовая доля хлористого натрия не более 0,2%;
4. Массовая доля крахмала не более 4%;
5. Массовая доля общего фосфора не более 0,5%;
6. Массовая доля начинки составляет 35%;
7. Масса одной зразы составляет  $75 \pm 5$  г.;
8. Температура продукта не выше минус 18 °С;
9. Бактерии группы кишечных палочек (колиформы) не допускаются в массе продукта  $0,0001$  г/см<sup>3</sup>;
10. Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) не более  $2 \cdot 10^6$  КОЕ/г.

Пищевая и энергетическая ценность приведена в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Пищевая и энергетическая ценность, г (в 100 г продукта)

Мясной полуфабрикат	Белки	Углеводы	Жиры	Калорийность
Фаршированные зразы	12,3	2,21	14,06	185

Рассматриваемые замороженные мясные полуфабрикаты применяют для приготовления сбалансированного обеда без предварительного размораживания.

Способы приготовления различны: жарка, варка на пару, приготовления в вакуумированной упаковке на водяной бане (техника «су-вид») [15, 24].

### 3.2. Определение теплофизических характеристик мясных рубленых полуфабрикатов

Для выполнения тепловых расчетов процессов, происходящих в холодильной технологии пищевых продуктов, необходимо знать теплофизические характеристики (ТФХ) замораживаемых продуктов [118, 128].

Наиболее важными ТФХ являются удельная энтальпия  $h$ , удельная теплоемкость  $c$ , коэффициент теплопроводности  $\lambda$  и коэффициент температуропроводности  $a$ . Процессы льдообразования жиров в пищевых продуктах характеризуются теплоемкостью  $c$  и температуропроводностью  $a$  при учете теплоты фазового превращения, как одной из составляющих компонентов [50]. Зная соотношение, учитывающее связь ТФХ продуктов и их плотности, можно утверждать, что  $\rho$  продуктов должна быть также известна:

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad (3.1)$$

При определении ТФХ необходимо принимать во внимание теплоту дыхания продуктов, особенно их растительных компонентов. ТФХ имеют прямую зависимость от природных свойств продуктов (строение и состав компонентов) и изменяющегося агрегатного состояния в связи с изменением температуры. Пищевые продукты имеют химическую и физическую неоднородность в своем строении, что оказывает влияние на их свойства. Изменяющийся состав обуславливает химическую неоднородность продуктов. Неоднородность структуры, а именно размер продукта и клеток, наличие и расположение газовых включений, пористость, и распределения составных компонентов в ней определяет физическую неоднородность [22, 90].

Разный химический состав продуктов, который определяется содержанием сухих веществ, влаги, белка и жира, оказывает различие на ТФХ у продуктов.

При определении теплопроводности нужно учитывать явную и скрытую физическую неоднородность полуфабрикатов, в результате чего получаемые значения различны. Клетки продукта имеет разный размер; их расположение друг относительно друга стохастическое; если продукт составной, то между отдельными компонентами различные газовые расстояния-пустоты и их количество. Перечисленное обуславливает скрытую структурную неоднородность. Различить визуально возможно явную структурную неоднородность, которая указывает на разные свойства компонентов. В случае компактного их расположения, можно предсказать увеличение теплопроводности, если же имеются прослойки воздуха и включения, то характеристика будет снижаться, что связано с огромной разницей между значениями теплопроводности воздуха и воды [90, 97].

При замораживании полуфабрикатов изменяется внутренняя структура, на характер изменений будет влиять технологический режим низкотемпературной обработки продукта. Эти изменения также оказывают действие на теплопроводность. В результате процесса замораживания происходит изменения плотности компонентов внутренней структуры; клетки разрываются вследствие сдавливания и частичного прокалывания кристаллами льда их оболочки. Размеры и структура замерзшей влаги, наличие или отсутствие прослоек воздуха вследствие сжатия клеток замерзшими кристаллами или образования новых газовых ячеек из-за захвата кристаллами воздуха оказывают влияние на ТФХ.

Согласно вышперечисленному можно сделать вывод, свойства пищевых продуктов непостоянны и сложно предсказуемы, их невозможно задать. Для проведения тепловых расчетов при процессе замораживания нужно пользоваться средними значениями ТФХ [53, 67]. Постоянные значения ТФХ принимают при положительных диапазонах температур. Льдообразование влаги и затвердевание жиров, содержащихся в продукте, происходящее при отрицательных значениях температуры, образуют комплекс явлений, анализируя который были выявлены закономерности изменения каждой из ТФХ [90].

Теплофизические свойства определялись для компонентов фаршированных зраз с учетом физической модели процесса низкотемпературной обработки. В ка-

честве физической модели замораживания выступает процесс кристаллизации влаги в растворах фруктозы, сахарозы и глюкозы в воде. Необходимо найти изменения доли замерзшей влаги в процессе низкотемпературной обработки МРП, изменения основных ТПХ: энтальпия, плотность, удельная теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность при различных температурах мясного полуфабриката и начинки из овощей [51, 52, 101]. Расчет ведем, основываясь на компонентом соотношении в МРП массовой доли влаги, белка, жира, сахаров, крахмала (таблица 3.4).

Таблица 3.4

## Исходные данные по компонентам МРП

Показатели	Говяжий фарш	Корень сельдерея	Корень петрушки	Морковь	Лук	Чеснок	Зелень укропа
Криоскопическая температура, °С	-1	-1,4	-1,5	-1,2	-1,6	-2,6	-0,7
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1025	1020	1020	1040	970	850	660
Массовая доля влаги	0,65	0,88	0,83	0,88	0,86	0,77	0,86
Массовая доля белка	0,2	0	0	0	0	0	0
Массовая доля жира	0,13	0	0	0	0	0	0
Массовая доля сахаров	0,0027	0,09	0,093	0,081	0,096	0,15	0,07
Массовая доля фруктозы	0	0,0005	0,004	0,013	0,012	0,00031	0,0075
Массовая доля сахарозы	0	0,0001	0,012	0,026	0,065	0,02	0,004
Массовая доля глюкозы	0	0,0006	0,002	0,016	0,013	0,007	0,016
Массовая доля крахмала	0	0,001	0,04	0,014	0,001	0,096	0,001
Массовая доля соли	0,012	0	0	0	0	0	0

Количество замерзшей влаги ( $m_l$ ) в зависимости от температуры, получившееся в ходе низкотемпературной обработки зрза, находили по зависимости для всех рецептурных компонентов, входящих в МРП:

$$m_l = m_{в.л} - m_c \cdot \left( \frac{1}{\xi_p(t)} - 1 \right), \quad (3.2)$$

где  $m_l$  – массовая доля замерзшей влаги (льда) для каждого значения температуры;

$m_{в.л}$  – массовая доля влаги в рецептурном компоненте мясного полуфбариката;

$m_c$  – массовая доля сахаров.

В формуле (3.2) в различных диапазонах температур вместо  $m_c$  подставляли разные массовые доли сахаров: криоскопическая температура рецептурного компонента ÷ минус  $5,3^\circ \text{C}$  – общая массовая доля сахаров, минус  $5,3$  ÷ минус  $8,5^\circ \text{C}$  – сумма массовых долей сахарозы и фруктозы, минус  $8,5$  ÷ минус  $21^\circ \text{C}$  – только массовая доля фруктозы [51].

Зрза состоит из двух основных компонентов, отличающихся процессом кристаллизации влаги при низкотемпературном воздействии. Овощная начинка подвергается замораживанию по схеме процесса замерзания в системе сахара/инверсный сахар/вода. Изучена кристаллизация раствора фруктозы, в результате получена модель его замерзания от концентрации сахаров. Экспериментальную зависимость температуры кристаллизации  $t_{кр}$ ,  $^\circ\text{C}$ , от концентрации раствора  $\eta$ , % обработали методом наименьших квадратов и получили следующее уравнение регрессии:

$$t_{кр} = 0,017 - 0,161 \times \eta + 1,76 \times 10^{-3} \times \eta^2 - 6,05 \times 10^{-5} \times \eta^3 \quad (3.3)$$

Получена следующая зависимость от криоскопической температуры массовой доли в растворе фруктозы:

$$\eta = -0,2 - 7,78 \times t_{кр} - 0,36 \times t_{кр}^2 - 7,46 \times 10^{-3} \times t_{кр}^3 \quad (3.4)$$



При применении регрессионного уравнения (3.4) получили теоретические значения показателей, имеющие среднеквадратичное отклонение от экспериментальных данных, равное 0,5% в температурном диапазоне от минус 21 °С до 0 °С.

Применяя правило аддитивности, рассчитали удельную теплоемкость  $c$  для каждого рецептурного компонента мясного рубленого полуфабриката, учитывая его массовую долю  $\chi_k$  и теплоемкость  $c_k$ :

$$c = \sum_{k=1}^n (c_k \chi_k), \quad (3.5)$$

Также по описанному принципу находили коэффициенты теплопроводности рецептурных компонентов, как величины одного порядка.

При нахождении удельных энтальпий теплосодержание МРП при температуре минус 40° С приняли как нулевое значение. Приращение энтальпий  $\Delta h$  определяли для изменения температуры на значение  $\Delta t$ , учитывая произведение изменения массовой доли расплавившегося льда  $\Delta \chi_{\text{л}}$  и его удельной теплоты плавления 334 кДж/кг:

$$\Delta h = h \Delta t + r \cdot \Delta \chi_{\text{л}}, \quad (3.6)$$

Расчетную физическую плотность мясных полуфабрикатов находили по уравнению:

$$\rho = \sum_{k=1}^n \chi_k / \sum_{k=1}^n \frac{\chi_k}{\rho_k}, \quad (3.7)$$

где  $\chi_k$  – массовая доля компонента,

$\rho_k$  – плотность компонента.

Средние значения ТПХ для зразы и ее криоскопическую температуру определяли с учетом массовой доли каждого компонента в готовом продукте. Криоскопические температуры компонентов фаршированных зраз: говяжий фарш – минус 1 °С, морковь – минус 1,2 °С, лук репчатый – минус 1,6 °С, чеснок – минус 2,6 °С, зелень (укроп) – минус 0,7 °С, петрушка (корень) – минус 1,5 °С, сельдерей (корень) – минус 1,4 °С. Криоскопическая температура для зраз составила минус 1,2 °С.

В результате расчетов были получены следующие графики изменения теплофизических свойств для мясного полуфабриката – фаршированных зраз, представленные на рис. 3.1 – 3.6.

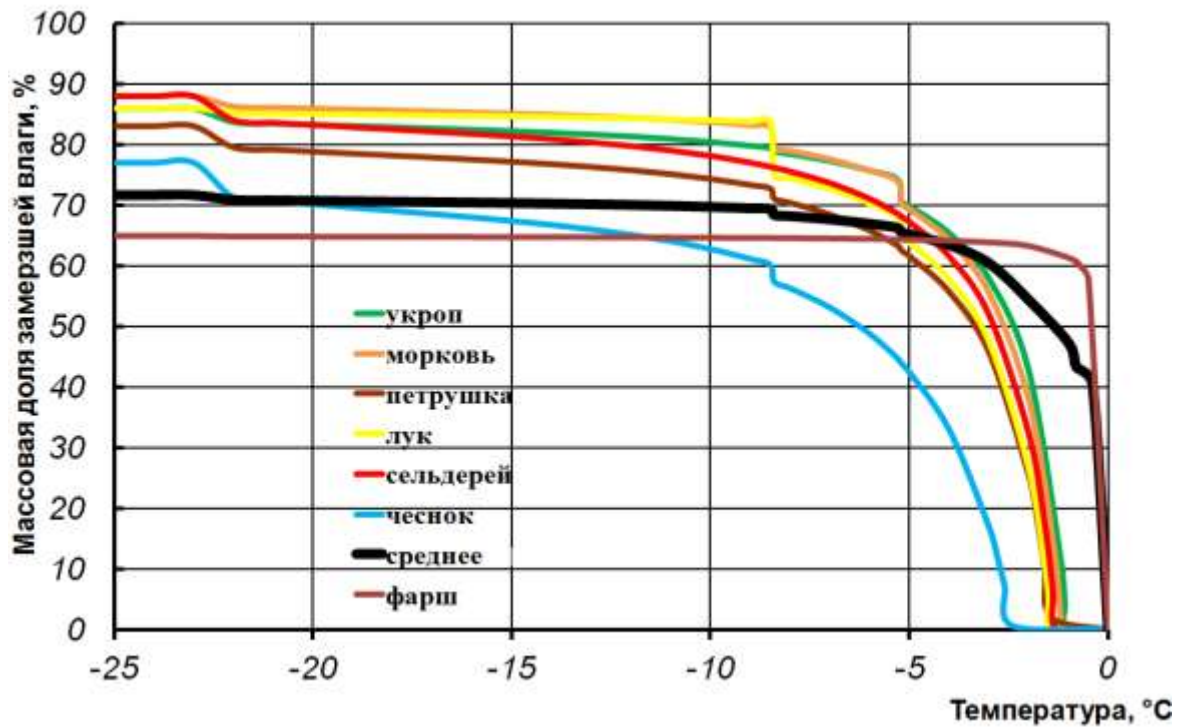


Рис. 3.1. Массовая доля заморозившей влаги в компонентах фаршированных зраз

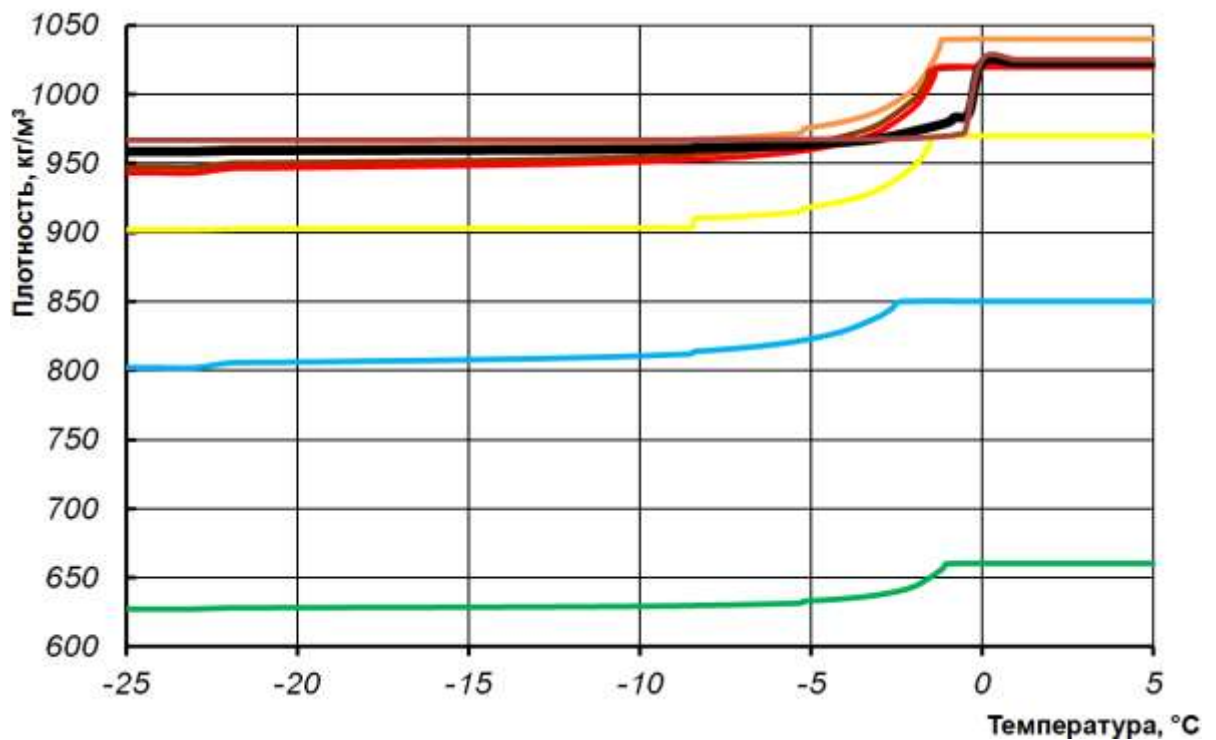


Рис. 3.2. Плотность компонентов фаршированных зраз

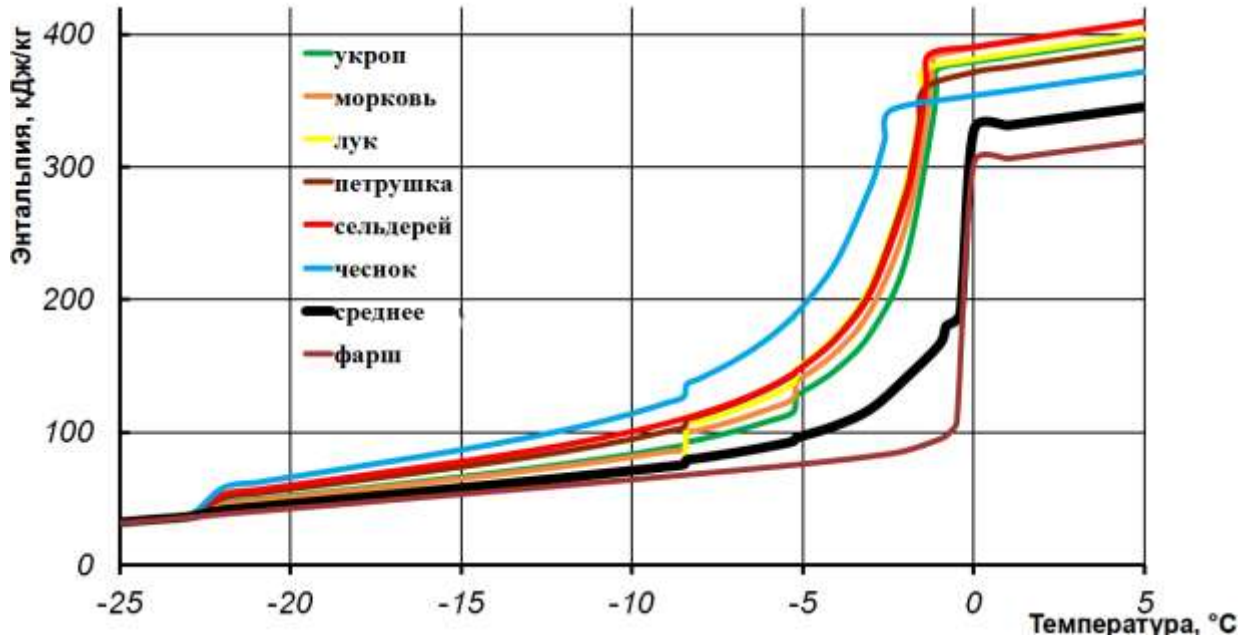


Рис. 3.3. Энтальпия компонентов фаршированных зраз

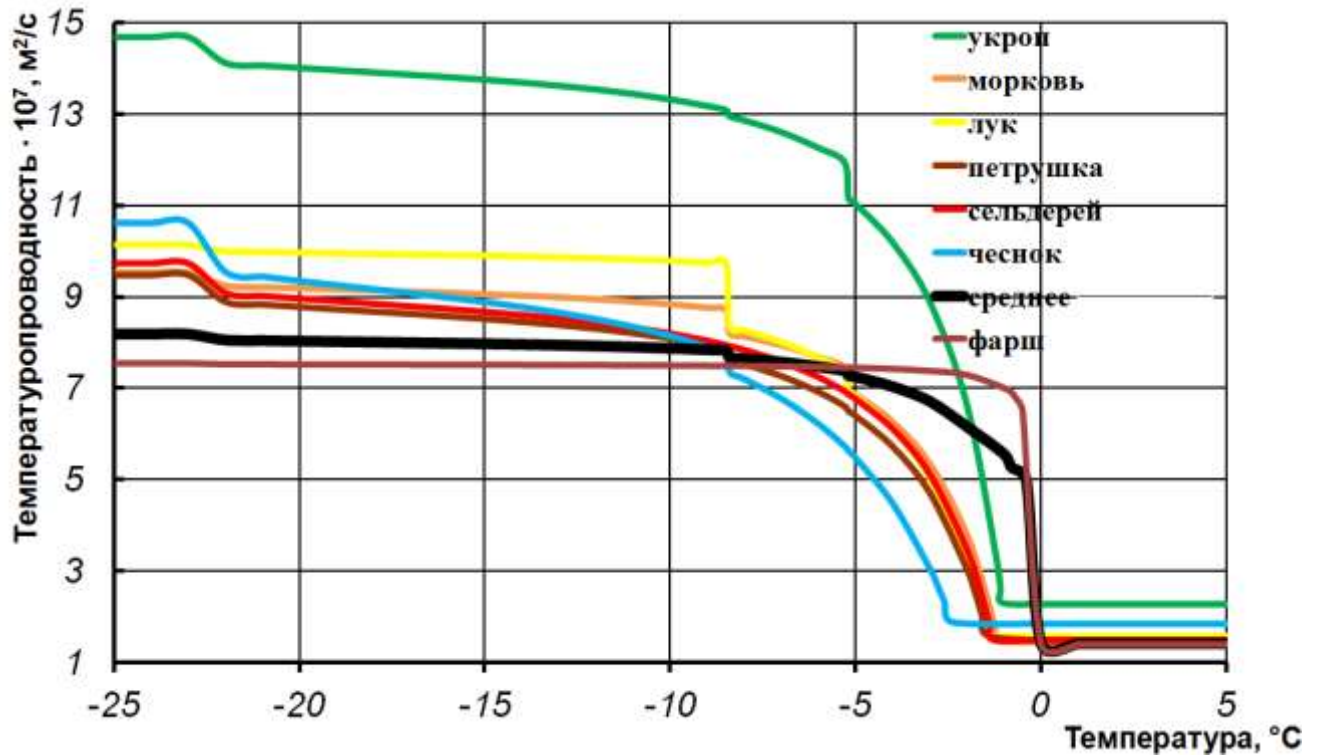


Рис. 3.4. Температуропроводность компонентов фаршированных зраз

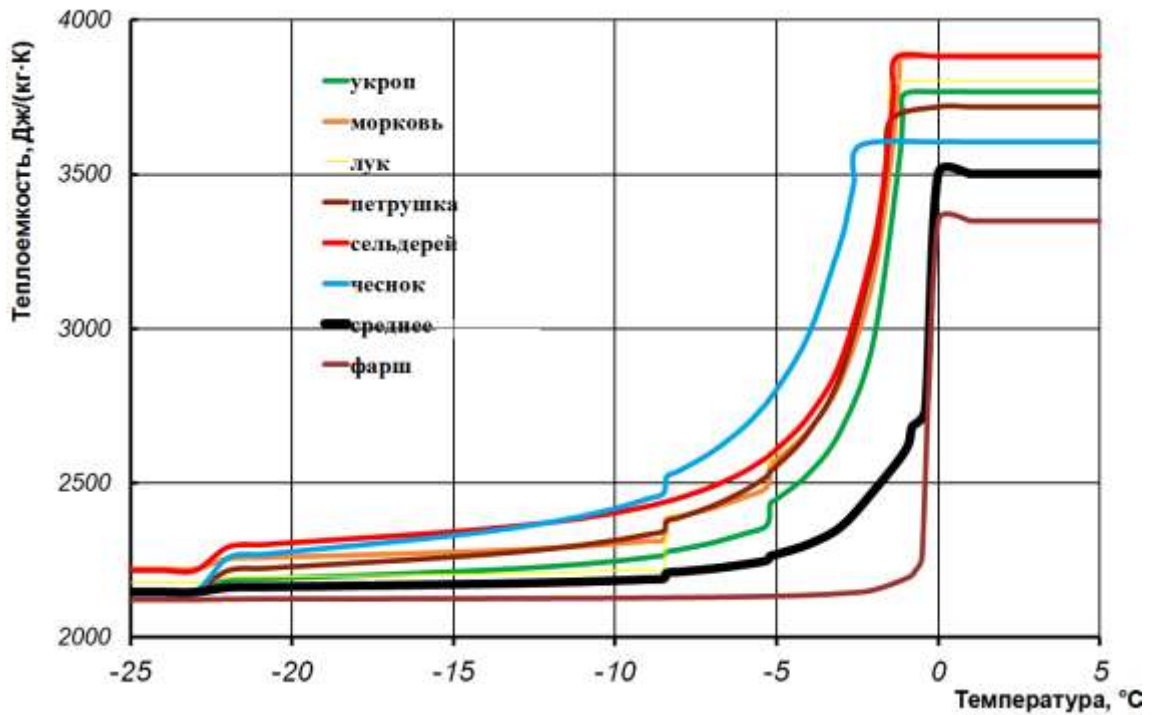


Рис. 3.5. Теплоемкость компонентов фаршированных зраз

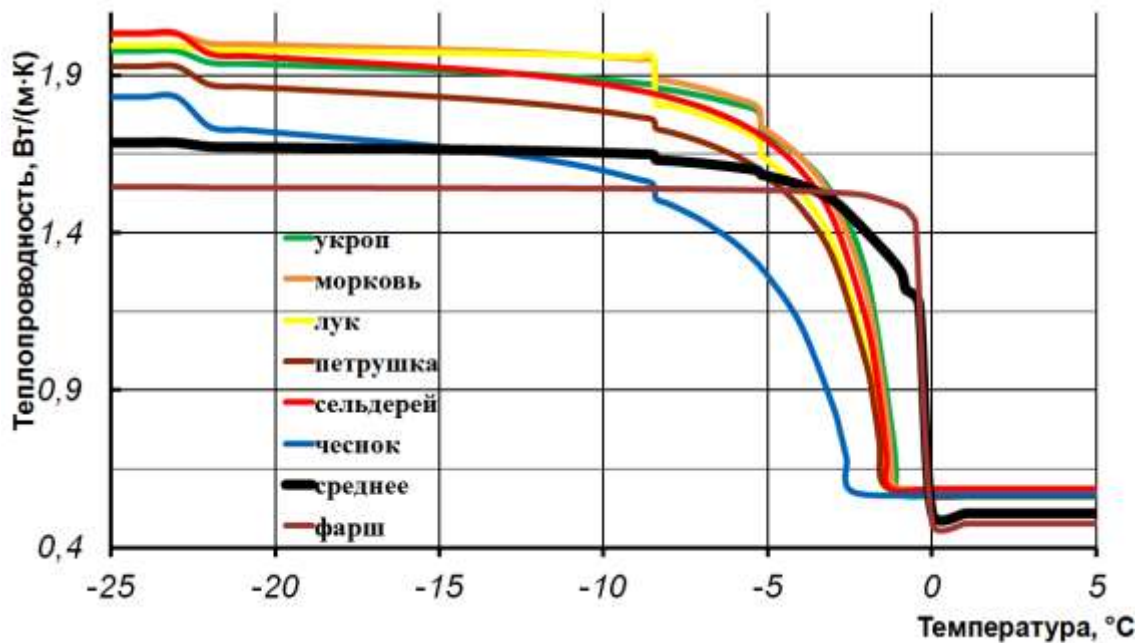


Рис. 3.6. Теплопроводность компонентов фаршированных зраз

Проанализировав полученные кривые, можно отметить, что плавный характер нарушается скачками при определенных температурах, это свидетельствует о том, что замораживание проходит со значительным выделением скрытой теплоты кристаллизации. Данное явление наблюдали при криоскопических температурах

для рецептурных компонентов зразы и температурах кристаллизации растворов сахаров глюкозы, фруктозы и сахарозы, а также крахмала. В овощах, входящих в состав МРП, в малой дозе или совсем не содержатся мальтоза, лактоза, галактоза, моно- и дисахариды, поэтому принято решение не рассматривать температуры кристаллизации их растворов [51].

Анализируя температурные графики, видно следующие резкие изменения в плавном начертании кривых – выделение скрытой теплоты кристаллизации при достижении температуры минус 5,3 °С из-за замерзания эвтектического раствора глюкозы, при достижении температуры минус 8,5 °С вследствие кристаллизации эвтектического раствора сахарозы. И третий скачок кривой соответствует выделению скрытой теплоты вследствие кристаллизации раствора фруктозы при температуре минус 21 °С. Таким образом, значительные изменения характера кривой, наиболее заметные на полученных графиках, происходят при указанных температурах.

Таким образом, когда температура полуфабриката достигает минус 21 °С, влага, которая присутствует в компонентах, замерзает не полностью, это видно по расчету массовой доли замерзшей влаги. Полученные значения сведены в таблицу 3.5.

Таблица 3.5

Изменения массовой доли замерзшей влаги компонентов овощной начинки зразы

Овощная начинка	Массовая доля замерзшей влаги при t, °С:			
	- 3	- 6	-15	-18
Зимний гарнир (содержание влаги 87%)	0,50±0,10	0,73±0,10	0,83±0,10	0,85±0,10

В соответствии с проведенным тепловым расчетом, в овощной начинке зраз содержится 87 % влаги, 2 % из которой не замерзает при достижении температуры минус 18 °С. Вся физически связанная влага полностью замерзает при достижении температуры минус 22 °С (таблица 3.5).

В итоге низкотемпературная обработка МРП, а именно кристаллизация влаги начинается при достижении криоскопической температуры и заканчивается при минус 18 °С. Принимаем температуру минус 18 °С, как температуру хранения замороженных мясных полуфабрикатов, при данной температуре в овощной начинке находится около 2% незамерзшей влаги. Малое значение влаги не оказывает положительного влияния на рост и развитие патогенной микрофлоры, так как эта часть физико-химически и химически связанной влаги имеет высокую энергию связи. Хранение мясных рубленых полуфабрикатов при температуре не выше минус 18 °С оказывает положительное действие на качество продуктов, продлевает их срок хранения.

### **3.3. Исследования свойств пленок для замораживания мясных рубленых полуфабрикатов**

На рынке широко распространены полипропиленовые пакеты-подушки, имеющие один продольный шов и два поперечных, используемые для упаковки замороженных продуктов. Материал для пакетов обладает высокими эксплуатационными характеристиками: водонепроницаемость, газонепроницаемость, эластичность, устойчивость к проколу и низким температурам, механическая прочность [111].

Существенным недостатком ПП-пленки, как и любой другой упаковки на основе нефтепродуктов, являются сложности, связанные с ее утилизацией. Наиболее простой и самый распространенный путь утилизации – сбор отходов использованной упаковки и последующее захоронение на свалке. Отрицательная сторона – негативное воздействие на окружающую среду, проявляющееся в загрязнении вредными веществами почвы и подземных вод. Скорость распада отходов на такой свалке крайне низка (от 100 лет). Сжигание отходов можно отнести к следующему по простоте и частоте применения способу. Получаемая энергия при этом процессе применяется для различных нужд народного хозяйства. Но продукты горения загрязняют воздух, для их устранения необходима установка очистительных установок.

тельных сооружений и фильтров, что является дорогостоящим мероприятием. Рациональное использование отходов является наиболее сложным процессом и включает вторичное использование материалов упаковки. Для осуществления переработки необходимо создание простой и понятной модели первичной сортировки отходов по группам, что трудноосуществимо [123].

Вышеперечисленные проблемы можно решить, используя материалы для упаковки пищевых продуктов, способные к распаду на безвредные для природы компоненты в достаточно кратковременные сроки. К такому разложению не способны полимеры на нефтяной основе; также компании, занимающиеся производством традиционных пластмасс, зависимы от ограниченных запасов ископаемых. В случае использования возобновляемых ресурсов, к которым относят крахмал разнообразных растений, можно значительно снизить эту зависимость и достичь саморазложения упаковки при компостировании.

Мясные рубленые полуфабрикаты решено было упаковывать в биополимерные пакеты «CornBag», что может помочь улучшить экологическую ситуацию. При литературно-патентном анализе выяснено, что отсутствует информация, как изменяются свойства биоленок при воздействии на них отрицательных температур при замораживании и низкотемпературном хранении продуктов. Перед нами стояла задача установить изменения при отрицательных температурах физических характеристик пленки «CornBag», опираясь на международный стандарт GB 172000-97 (растяжение, прочность, разрыв и т.д.) [2]. В ходе проведения тестов получили следующие значения характеристик (таблица 3.6):

Таблица 3.6

Физические свойства биоразлагаемой пленки при комнатной температуре

Показатель	Значение
Удлинение, $\xi$ , %.	415,67
Максимальное усилие F, Н	19,72
Фактическое смещение образца L, мм	457,7
Прочность при разрыве $\sigma$ , МПа	475,72

Установили, что материал из биополимерной композиции эластичен и достаточно стоек к проколам. Изменение характеристик отслеживали при помещении пленки в холодильную камеру. Температура при выдержке: минус 20 °С, минус 40 °С и минус 60 °С, срок выдержки: один, два и три месяца под влиянием каждого температурного режима (таблицы 3.7– 3.9).

Таблица 3.7

Физические свойства биоразлагаемой пленки при температуре минус 20 °С

Показатель	Значение		
	1 мес.	2 мес.	3 мес.
Удлинение, $\xi$ , %	405,13	388,50	385,37
Максимальное усилие F, Н	19,32	18,95	18,89
Фактическое смещение образца L, мм	451,07	448,90	427,12
Прочность при разрыве $\sigma$ , МПа	479,74	470,63	443,68

Таблица 3.8

Физические свойства биоразлагаемой пленки при температуре минус 40 °С

Показатель	Значение		
	1 мес.	2 мес.	3 мес.
Удлинение, $\xi$ , %	402,44	384,25	381,44
Максимальное усилие F, Н	19,02	18,59	18,48
Фактическое смещение образца L, мм	443,47	442,74	421,38
Прочность при разрыве $\sigma$ , МПа	470,51	463,80	421,54

Таблица 3.9

Физические свойства биоразлагаемой пленки при температуре минус 60 °С

Показатель	Значение		
	1 мес.	2 мес.	3 мес.
Удлинение, $\xi$ , %	393,89	379,54	367,48
Максимальное усилие F, Н	18,43	18,26	17,64
Фактическое смещение образца L, мм	430,58	421,66	409,72
Прочность при разрыве $\sigma$ , МПа	468,62	430,99	426,79



Результаты тестов для определения физических характеристик биополимерной пленки при различных отрицательных температурах и сроках выдержки представили в виде графиков поверхностей (рис. 3.7, 3.8).

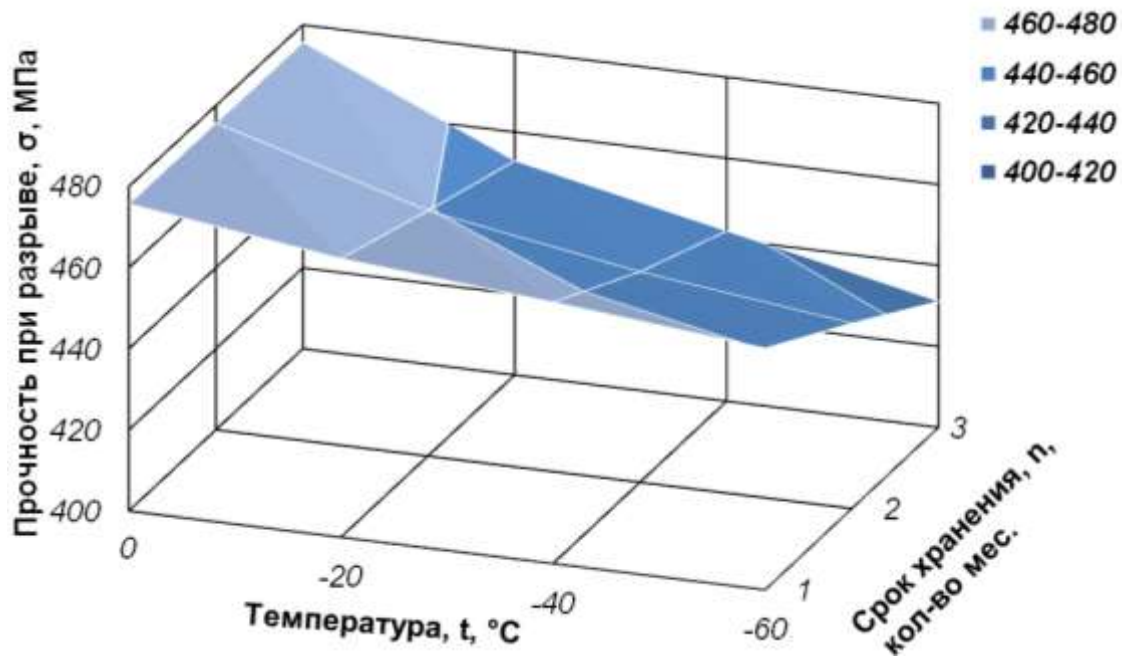


Рис. 3.7. Изменения прочности при разрыве пленки

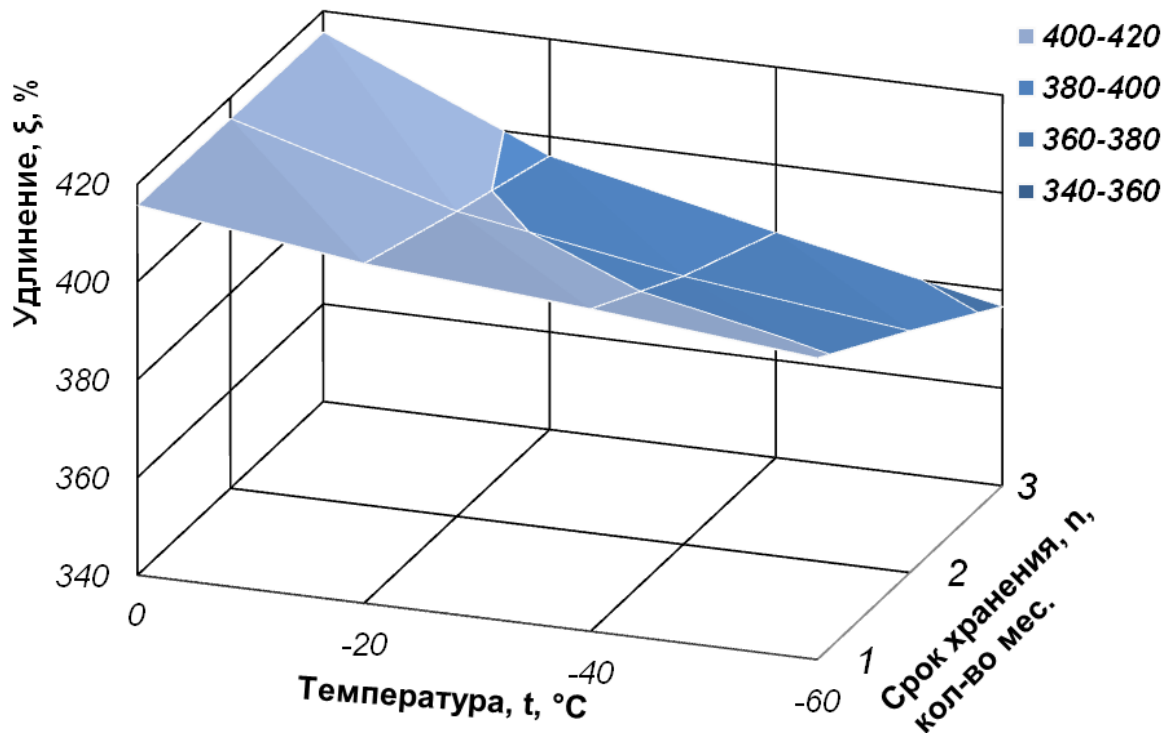


Рис. 3.8. Изменения удлинения пленки

Уменьшение физических характеристик в процентном соотношении представлено в таблице 3.10.

Таблица 3.10

## Уменьшение физических характеристик биополимерной пленки

Показатель	Уменьшение значений, %		
	1 мес.	2 мес.	3 мес.
при выдержке при минус 20 °С			
Фактическое смещение, прочность при разрыве, удлинение	1,5	3,2	4,8
при выдержке при минус 40 °С			
Фактическое смещение, прочность при разрыве, удлинение	2,3	5	7,1
при выдержке при минус 60 °С			
Фактическое смещение, прочность при разрыве, удлинение	3,4	6,3	9,4

Чем ниже температура и чем длительнее период выдержки, тем сильнее ухудшаются физические свойства биоразлагаемой пленки.

Для прогнозирования изменения физических свойств пленки «CornBag» при низкотемпературной обработке были получены регрессионные уравнения:

$$L = L_0 + 0,412 \times t - 11,69 \times n, \quad (3.8)$$

$$F = F_0 + 0,017 \times t - 0,51 \times n, \quad (3.9)$$

$$\sigma = \sigma_0 + 0,42 \times t - 12,02 \times n, \quad (3.10)$$

$$\xi = \xi_0 + 0,376 \times t - 10,53 \times n, \quad (3.11)$$

где  $L_0 = 457,7$  мм, начальное фактическое смещение образца пленки при  $t = 0$  °С;

$F_0 = 19,72$  Н, максимальное усилие, которое выдерживает пленка при  $t = 0$  °С;

$\sigma_0 = 475,72$  МПа, начальная прочность на разрыв пленки при  $t = 0$  °С;

$\xi_0 = 415,67\%$ , начальное удлинение пленки при  $t = 0\text{ }^\circ\text{C}$ ;

$t$  - температура низкотемпературной обработки пленки,  $^\circ\text{C}$ ;

$n$  – количество месяцев.

Анализируя регрессионные уравнения, выявили сильную зависимость от входных переменных выходной переменной; полученная связь является корреляционной, но можно говорить о ее приближении к функциональной связи. Об этом можно судить, зная коэффициент корреляции  $R$ , приближенный к значению «1». Полученные значения коэффициента  $R^2$  близки к «1», сделан вывод, что доля дисперсии зависимой переменной равна 98% согласно рассматриваемым моделям зависимостей (таблица 3.11).

Таблица 3.11

## Оценка регрессионных уравнений

Зависимая переменная	$R$	$R^2$
$F$	0,9879	0,9769
$L$	0,9835	0,9707
$\xi$	0,9844	0,9687
$\sigma$	0,9851	0,9706

Найдем относительную погрешность путем нахождения разницы экспериментально полученных наблюдаемых значений и предсказанных с помощью математической модели значений:

$$\Delta L = \frac{|L^{\text{Набл}} - L^{\text{Пред}}|}{L^{\text{Набл}}} \times 100\% \quad (3.12)$$

В таблице 3.12 приведены результаты сравнения значений физических характеристик биополимерной пленки.

Средняя погрешность равна 3 %, что является малым значением при сравнении наблюдаемых и прогнозируемых значений. Таким образом, полученные уравнения регрессии можно использовать для предсказания значений прочностных характеристик биополимерной пленки.

Сравнение наблюдаемых и предсказанных значений

№ П/П	$L_{набл.}$ , мм	$L_{пред.}$ , мм	$\Delta L, \%$	$F_{набл.}$ , Н	$F_{пред.}$ , Н	$\Delta F, \%$	$\xi_{набл.}$ , %	$\xi_{пред.}$ , %	$\Delta \xi, \%$	$\sigma_{набл.}$ , МПа	$\sigma_{пред.}$ , МПа	$\Delta \sigma, \%$
	Фактическое смещение			Максимальное усилие			Удлинение			Прочность при разрыве		
1.	451,07	456,38	1,18	19,32	19,65	1,71	405,13	414,45	2,30	479,74	474,10	1,17
2.	448,90	444,69	0,94	18,95	19,14	1,02	388,50	403,92	3,97	470,63	462,08	1,81
3.	427,12	433,01	1,38	18,89	18,63	1,36	385,37	393,38	2,08	443,68	450,06	1,46
4.	443,47	448,13	1,05	19,02	19,30	1,49	402,44	406,92	1,11	470,51	465,56	1,05
5.	442,74	436,45	1,42	18,59	18,80	1,11	384,25	396,39	3,16	463,80	453,54	2,21
6.	421,38	424,76	0,80	18,48	18,29	1,04	381,44	385,86	1,16	421,54	441,52	4,75
7.	430,58	439,88	2,16	18,43	18,96	2,86	393,89	399,40	1,40	468,62	457,03	2,47
8.	421,66	428,20	1,55	18,26	18,45	1,03	379,54	388,87	2,46	430,99	445,01	3,27
9.	409,72	416,51	1,66	17,64	17,94	1,70	367,48	378,33	2,95	426,79	432,99	1,47
10.	Средняя погрешность, %		1,4	Средняя погрешность, %		1,5	Средняя погрешность, %		2,3	Средняя погрешность, %		2,18

При определении прочности при разрыве ( $\sigma$ , МПа) при низких температурах получены диаграммы растяжения, представленные на рис. 3.9, анализируя их можно сказать, что биополимерная пленка (кривые 1-5) соизмерима по прочностным показателям с биаксильно-ориентированной полипропиленовой (БОПП) пленкой (кривая 6).

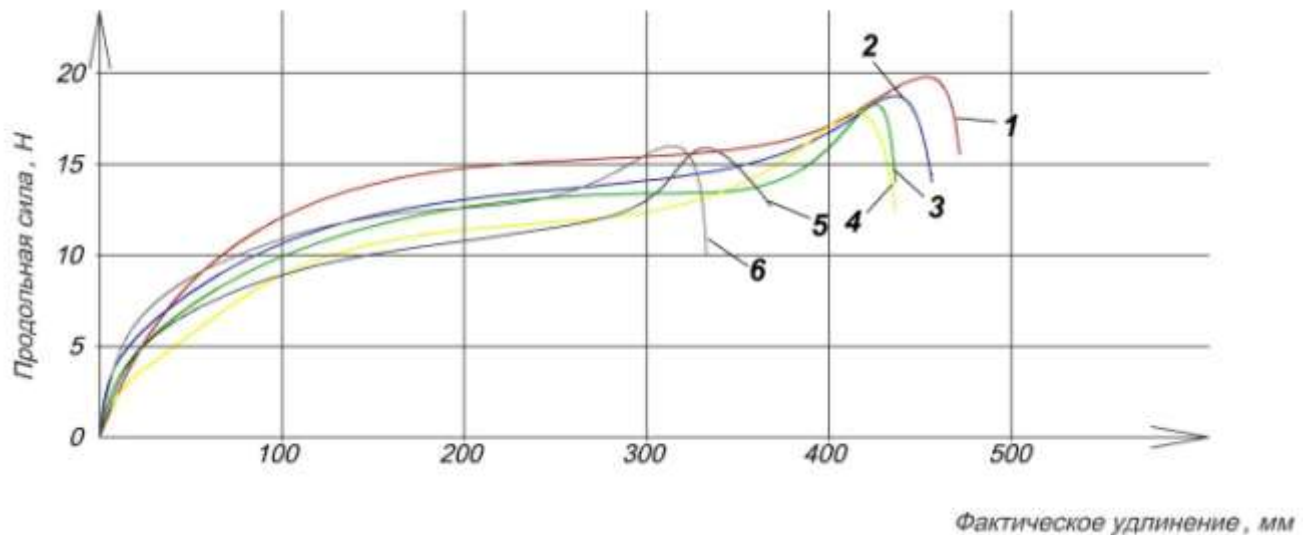


Рис. 3.9 – Диаграмма растяжения: 1 – биоразлагаемая пленка; 2 – биоразлагаемая пленка, выдержанная при минус 20 °С в течение 3 мес., 3 – биоразлагаемая пленка, выдержанная при минус 40 °С в течение 3 мес., 4 – биоразлагаемая пленка, выдержанная при минус 60 °С в течение 3 мес., 5 – биоразлагаемая пленка, выдержанная при минус 20 °С в течение 12 мес., 6 – БОПП-пленки

Полученные данные в ходе эксперимента говорят, что биоразлагаемая пленка стабильна и устойчива при низкотемпературном хранении, несущественно теряет свои свойства, уменьшение значений прочности на растяжение и относительного удлинения не превышает 10 %.

Сравним свойства биоразлагаемых пакетов со свойствами пакетов из БОПП-пленки толщиной 12 мкм (рис. 3.10).

Сравнительный анализ проводили по следующим параметрам: прочность при разрыве, относительное удлинение, срок разложения при компостировании, цена. Биоразлагаемая пленка по прочностным показателям превосходит полипропиленовую, после хранения при низких температурах часть свойств биоразлагае-

мой пленки теряется, но, несмотря на это, прочность при разрыве и относительное удлинение также превосходят БОПП-пленку. Срок разложения в земле полипропилена по разным источникам составляет от 50 до 100 лет, когда биоразлагаемая пленка по прошествии 90 дней полностью разрушается [95].

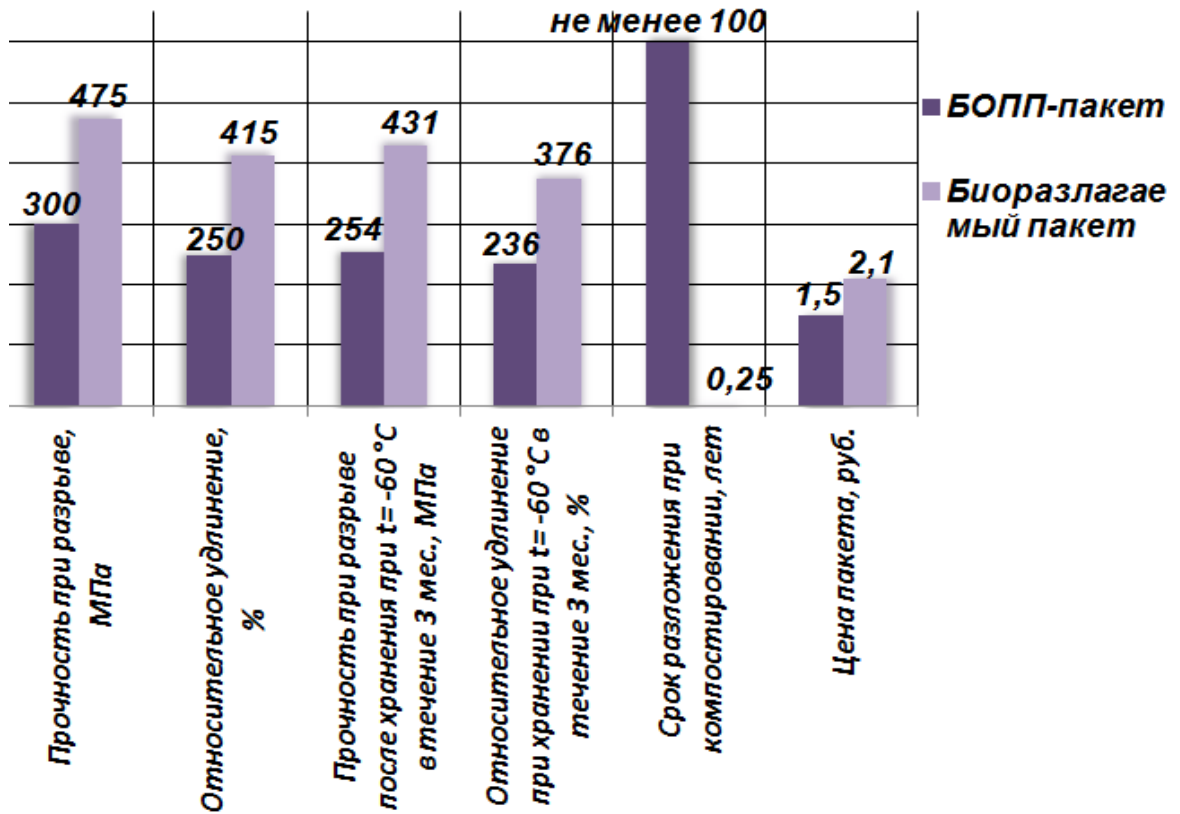


Рис. 3.10. Сравнительный анализ свойств биоразлагаемой и БОПП-пленок

Цена биополимерного пакета выше на 30 % по сравнению с традиционной упаковкой замороженных полуфабрикатов. С учетом тяжелой экологической ситуацией на планете, связанной с отсутствием системы утилизации и переработки пленочных материалов на основе нефтепродуктов экономический показатель (цена) имеет меньший вес по сравнению с другими рассмотренными свойствами пленок (рис. 3.10).

Таким образом, биоразлагаемые пакеты возможно использовать в качестве упаковки для быстрозамороженных мясных полуфабрикатов.

### **3.4. Экспериментальное и графоаналитическое исследование низкотемпературной обработки мясных рубленых полуфабрикатов**

Зразы упаковывали в биополимерные пакеты с применением вакуумной среды, что позволяет уменьшить обсеменение продукта, значительно снизить рост аэробных и анаэробных микроорганизмов и увеличить сроки хранения замороженного продукта.

Конвективное замораживание проводят в воздушной среде. Среда, осуществляющая теплообмен, является традиционной, повсеместно распространенной и отличается неагрессивностью. Скорость процесса отвода теплоты зависит от скорости движения среды (воздуха) и его отрицательной температуры [42]. Для конвективного замораживания использовали воздушный скороморозильный аппарат.

Для интенсификации кондуктивного способа замораживания использовали его в сочетании с конвективным способом. Продукт помещали на плиту, над продуктом создавали горизонтальный поток воздуха. При использовании двух плит поток воздуха обдувал помимо продукта еще и сами плиты.

При использовании контактного способа замораживания на плите и между двух плит упаковочный пакет примерз к металлической поверхности, что привело к повреждению пакета при отделении продукта, нарушению его целостности.

Чтобы исключить примерзание пакета и удалить излишнюю влагу на упаковке, использовали конвективное подмораживание на металлической сетке. После этого продукт перемещали на металлическую плиту для окончания замораживания.

Рассмотрим технологический процесс замораживания мясных полуфабрикатов. Замораживание продукта начинается с его контакта с хладоносителем. В качестве хладоносителя использовали струю воздуха и/или металлическую плиту. Поверхность пищевого продукта охлаждалась быстрее, чем его центр. На степень и скорость процесса переноса тепла из центра продукта оказывает влияние теплопроводность рецептурных компонентов.

В ходе исследования измеряли изменение температуры во время низкотемпературной обработки мясных полуфабрикатов, полученные значения наносили на кривую замораживания. Измерение температуры проводили в разных точках с учетом различной скорости замораживания центра и поверхности мясного рубленого полуфабриката. Место измерения, размеры и форма продукта, интенсивность отвода теплоты будут определять вид и характер кривых. Самая малая скорость снижения температуры будет приходиться на термически среднюю точку продукта, самая большая – на поверхность изделия. После окончания замораживания, через 10 или 24 часа, температура между центральной плоскостью и поверхностью тела распределяется линейно. Это распределение устанавливается в любом случае, если температура средней плоскости тела достигла минус 5 °С, т.е. участок максимального кристаллообразования льда оказался пройденным. После окончания замораживания во время хранения разность температур различных точек тела постепенно исчезает, устанавливается одинаковая средняя температура, для достижения которой, однако, необходимо длительное время [4].

Замораживание проводилось в двух температурных режимах. Полученные графики изменения температуры при замораживании фаршированных зраз при температуре в холодильной камере минус 30 °С и минус 40 °С и скорости движения воздуха 1,5 м/с представлены на рисунках 3.11 – 3.14. Проанализируем графики: их начертание схоже с типовой кривой замораживания, а именно, в начале процесса кривая имеет участок переохлаждения; далее следует параллельный оси  $x$  участок, что свидетельствует о выравнивании значения температуры, и как следствие, кристаллизации влаги в результате переноса скрытой теплоты. Кривая заканчивается участком понижения температуры (участок выравнивания).

Рассмотрим кривые, полученные при контактном замораживании, когда МРП в упаковке разместили на стальной плите и между двумя плитами (рис. 3.12 – 3.13). Замораживание начинается с резкого снижения температуры в результате переохлаждения. Параллельный участок выравнивания температуры не выражен. Процесс переохлаждения плавно переходит в участок выравнивания.



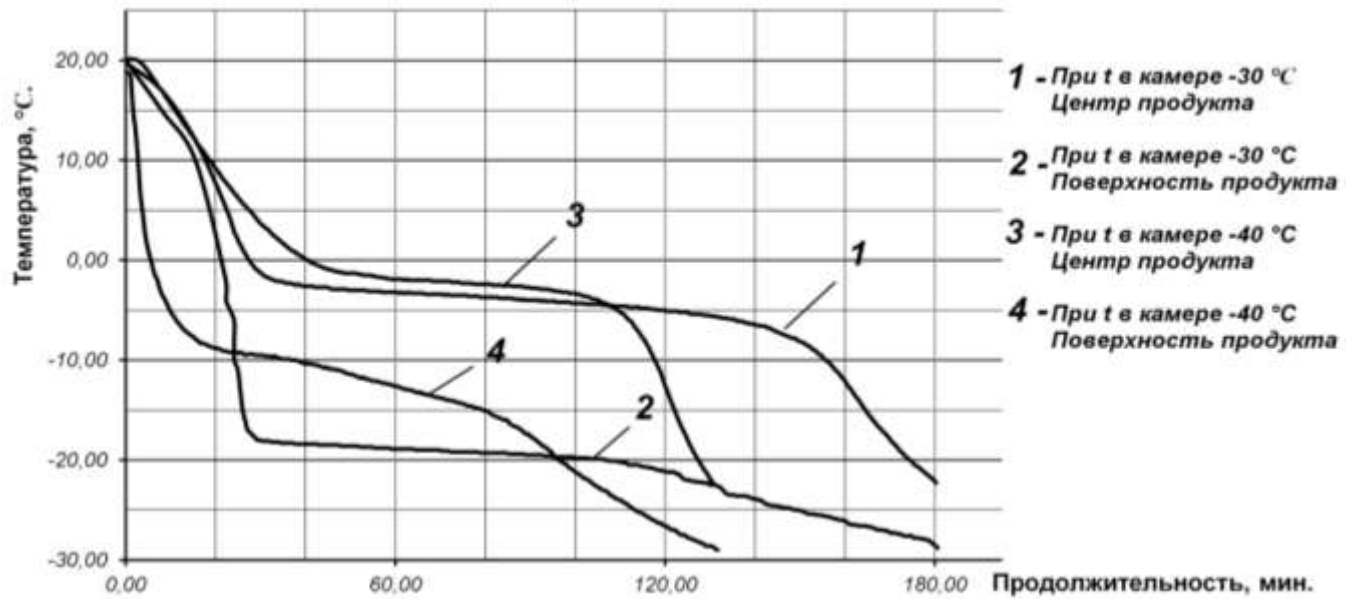


Рис. 3.11. График изменения температуры в ходе замораживания фаршированных зраз в потоке восходящего воздуха

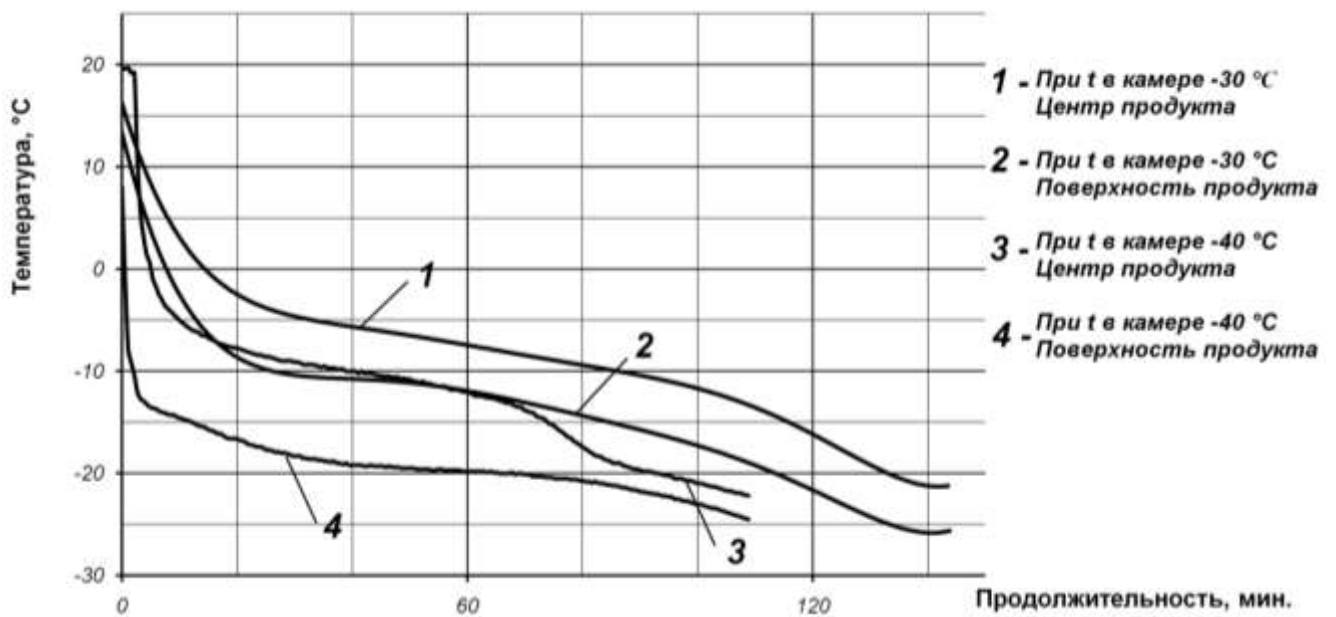


Рис. 3.12. График изменения температуры в ходе замораживания фаршированных зраз на металлической плите

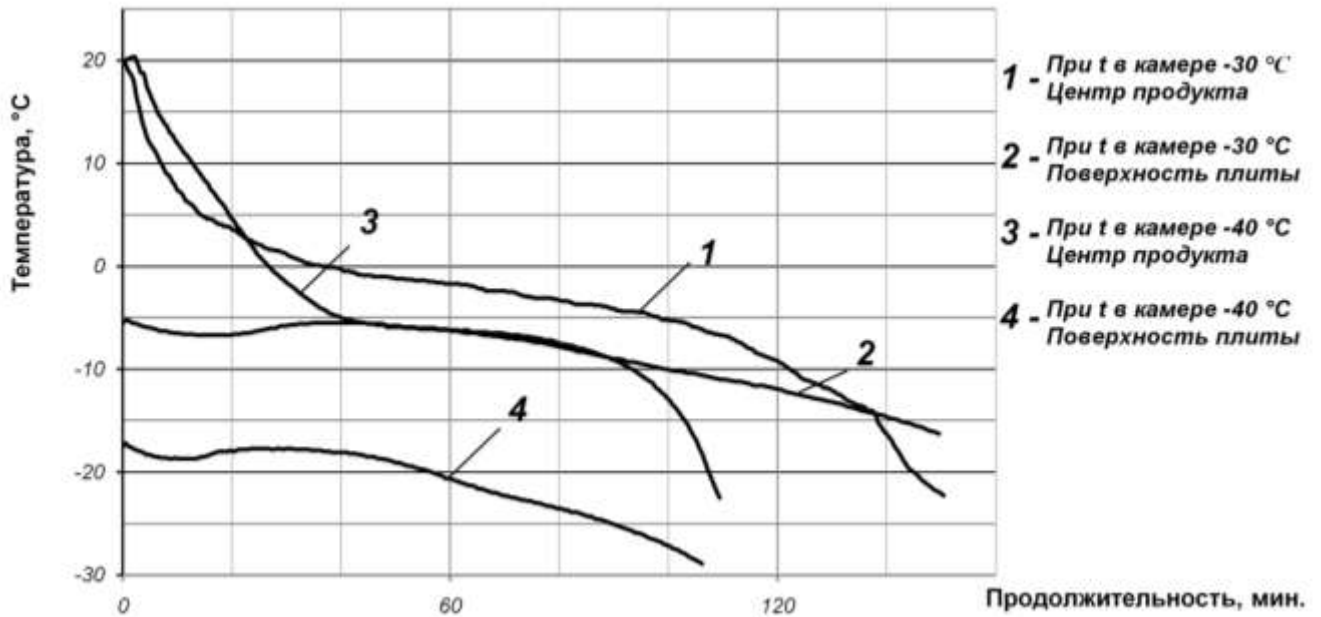


Рис. 3.13. График изменения температуры в ходе замораживания фаршированных зраз между двумя металлическими плитами

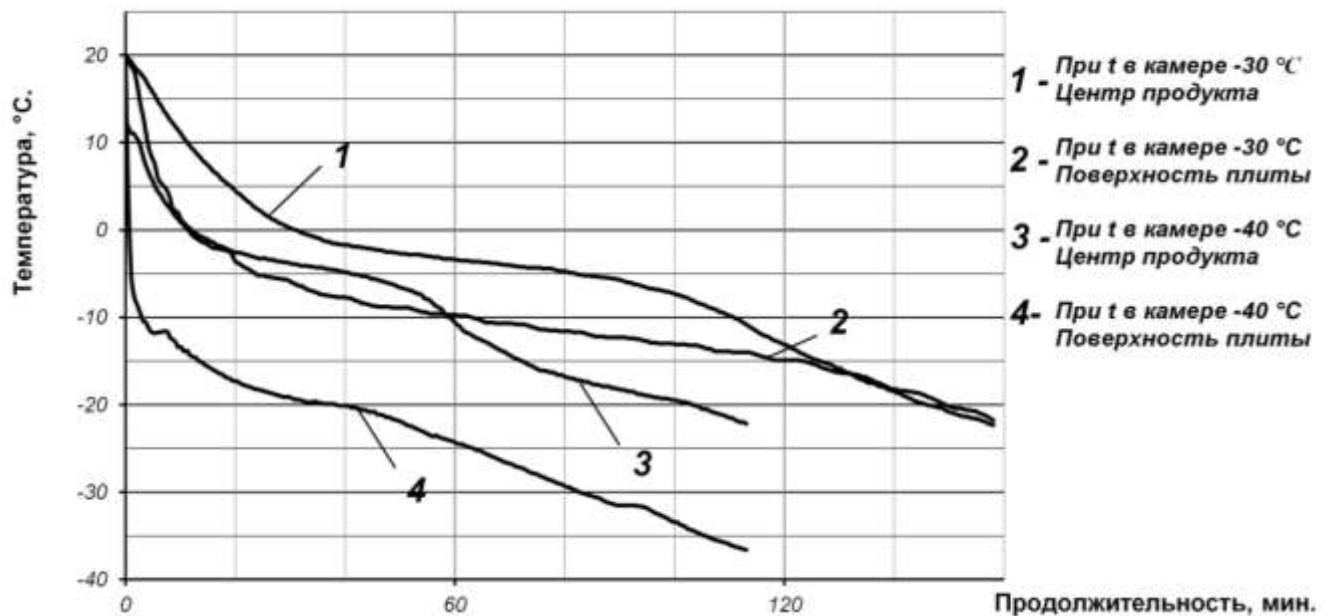


Рис. 3.14. График изменения температуры в ходе конвективного подмораживания и домораживания фаршированных зраз на металлической плите

Кривая, изображенная на рис. 3.14, отличается невыраженным участком плато, плавно переходящим в участок выравнивания. Визуально можно увидеть перенос продукта со стола-сетки на стальной стол – это скачок температуры на графике, занимающий небольшое время.

Итоговое время всех способов замораживания для исследуемого мясного полуфабриката приведено в таблице 3.13.

Таблица 3.13

## Итоговое время замораживания мясных полуфабрикатов

Способ	Время (мин.)
при температуре минус 40 °С	
В потоке воздуха	98
На металлической плите	81
Между двумя плитами	82
Комбинированное замораживание	85
при температуре минус 30 °С	
В потоке воздуха	134
На металлической плите	107
Между двумя плитами	109
Комбинированное замораживание	119

В начале замораживания при росте кристаллов льда начинается миграция влаги, находящейся в продукте, и присоединение к ним. При этом играет роль скорость замораживания – быстрое понижение температуры приводит к росту кристаллов внутри клетки, они мелкие и распространены равномерно, при этом вода не мигрирует через клеточную мембрану. Если температура снижается или растет неравномерно, возникают ее колебания при самой низкотемпературной обработке, в процессе транспортировке и хранения на складах и в торговых сетях в холодильниках, то наблюдается рекристаллизация льда, что негативно влияет на качество продукта

Необходимо было сравнить применяемые способы замораживания по скорости процесса замораживания. Скорость выражали через отношение минимального расстояния между поверхностью продукта и его термическим центром ко времени ( $\tau_2 - \tau_1$ ) между моментами достижения на поверхности 0 °С и температу-

ры в термическом центре на 10 °С ниже криоскопической для мясных рубленых фаршированных полуфабрикатов.

С учетом рецептурного состава мясных рубленых полуфабрикатов вычислили общую криоскопическую температуру минус 1,17 °С. Согласно результатам эксперимента (таблица 3.14) нашли время между моментами достижения на поверхности 0 °С и температуры минус 11,7 °С в термическом центре.

Таблица 3.14

## Расчет времени замораживания мясных полуфабрикатов

Способ	$\tau_2$ , мин.	$\tau_1$ , мин	$\tau_2 - \tau_1$ , ч
при температуре минус 30 °С			
Конвективный	118,8	15	1,7
Контактный	75,5	5,3	1,2
Комбинированный	86,6	8,3	1,3
при температуре минус 40 °С			
Конвективный	89,2	4,1	1,4
Контактный	39,9	0,4	0,7
Комбинированный	45,8	0,75	0,75

В таблице 3.15 сведены результаты расчета скоростей замораживания для всех способов. Ниже приведена формула для расчета скорости замораживания  $v$ , см/ч:

$$v = \frac{l}{(\tau_2 - \tau_1)}, \quad (3.13)$$

Основываясь на классификации процессов низкотемпературной обработки пищевых продуктов, все исследованные методы замораживания являются быстрыми, т.к. полученные значения скоростей находятся в диапазоне от 0,5 до 5 см/ч.

Комбинированный способ замораживания показал себя более рациональным, чем остальные; поэтому решено провести для него тепловой расчет продолжительности замораживания. Были поставлены задачи: определить продолжительность низкотемпературного воздействия и количество теплоты, которое отводится при этом [4, 90].

Скорости замораживания МРП

Способ	$v$ , см/ч
при температуре минус 30 °С	
Конвективный	0,59
Контактный	0,83
Комбинированный	0,77
при температуре минус 40 °С	
Конвективный	0,71
Контактный	1,43
Комбинированный	1,33

На продолжительность замораживания оказывают влияние теплофизические характеристики обрабатываемого продукта, его размеры (толщина), начальная и конечная температура процесса, исходя из которой, определяется скорость замораживания. Продолжительность можно определить как время, которое нужно, чтобы температура продукта изменилась от начальной до заданной конечной. Большинство влаги, находящейся в продукте, при этом кристаллизуется [90].

Для проведения расчета продолжительности нужно представить МРП как тело простой стереометрической формы. Объект замораживания имеет толщину около 2 см, форму круга в поперечном сечении, диаметр которого 10 см. Принимается, что продукт имеет плоскую двухстороннюю поверхность и является неограниченным. Плоскостность полуфабриката задается при формовании в процессе производства продуктов. Необходимо учесть количество полной удельной теплоты, которую необходимо отвести при замораживании от тела, с учетом диапазона температур: заданной начальной и средней конечной, кДж/кг:

$$q_3 = h_k - h_{с.к.}, \quad (3.14)$$

где  $h_k$  – энтальпия, соответствующая начальной температуре продукта, кДж/кг;  
 $h_{с.к.}$  – энтальпия при средней конечной температуре продукта, кДж/кг.

Нижеприведенная формула Планка учитывает форму продукта, используя ее, производили расчет:

$$\tau = \frac{q_3 \cdot \rho \cdot l}{3,6(t_{кр} - t_c)A} \cdot \left( \frac{l}{4\lambda_m} + \frac{1}{a} \right), \quad (3.15)$$

где  $t_{кр}$  – криоскопическая температура продукта, °С;

$t_c$  – температура среды для отвода тепла, °С;

$A$  – равен 2, т.к. это коэффициент, учитывающий форму замораживаемого продукта.

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

$l$  – толщина продукта, м;

$\lambda_m$  – коэффициент теплопроводности, соответствующий средней температуре в процессе замораживания, которая лежит между криоскопической и средней конечной температурами, Вт/(м·К);

$a$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

При упаковывании мясных рубленых полуфабрикатов проводили вакуумирование пакета для плотного прилегания его в поверхности и удаления прослойки воздуха между зразами и пленкой. Операция вакуумирования положительно влияет на сокращение времени замораживания за счет уменьшения теплового сопротивления материала [90]. Также сократить процесс замораживания позволило следующее: выбор более низкой температуры отводящей тепло среды (минус 40 °С); помещение упакованных в вакууме продуктов при низкотемпературной обработке на стальную плиту (контактный способ) для увеличения коэффициента теплоотдачи; при приготовлении зразы сокращение ее толщины до 2 см.

Замерзающую влагу представляем как мелкие механически связанные включения в пористом продукте, имеющем скелетную неподвижную структуру. Схема расчета основана на процессе перемещения границы между замерзшей и незамерзшей влагой от поверхности в глубину продукта в результате отвода от него теплоты.

Верхний и нижний слои продукта замерзают вследствие разного отвода тепла: верхний слой отдает тепло холодному потоку воздуха,двигающегося со ско-

ростью 1,5 м/с; нижний располагается на стальной плите – отвод тепла происходит значительно быстрее. В разрезе мясной рубленый полуфабрикат выглядит как начинка из овощей, окруженная говяжьим фаршем. Толщина фарша 6 мм, начинки – 8 мм. Необходимо определить продолжительность замораживания каждого из слоев.

Принимаем некоторое малое время  $\Delta\tau$ , спустя которое от момента начала замораживания граница раздела между замерзшей и незамерзшей частями продукта переместилась на расстояние  $\Delta l$  в глубину полуфабриката. Таким образом, произошло замерзание малого по толщине  $l$  слоя МРП.

Для проведения расчета воспользуемся дифференциальным уравнением:

$$\Delta\tau = \frac{q\rho}{t_{\text{хр}} - t_{\text{хл}}} \left( \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{\alpha} \right) \Delta l, \quad (3.16)$$

где  $t_{\text{хл}}$  – температура хладоносителя, °С,

$q$  – выделяемая единицей массы тела теплота продукта при его замораживании, кДж/кг [50]. Остальные значения расшифрованы формулой (3.15).

При расчете толщины замороженной части продукта использовали алгоритм:

1. Примем, что в начале замораживания  $\tau=0$ ;  $l=0$ ;  $\Delta\tau=10$  с.
2. Толщина замерзшего слоя продукта  $\Delta l$  за время  $\Delta\tau=10$  с:

$$\Delta l = \frac{\Delta\tau}{\frac{q\rho}{t_{\text{хр}} - t_{\text{хл}}} \left( \frac{1}{\alpha} \right)}, \quad (3.17)$$

3. Тогда  $l_1 = \Delta l$ , следующее  $\Delta l$  определили следующим образом:

$$\Delta l = \frac{\Delta\tau}{\frac{q\rho}{t_{\text{хр}} - t_{\text{хл}}} \left( \frac{l_1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha} \right)}, \quad (3.18)$$

4. Тогда  $l_2 = l_1 + \Delta l$ . Описанным образом рассчитываем толщины замораживаемого продукта: нижнего слоя  $l_{\text{конт.}}$ , замерзающего на плите, верхнего  $l_{\text{конв.}}$  – в потоке воздуха.

5. Расчет подходит к завершению в тот момент, когда суммарная толщина замерзших слоев продукта достигнет 20 мм.

$$l_{\text{общ}} = l_{\text{конт.}} + l_{\text{конв.}} \quad (3.19)$$

Теплота, выделяемая мясным фаршем при замораживании, определялась как разность энтальпий, и составила 264,2 кДж/кг. Средняя плотность фарша 1025 кг/м<sup>3</sup>, его криоскопическая температура равна минус 1 °С. Теплопроводность принимали равной 1,54 Вт/м·К. При этом теплота определялась как разность энтальпий свежей смеси «Зимний гарнир» и замороженной смеси, и составила 374,2 кДж/кг. Средняя плотность смеси составила 896,9 кг/м<sup>3</sup>, криоскопическая температура смеси с учетом массовой доли каждого из компонентов равна минус 1,17 °С. Теплопроводность начинки принимаем равной 1,97 Вт/м·К.

Температура хладоносителя  $t_{\text{хл}}$  равна температуре воздуха в камере и составила минус 40 °С. Коэффициенты теплоотдачи для конвективного и контактного замораживания будут различны и составят 8 и 27 Вт/(м<sup>2</sup>·К) соответственно.

По результатам расчетов был построен график продолжительности замораживания мясных комбинированных полуфабрикатов, представленный на рисунке 3.15.

Продолжительность замерзания нижнего слоя фарша, непосредственно расположенного на металлической охлаждаемой плите, составила 30 мин, овощной начинки – 48 минут. Большая часть верхнего слоя фарша (5 мм) замерзла за счет отдачи своего тепла потоку холодного воздуха. Нижний слой фарша и овощная начинка замерзли вследствие отдачи тепла металлической плите. Продолжительность замораживания, полученная расчетным методом, составила 84 мин, что соответствует экспериментальным данным.



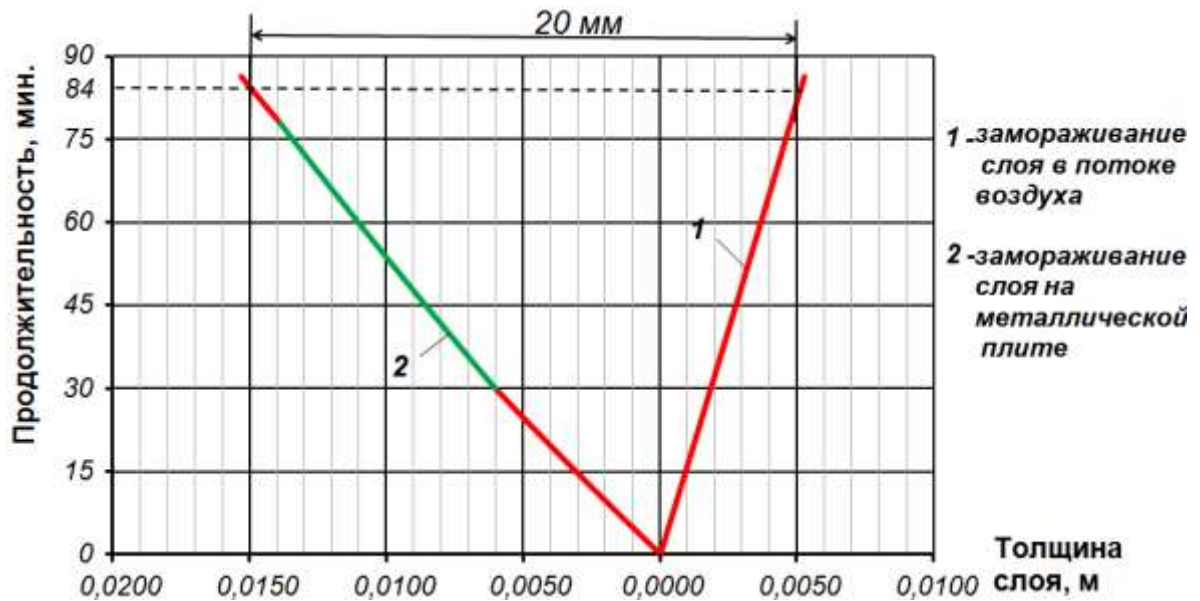


Рис. 3.15. График определения продолжительности замораживания мясных комбинированных полуфабрикатов комбинированным способом: линия 2 – процесс замораживания овощной начинки; линия 1 – процесс замораживания мясного говяжьего фарша

Таким образом, были проведены исследования для определения способа замораживания мясных полуфабрикатов для совершенствования процессов их низкотемпературного консервирования, был выбран способ упаковывания зразы в вакуумный пакет и замораживание уже упакованного полуфабриката комбинированным способом.

Следующий этап исследований должен быть направлен на выявление рациональных технологических параметров процесса замораживания мясных рубленых полуфабрикатов, которые непосредственно влияют на продолжительность процесса низкотемпературной обработки.

### 3.5. Определение рациональных технологических параметров, влияющих на продолжительность замораживания мясных рубленых полуфабрикатов

Раздел посвящен определению, рациональных технологических параметров продолжительности замораживания комбинированным способом на основе регрессионного анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований при низкотемпературной обработке мясных полуфабрикатов.

При замораживании поток воздуха необходим для передачи теплоты от продукта к хладагенту, циркулирующему внутри воздушного скороморозильного аппарата. Увеличение скорости движения воздуха возможно за счет того, что продукт замораживается уже упакованным, что исключает усушку продукта. Снижение температуры внутри замораживающей камеры и увеличение скорости движения воздуха необходимо совершать с учетом затрат на получение холода, поддерживая наиболее выгодную с экономической точки зрения разницу температур. На продолжительность замораживания оказывает влияние то, какой толщины продукт находится в упаковке. В результате вышесказанного были выделены наиболее значимые параметры, существенно влияющие на продолжительность замораживания  $\tau$ , мин.

Были проведены исследования по выявлению степени влияния температуры в камере скороморозильного аппарата  $t$ , °С, скорости движения воздуха при обдуве продукта  $\omega$ , м/с, и толщины замораживаемого продукта  $\delta$ , мм, в упаковке. Мясные полуфабрикаты замораживали при двух температурных режимах: минус 30 °С и минус 40 °С до достижения в центре продукта температуры минус 24 °С, т.к. при указанной температуре вся свободная влага в продукте подвергается кристаллизации. При температурном режиме минус 20 °С замораживание производили до температуры минус 18 °С.

В ходе проведения экспериментов температура в камере менялась от минус 40 до минус 20 °С, скорость движения воздуха – от 1 до 3 м/с, толщина продукта в упаковке в диапазоне 10 – 30 мм. Базовые (нулевые) точки и шаги варьирования приведены в таблице 3.16.

В ходе исследования требовалось установить зависимость, а также смоделировать уравнение для определения количественных значений факторов, влияющих на продолжительность замораживания мясных комбинированных полуфабрикатов. Зависимый параметр – это продолжительность замораживания. Независимые переменные – это температура в камере, скорость движения воздуха и толщина замораживаемого продукта.

## Уровни и интервалы варьирования

Фактор	Условное обозначение	Уровни варьирования			
		Верхний уровень	Нижний уровень	Центр плана	Интервал варьирования
Температура в камере воздушного скороморозильного аппарата $t$ , °C	$t$	-20	-40	-30	10
Скорость движения воздуха $\omega$ , м/с	$\omega$	3	1	2	0,5
Толщина замораживаемого продукта $\delta$ , мм	$\delta$	30	10	20	5

Анализ проводился в программе Statistica 8 с помощью модулей «Промышленная статистика», «Нелинейное оценивание» и «Общие регрессионные модели».

Полученная в ходе статистического анализа модель, классифицирована как аналитическая эмпирическая статическая стохастическая нелинейная математическая модель. Наилучшая модель получена с помощью инструмента «Регрессия поверхности смеси» модуля «Общие регрессионные модели».

В таблице 3.17 приведена оценка модели.

Таблица 3.17

## Оценка модели

Зависимая переменная	R	R <sup>2</sup>	F	p
$\tau$	0,9988	0,9976	3053,756	0,00

Коэффициент корреляции R практически приблизился к единице, что говорит о сильной зависимости выходной переменной от входных переменных. Близость коэффициента корреляции к единице показывает приближение корреляционной связи к функциональной. Коэффициент детерминации R<sup>2</sup> модели также близок к единице. Из этого следует, что доля дисперсии зависимой переменной, объясняемая рассматриваемой моделью зависимости, равна 99,7%. F-критерий

Фишера имеет достаточно большое значение, чтобы утверждать, что модель является адекватной и может быть использована для принятия решений к осуществлению прогнозов. Рассматриваемая модель является статистически значимой, т.к. р-уровень составляет 0%. Это показывает, что модель с вероятностью 0,00 будет являться лишь случайным совпадением для данных выборок.

В таблице 3.18 представлены коэффициенты регрессии модели.

Таблица 3.18

## Коэффициенты модели

Эффект	Коэффициент	t	p	$\beta$
Свободный член	154,61	14,33	0,00	
t	9,89	18,50	0,00	1,24
t <sup>2</sup>	0,158	19,15	0,00	1,2
$\omega$	-24,87	-5,45	0,00	-0,27
$\omega^2$	3,99	4,27	0,00	0,17
$\delta$	14,56	31,92	0,00	1,58
$\delta^2$	0,02	2,45	0,01	0,1
t $\times\omega$	-0,34	-5,03	0,00	-0,14
t $\times\delta$	0,25	37,18	0,00	1,06
$\omega\times\delta$	-0,51	-6,6	0,00	-0,16

Статистическая значимость (р-уровень) у всех коэффициентов низкая, в пределах тысячных долей процентов, лишь у некоторых коэффициентов она составляет более 1,5%, что также является малым значением.

Это показывает, что каждый найденный коэффициент с вероятностью равной соответствующему ему р-уровню будет говорить, что найденная зависимость является лишь случайной особенностью данной выборки. Аналогичные результаты отображает t-критерий Стьюдента. У всех коэффициентов он достаточно высок, что говорит о высокой статистической значимости этих коэффициентов.

В соответствии с этим оценены коэффициенты  $\beta$ . Данный коэффициент оценивает меру чувствительности одной переменной к другой переменной. Это означает, что наиболее чувствительным для значения продолжительности  $\tau$  будет влияние  $t$ ,  $t^2$ ,  $\delta$  и совместное влияние  $t$ - $\delta$ , причем все факторы дают прямо пропорциональную зависимость. Чувствительность остальных факторов менее существенна, но значительно выше нуля.

Полученная по ходу исследования модель, позволяющая прогнозировать значения зависимой переменной, имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} \tau = & 154,61 + 9,89 \cdot t + 0,15 \cdot t^2 - 24,87 \cdot \omega + 3,99 \cdot \omega^2 + 14,56 \cdot \delta + \\ & + 0,02 \cdot \delta^2 - 0,34 \cdot t \cdot \omega + 0,25 \cdot t \cdot \delta - 0,51 \cdot \omega \cdot \delta \end{aligned} \quad (3.20)$$

Используя полученную модель, можно сравнить наблюдаемые значения (полученные в ходе эксперимента) зависимой переменной с предсказанными (полученные с помощью математической модели). Разницу наблюдаемых и предсказанных значений можно оценить с помощью относительной погрешности по формуле (3.12).

Некоторые результаты сравнения значений продолжительности замораживания сведены в таблицу 3.19.

Сравнение выявило, что погрешность достаточно мала, менее 5%, следовательно, модель можно использовать для предсказания значений зависимой переменной. Ввиду приведенных выше рассуждений, модели, полученные в ходе исследования, могут считаться адекватными и могут быть использованы для дальнейшего тестирования.

Данные, полученные в ходе регрессионного анализа, для лучшего восприятия представлены в виде поверхностей отклика для фаршированных зраз (рис. 3.16 – 3.18).

Сравнение наблюдаемых и предсказанных значений

№ п/п	$\tau$ , мин наблюдаемое	$\tau$ , мин моделируемое	Относительная погрешность, %
1.	45,33	47,48	4,7
2.	69,5	70,27	1,1
3.	94,5	94,2	0,3
4.	120,5	119,28	1
5.	147,5	145,51	1,3
6.	42,5	44,25	4,1
7.	65	65,75	1,1
8.	88,33	88,39	0,07
9.	112,5	112,18	0,2
10.	137,33	137,12	0,1
Средняя относительная погрешность			4,7

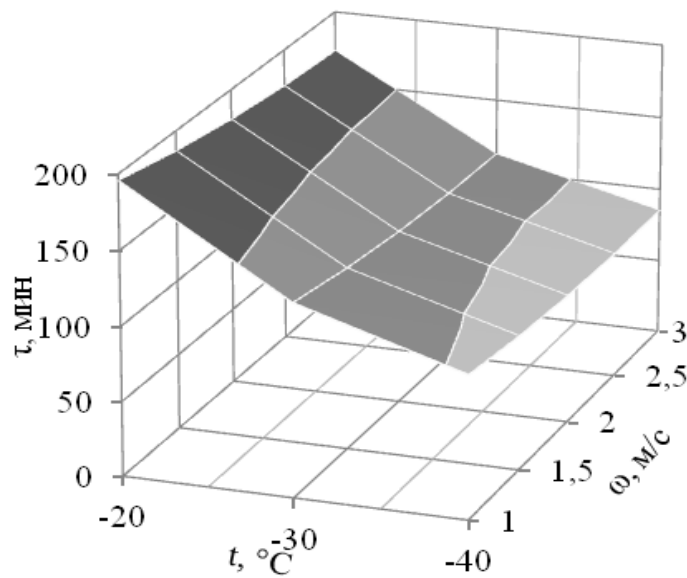


Рис. 3.16. Зависимость продолжительности замораживания  $\tau$  от температуры  $t$  и скорости движения воздуха в скороморозильной камере  $\omega$

$$\tau = 460,78 + 15,36 \times t - 35,13 \times \omega + 0,17 \times t^2 - 0,31 \times t \times \omega + 4,37 \times \omega^2 \quad (3.21)$$

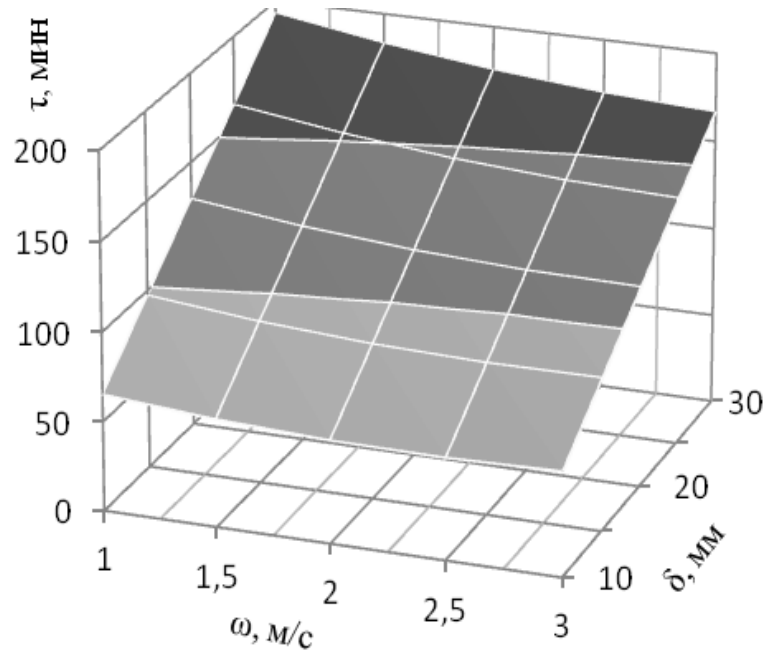


Рис. 3.17. Зависимость продолжительности замораживания  $\tau$  от скорости движения воздуха в скороморозильной камере  $\omega$  и толщины слоя продукта  $\delta$

$$\tau = 13,14 - 16,03 \times \omega + 6,86 \times \delta + 4,37 \times \omega^2 - 0,49 \times \omega \times \delta + 0,03 \times \delta^2 \quad (3.22)$$

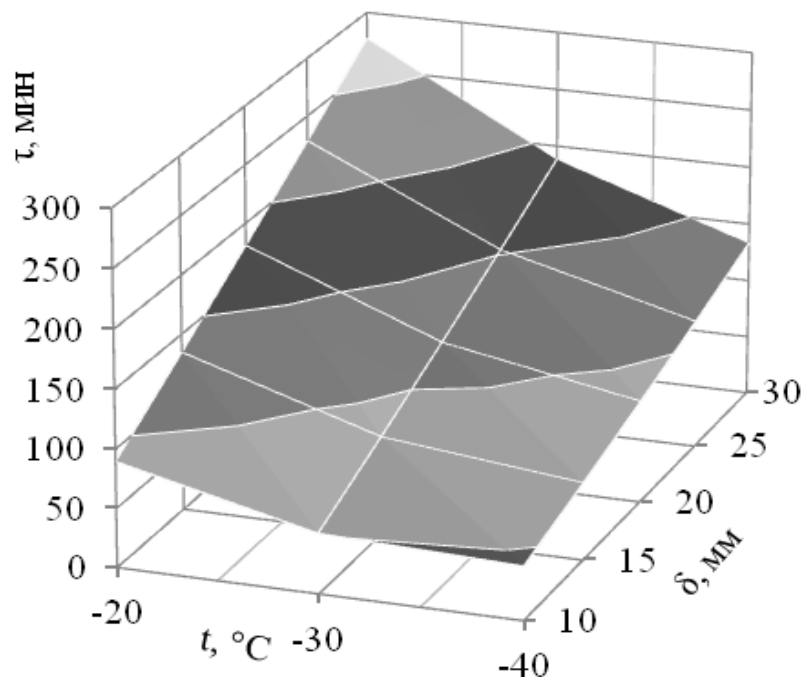


Рис. 3.18. Зависимость продолжительности замораживания  $\tau$  от температуры в скороморозильной камере  $t$  и толщины слоя продукта  $\delta$

$$\tau = 131,61 + 13,36 \times \delta + 9,75 \times t + 0,025 \times \delta^2 + 0,25 \times \delta \times t + 0,17 \times t^2 \quad (3.23)$$

С помощью инструментов программы Statistica были получена математическая регрессионная модель, которые позволяет предсказывать продолжительность замораживания продуктов комбинированным способом с высокой точностью. Значения относительной погрешности между экспериментальными данными и предсказанными составили менее 5%.

### **3.6. Анализ энергетической эффективности низкотемпературной обработки мясных рубленых полуфабрикатов**

В разделе представлены результаты исследования эффективности различных режимов комбинированного замораживания мясных полуфабрикатов. Низкотемпературная обработка происходила в воздушных скороморозильных аппаратах. Воздух выступает в качестве промежуточного хладоносителя, переносящего теплоту от объекта к испарителю холодильной машины. Исследуемый диапазон скоростей движения воздуха от 1 до 3 м/с. Для определения параметров движения воздуха в аппарате необходимо знать массовые и объемные показатели исследуемых продуктов (таблица 3.20).

Таблица 3.20

Характеристики исследованных мясных комбинированных полуфабрикатов

Продукт	Толщина замораживаемой порции, м	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
Фаршированные зразы	0,02	965,95

Расчеты времени замораживания при различных скоростях движения воздуха и температурах приведены в предыдущей главе. На основании результатов расчетов построены графики продолжительности замораживания полуфабрикатов от начальной температуры 10 °С до температуры минус 24 °С в скороморозильном аппарате, приведенные на рис. 3.19.



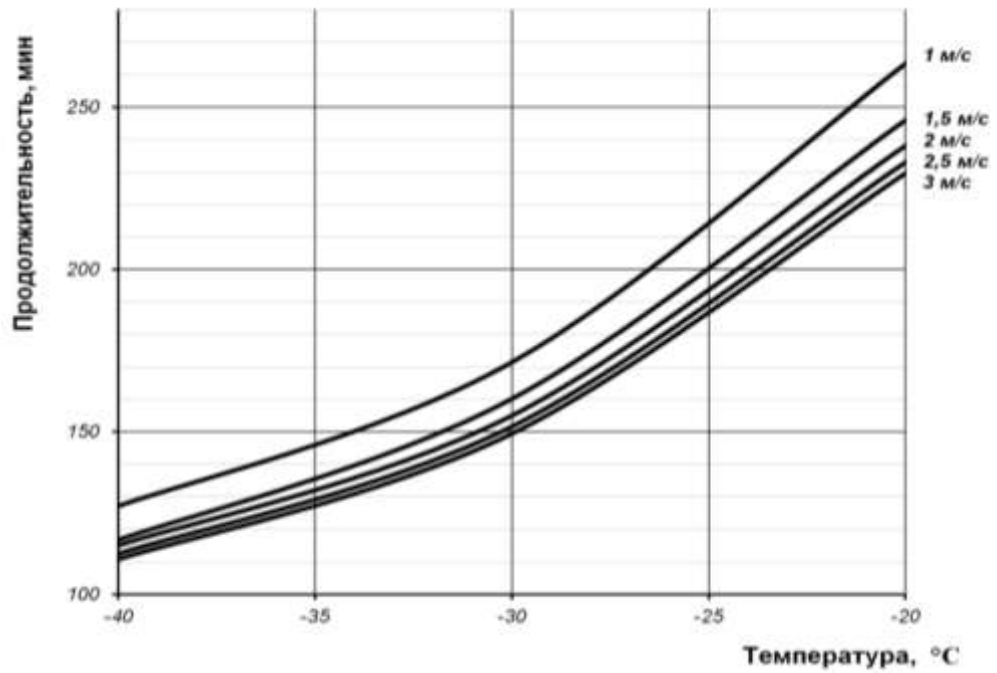


Рис. 3.19. Продолжительность замораживания в зависимости от температуры и скорости движения воздуха в камере

Расчет энергозатрат для осуществления процесса замораживания мясных полуфабрикатов от  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  до минус  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$  производился по известной методике [139]. Результаты приведены на рис. 3.20.



Рис. 3.20. Энергия (кДж/кг) необходимая для циркуляции воздуха в скороморозильном аппарате в зависимости от температуры и скорости воздуха

Анализ результатов показал, что оптимальный диапазон скоростей для мясных рубленых полуфабрикатов составляет 1–2 м/с, именно в этом диапазоне обеспечиваются минимальные энергозатраты.

Увеличение скорости движения воздуха увеличивает его расход для отведения теплоты от замораживаемой смеси, т.е. увеличиваются энергозатраты для обеспечения перемещения необходимого количества воздуха. Но при этом, чем выше скорость движения воздуха, тем ниже энергозатраты по преодолению аэродинамических сопротивлений.

Далее была проведена энергетическая оценка производства искусственного холода для замораживания мясных полуфабрикатов [139]. Эффективность производства искусственного холода исследовали в одноступенчатых и двухступенчатых холодильных машинах, функционирующих на фреоне R-404a. Атмосферный воздух температурой от 15 °С до 35 °С рассматривался в качестве окружающей среды. Фреон R-404a является смесью хладонов, устойчивый по составу, озонобезопасен, экологичен, экономичен.

Для проведения расчетов принимали разность температур между рабочим веществом и воздухом, выходящим из воздухоохладителя минус 10 °С, а разность температур между рабочим веществом и окружающей средой в испарителе 10 °С. Удельная холодопроизводительность, необходимая для низкотемпературной обработки зраз в зависимости от температур окружающего воздуха и воздуха в скороморозильном аппарате показаны на рис. 3.21.

На рис. 3.22 представлены графики энергозатрат, которые необходимы для производства холода для замораживания мясных полуфабрикатов в зависимости от температур окружающей среды и воздуха в скороморозильном аппарате в одноступенчатой холодильной машине.

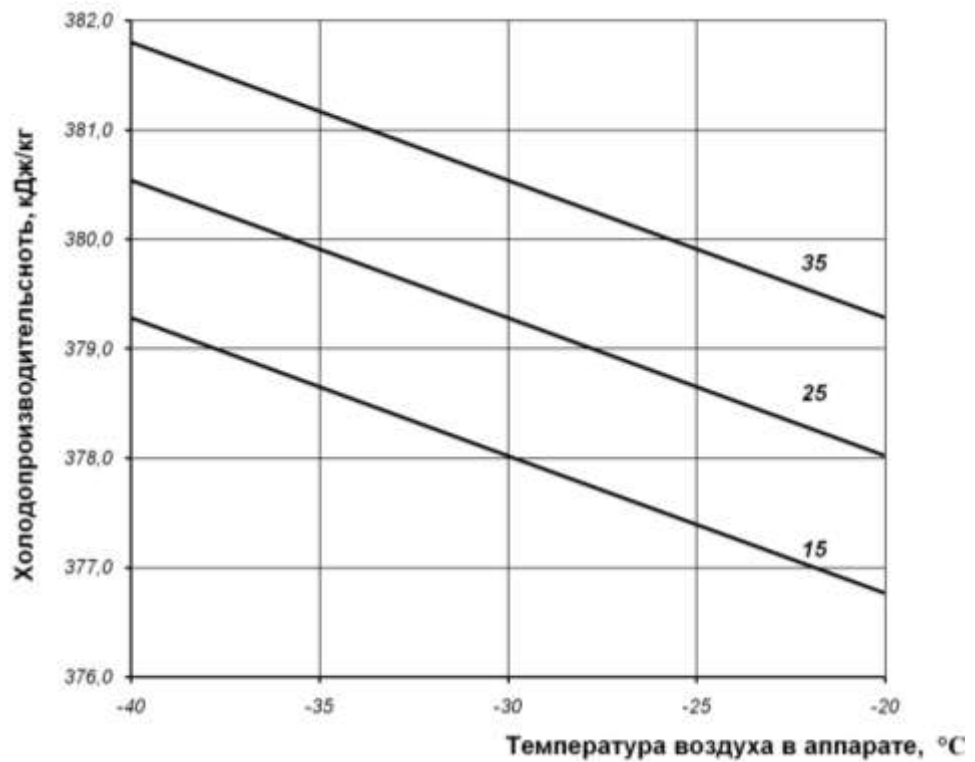


Рис. 3.21. Холодопроизводительность холодильной машины для низкотемпературной обработки полуфабрикатов от  $10^{\circ}\text{C}$  до  $-24^{\circ}\text{C}$

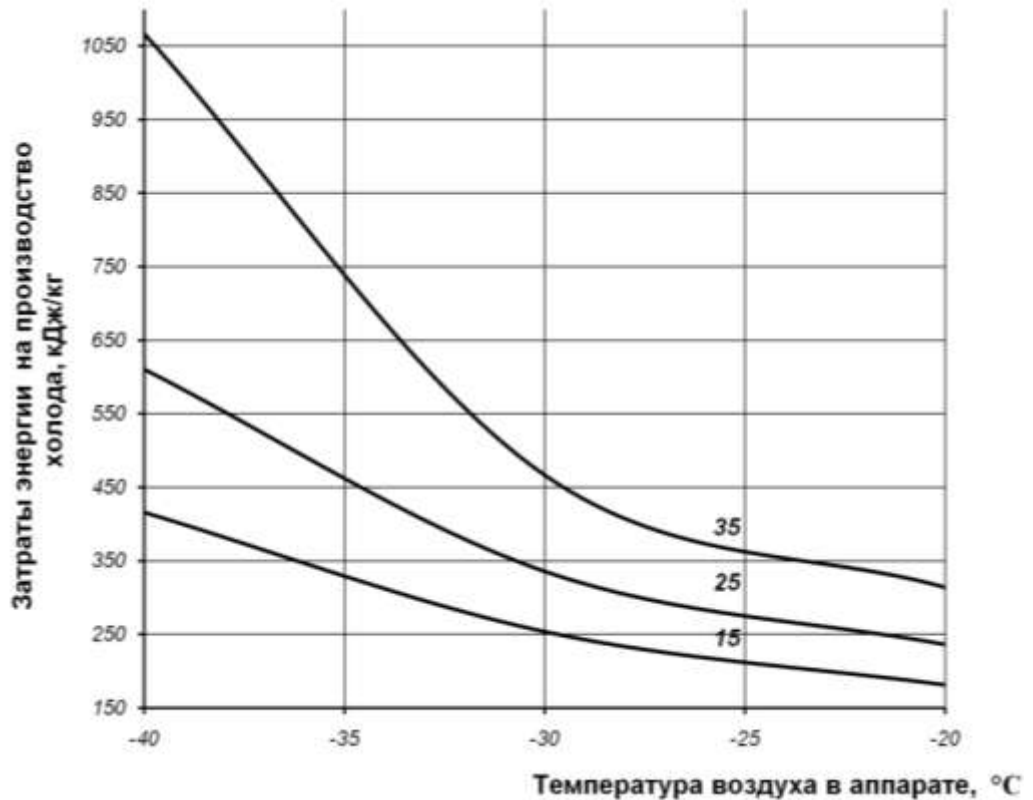


Рис. 3.22. Затраты энергии на привод одноступенчатой холодильной машины для замораживания от  $10^{\circ}\text{C}$  до минус  $24^{\circ}\text{C}$  мясных полуфабрикатов

На рис. 3.23 представлены графики энергозатрат, которые необходимы для производства холода для замораживания мясных полуфабрикатов в зависимости от температур окружающей среды и воздуха в скороморозильном аппарате в двухступенчатой холодильной машине.

Проанализировав полученные данные, можно сказать, что для замораживания мясных фаршированных зраз целесообразно использовать одноступенчатые холодильные машины при температуре в камере от минус 25 °С до минус 20 °С. В этом случае затраты энергии на производство холода не превышают 360 кДж/кг. При более низких температурах в камере (от минус 40 °С до минус 25 °С) применение машины одноступенчатого сжатия оправдано только при температуре окружающего воздуха не выше 15 °С (затраты энергии около 360 кДж/кг), что в реальных условиях маловероятно.

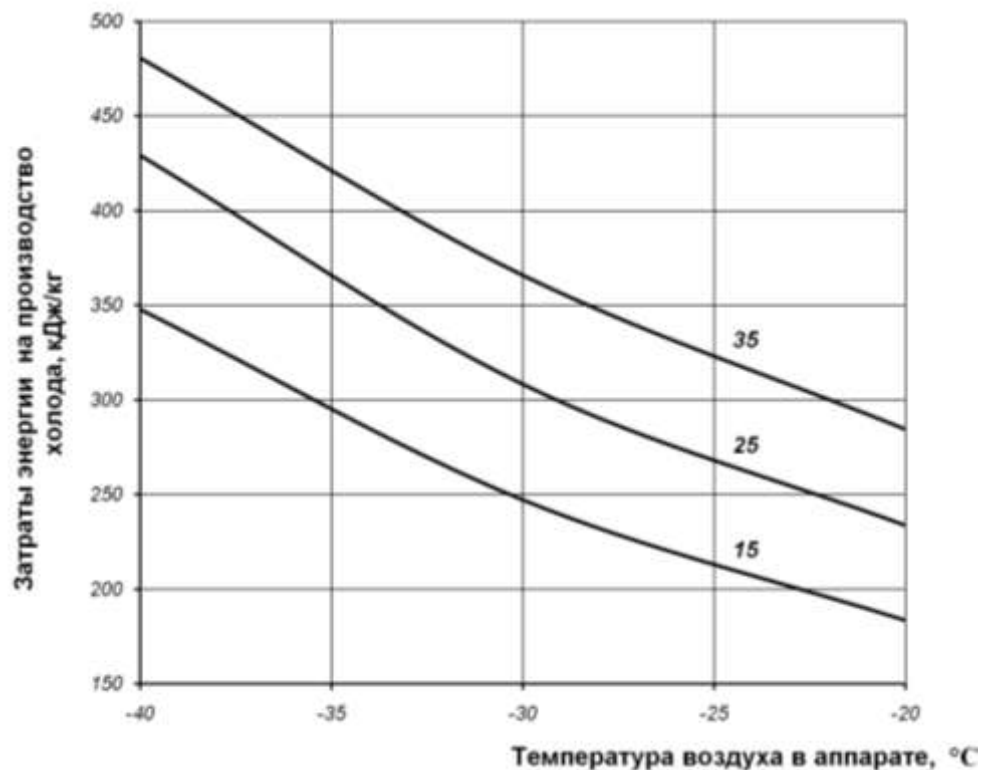


Рис. 3.23. Затраты энергии на привод одноступенчатой холодильной машины для замораживания мясных зраз от 10° С до минус 24° С

С учетом того, что температура окружающего воздуха может колебаться от 15 °С до 30 °С, применение двухступенчатой холодильной машины будет иметь большую эффективность: при минус 40 °С в камере и при температуре окружающей среды 35 °С затраты энергии на выработку холода не превысят 480 кДж/кг. Затраты энергии одноступенчатой машины при этих же условиях составят не менее 1050 кДж/кг, что более чем в 2 раза превышает энергозатраты машины двухступенчатого цикла.

### **3.7. Определение рациональных параметров хранения замороженных мясных рубленых полуфабрикатов в биополимерной пленке**

Качество замороженных продуктов во многом зависит от температурных режимов хранения, которые подлежат постоянному контролю во всей холодильной цепи сбыта и реализации – от производства до потребления готового продукта [41, 63]. На хранение закладывались мясные рубленые полуфабрикаты с упаковкой и без нее, замороженные комбинированным способом при температурах минус 30 °С и минус 40 °С, по достижении в центре продукта температуры минус 18 °С. Полуфабрикаты хранились в холодильной камере при температуре минус 18 °С в течение 6 месяцев, влажность воздуха составила 85%.

Органолептические характеристики мясных полуфабрикатов в свежем и замороженном состоянии оценивали в соответствии с методикой оценки показателей с помощью 5-балльной системы на основании ГОСТ 32951-2014 (приложение Б). Внешний вид и вид на срезе оценивались в замороженном состоянии: котлета из фарша, наполненная овощной смесью, на срезе видно начинку, состоящую из овощной смеси, окруженную фаршем. Цвет и запах также определяли в замороженном состоянии. Показатели должны быть свойственны зразам с учетом используемых рецептурных компонентов, без постороннего запаха. Вкус оценивали в приготовленном виде. Они должны быть свойственны изделию, без посторонних привкуса и запаха.

С учетом вышеперечисленного была проведена дегустация фаршированных зраз, полученные дегустационные оценки приведены в таблицах 3.21.

Таблица 3.21

## Результаты дегустации фаршированных зраз

Показатели качества	Оценка в баллах с учетом коэффициента весомости
1	2
<b><i>Замораживание при минус 30 °С. Хранение при минус 18 °С в вакуумной упаковке</i></b>	
Внешний вид	9
Цвет	10
Запах в замороженном состоянии	14
Запах в приготовленном состоянии	14
Вкус	16
<b><i>Общая дегустационная оценка</i></b>	<b><i>4,5</i></b>
<b><i>Замораживание при минус 40 °С. Хранение при минус 18 °С в вакуумной упаковке</i></b>	
Внешний вид	10
Цвет	10
Запах в замороженном состоянии	14
Запах в приготовленном состоянии	15
Вкус	18
<b><i>Общая дегустационная оценка</i></b>	<b><i>4,9</i></b>
<b><i>Замораживание при минус 30 °С. Хранение при минус 18°С в вакуумной упаковке</i></b>	
Внешний вид	8
Цвет	7
Запах в замороженном состоянии	12
Запах в приготовленном состоянии	12
Вкус	13
<b><i>Общая дегустационная оценка</i></b>	<b><i>3,7</i></b>

Продолжение таблицы 3.21

1	2
<i>Замораживание при минус 40 °С. Хранение при минус 18 °С без упаковки</i>	
Внешний вид	8
Цвет	8
Запах в замороженном состоянии	13
Запах в приготовленном состоянии	12
Вкус	15
<b>Общая дегустационная оценка</b>	<b>4</b>

Исследуемым образцам были присвоены номера: 1 – замораживание упакованных полуфабрикатов при  $-30\text{ °C}$ ; 2 – замораживание упакованных полуфабрикатов при  $-40\text{ °C}$ ; 3 – замораживание неупакованных полуфабрикатов при  $-30\text{ °C}$ ; 4 – замораживание неупакованных полуфабрикатов при  $-40\text{ °C}$ . Согласно полученным баллам построена линейная диаграмма, отражающая органолептическую оценку всех образцов (рис. 3.24).

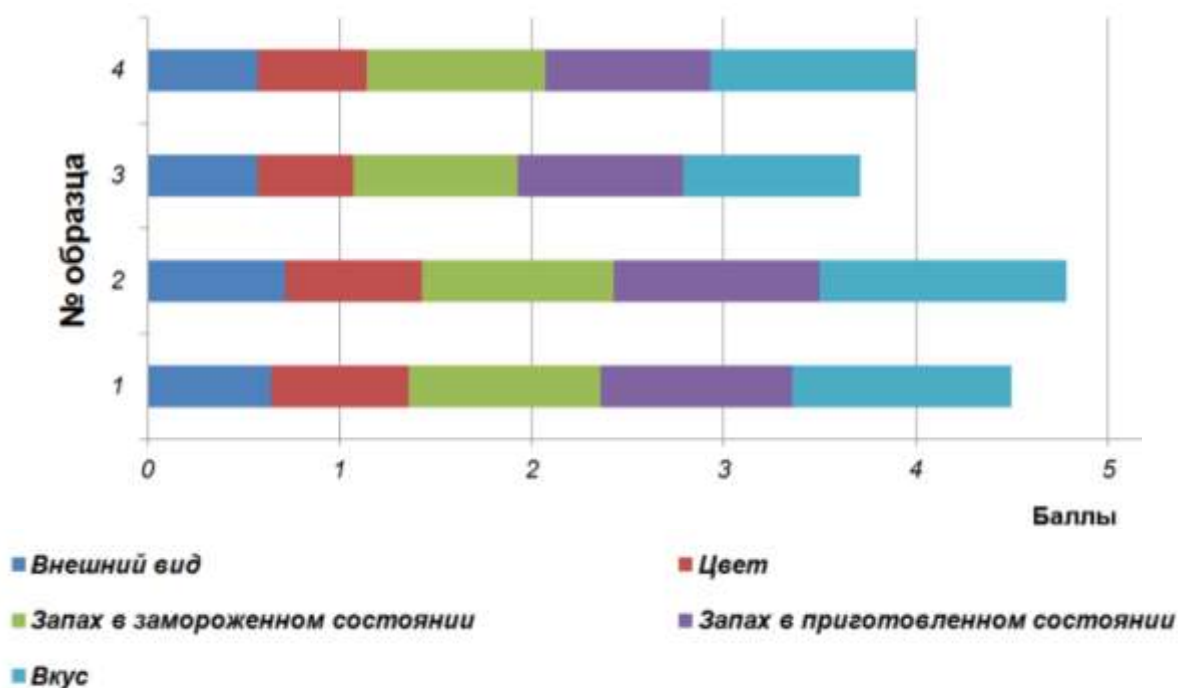


Рис. 3.24. Органолептическая оценка качества мясных полуфабрикатов

Проведенная оценка фаршированных зраз в замороженном и приготовленном состоянии показала, что более высокие дегустационные оценки имеют полуфабрикаты, подвергнутые быстрому замораживанию при температурном режиме минус 40 °С. Выделение влаги сравнительно мало, что говорит о более мелкой структуре кристаллов льда, образованных в процессе замораживания. Также сравнивали два режима хранения мясных полуфабрикатов: в вакуумной упаковке и без упаковки. Зразы, которые замораживали и хранили, предварительно упаковав в вакууме, получили отличную дегустационную оценку, при отсутствии упаковки оценки были ниже. Продукт, замороженный и хранящийся в упаковке, не подвержен усушке, при этом окисление липидной фракции происходит в нем в разы медленнее, что позволяет получать продукт с высокими органолептическими характеристиками. Температура замораживания оказывает влияние на морфологию кристаллов льда (размер, количество кристаллов их форма и распределение), что влияет на микроструктуру замороженных продуктов. При минус 40 °С образовавшиеся кристаллы льда в продукте имеют более мелкую структуру, что способствует меньшему повреждению клеточной структуры фарша и овощной начинки, улучшению процесса замораживания, и также повышает органолептические характеристики замороженного продукта. Таким образом, был подобран режим хранения полуфабрикатов при температуре не выше минус 18 °С с влажностью воздуха около 85%.

Также определяли потери при тепловой обработке и остывании мясных полуфабрикатов. Для этого взвешивали зразы до приготовления и после него, далее рассчитывали потери массы при кулинарной обработке. В результате получили следующие значения: при приготовлении упакованных в вакууме зраз потери при тепловой обработке и остывании составили 12%; при приготовлении зраз, которые хранили без упаковки, – 19%.

Исследованы продолжительность и условия хранения в течение 6 месяцев. Сравнивали содержание витамина С, В6, Е и каротина до замораживания и после низкотемпературного хранения фаршированных зраз [43]. При этом сравнивали два режима хранения: в вакуумной упаковке и без нее (таблица 3.22).



Потери витаминов после замораживания полуфабрикатов комбинированным способом и хранения в вакуумной упаковке при температуре минус 18 °С в течение 6 месяцев не превысили 13%. По полученным данным потери витамина Е составили около 10%, что говорит о том, что процесс окисления липидов практически не протекает. Незначительное изменение содержания витамина Е в образцах свидетельствуют об отсутствии окисления липидов. Таким образом, в одной замороженной фаршированной зразе содержится не менее 31% суточной дозы витамина С, 50% β-каротина и не менее 22% суточной дозы витамина В6.

Таблица 3.22

## Содержание витаминов в фаршированных зразях

Витамин	Суточная потребность, мг	Содержание в зразях до замораживания, мг/100 г	Содержание после низкотемпературного хранения в вакуумной упаковке (без упаковки), мг/100 г	Потери витамина после низкотемпературного хранения в вакуумной упаковке (без нее), %
витамин С	80-90	30,63	26,66 (22,75)	12,9 (24,9)
β-каротин	5	2,84	2,58 (2,18)	9,15 (23,2)
витамин В6	2	0,49	0,45 (0,41)	8,33 (16,3)
витамин Е	30	0,47	0,43 (0,38)	9,14 (19,1)

Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов и количество бактерий группы кишечной палочки определили по ГОСТ 10444.15-94 и ГОСТ Р 52816-2007 соответственно. Также сравнивали перекисное и кислотное числа (таблица 3.23).

Микробиологические исследования показали допустимый уровень содержания КМАФАнМ и БГКП во всех образцах. При этом более низкий уровень обсемененности микроорганизмами и бактериями преобладает в зразях, которые

были упакованы в вакуумный пакет сразу после формования, и только потом заморожены и отправлены на хранение.

Таблица 3.23

## Микробиологические показатели, кислотное и перекисное числа

Показатель	Допустимое значение	Содержание		
		в зрзах до замораживания	после замораживания в вакуумной упаковке/без упаковки	после низкотемпературного хранения в вакуумной упаковке /без упаковки в течение 6 мес.
КМАФАнМ, КОЕ/г (см <sup>3</sup> ), не более	$5 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^5$	$1,7 \cdot 10^5 / 1,9 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^5 / 2,7 \cdot 10^5$
БГКП, в т.ч. сальмонеллы в 0,0001 г	Не допускаются	Не обнаружены		
Перекисное число, ммоль активного кислорода/кг жира	40	2,7	2,7/3,0	3,0/5,60
Кислотное число, мг/1 г жира	0,1÷40	1,3	1,3 /1,3	1,5 /3,04

Величины перекисного и кислотного чисел не превышает допустимых значений, что говорит о высоком качестве мясного сырья для зраз.

В процессе хранения значения чисел незначительно растут, причем у неупакованных мясных полуфабрикатов рост показателей более выражен, что связано с постоянным контактом зраз с кислородом воздуха.

## ГЛАВА 4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 4.1. Разработка усовершенствованной технологии низкотемпературного консервирования мясных рубленых полуфабрикатов в биополимерной упаковке

На основании проведенных исследований разработана и обоснована новая технология низкотемпературного консервирования мясных полуфабрикатов. Схема производства замороженных мясных полуфабрикатов, а именно – фаршированных зраз в биополимерной упаковке – приведена на рис. 4.1.

Для апробации предложенной технологии низкотемпературного консервирования мясных комбинированных полуфабрикатов были получены партии фаршированных зраз в количестве 50 кг на ООО «Здоровое питание» г. Кемерово.

Для приготовления фарша сырое говяжье мясо, предварительно подвергнутое зачистке, жиловке, обвалке пропускают через волчки с двумя решетками с диаметром отверстий 5 мм, полученный фарш смешивают со специями и измельченным луком. Далее формируют фаршированные зразы. Начинка готовится следующим образом: при резке овощам придали форму кубиков со стороной 20 мм. Белые коренья, морковь нарезали брусочками сечением 5x5 мм и длиной 20 мм, лук – шириной 3–4 мм. Все овощи, которые использовались для приготовления смесей, в свежем виде бланшировали. Для этого овощи помещали в кипящую подсоленную воду на 2–3 минуты. После этого овощи охлаждали в проточной холодной воде и помещали на 10 – 15 минут на стеллажи для удаления воды [121].

Готовые сформированные зразы помещали в биополимерный пакет. Пакет вакуумировали и сваривали. Далее отправляли упакованную порцию мясных полуфабрикатов на замораживание.

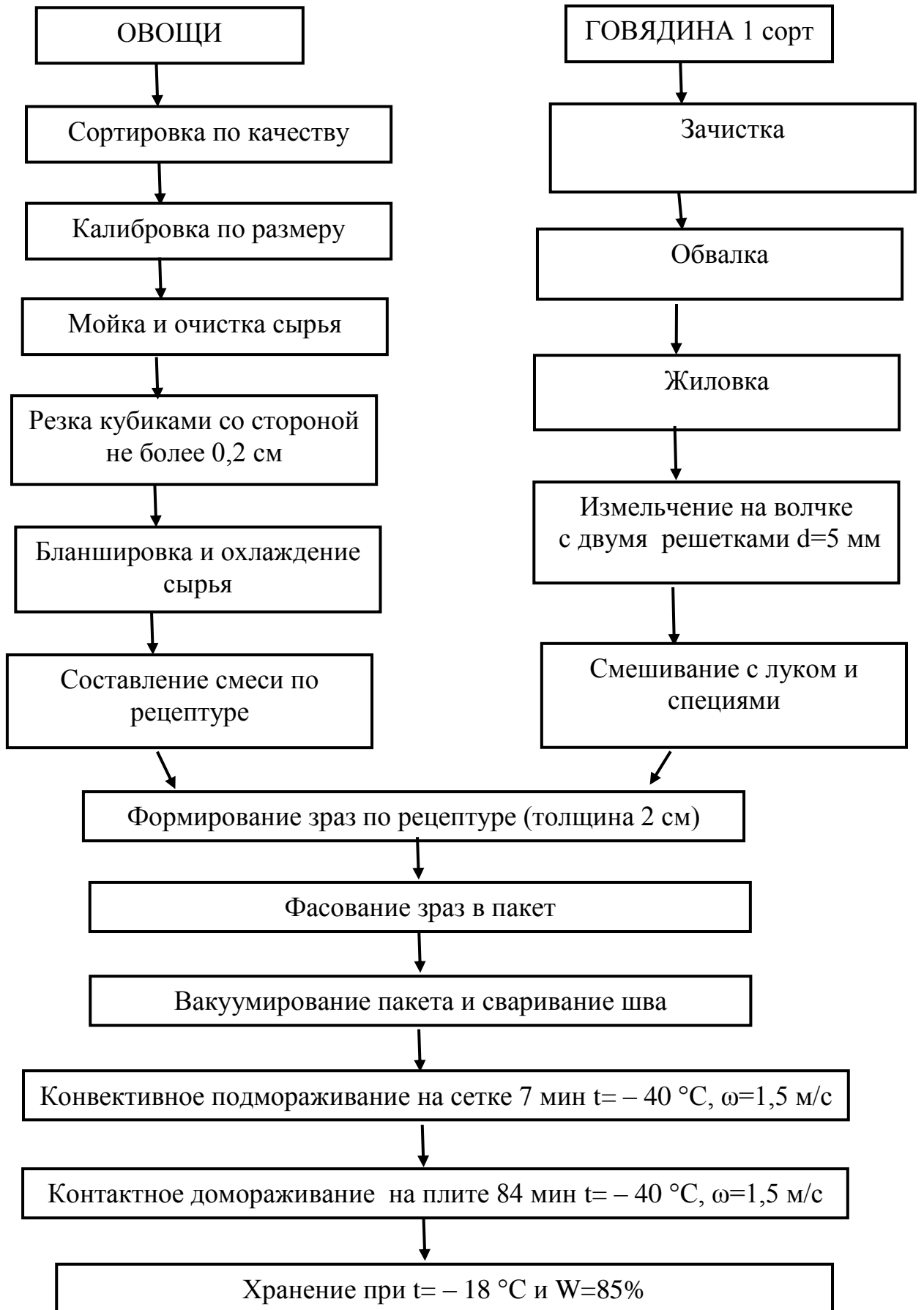


Рис. 4.1. Схема производства замороженных мясных комбинированных полуфабрикатов в биополимерной упаковке

Машинно-аппаратурная схема процесса фасования и замораживания мясных полуфабрикатов, представлена на рис. 4.2.

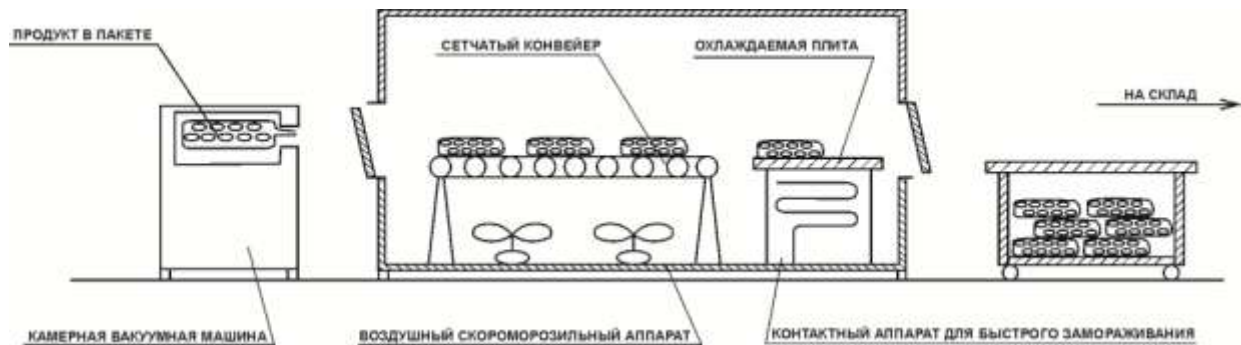


Рис. 4.2. Машинно-аппаратурная схема процесса фасования и замораживания мясных полуфабрикатов

Таким образом, описанный способ замораживания позволил получить замороженные мясные полуфабрикаты в вакуумированной упаковке без возможности её повреждения и развакуумирования в процессе замораживания, что надежно защищает продукт от потери влаги и сохраняет качество [81].

Хранение вакуумированных пакетов со зразами производили при температуре минус 18 °С и влажности воздуха порядка 85%, на складе готовой продукции поддерживали интенсивную циркуляцию воздуха в течение всего периода хранения, это обеспечивало равномерный температурный режим [12]. При использовании биоразлагаемого пакета в качестве упаковки для мясных полуфабрикатов срок их хранения не должен превышать 12 месяцев с момента производства.

Разработанная технология подвергнута системному анализу, исследование технологической линии необходимо начать с конечного продукта [108]. Существующие технологические потоки развиваются и совершенствуются с целью получения высококачественных мясных комбинированных полуфабрикатов в биополимерной упаковке.

Рассмотрим технологический процесс быстрого замораживания и низкотемпературного хранения мясных комбинированных полуфабрикатов:

Заготовка и первичное хранение сырья. Мясное и растительное сырье для замораживания не подлежит длительному хранению. Сырьевая зона завода должна находиться в радиусе не более 10 километров. Мясо на переработку поступает в полутушах, четвертинах в охлажденном состоянии. При сборе овощей не допускаются механические удары, т.к. это приводит к повреждению кожицы, развитию микробиологических процессов, порче сырья [125].

Транспортировка сырья. Основным средством для доставки сырья являются автомашины. Говядина доставляется на предприятие в оборудованных переключателями тушевозах. Растительное сырье, имеющее грубую ткань или защитный покров (корнеплоды, лук), транспортируют навалом. Стандартной тарой для перевозок овощей являются деревянные решетчатые ящики-клетки вместительностью не более 20 кг. Поступившее на завод сырье желательно сразу направлять на переработку, т.к. большое значение для сохранности сырья имеет условия и продолжительность хранения. Тару для транспортировки после каждого оборота необходимо подвергать санитарной обработке горячим паром или хлорной водой.

Обвалка, зачистка и жиловка для мясного сырья. Представляет собой удаление костей из полутушек. Обвалка выполняется на специальном столе с помощью обвалочных ножей. После этой операции выполняется жиловка, то есть мясо окончательно очищается от пленок, костей, хрящей, жил для получения разных сортов мяса. Кроме того, при зачистке срезают излишний жир. Все это производится вручную.

Приготовление фарша. Заключается в измельчении говядины на волчке с двумя решетками с диаметром отверстий 5 мм. Следующая стадия – соединение измельченного фарша с измельченным луком. Получившуюся смесь снова измельчают в волчках (диаметр отверстий решетки 2–3 мм) и заправляют специями.

Инспекция для овощного сырья. Овощи помещаются для осмотра на прорезиненный ленточный конвейер в один слой. Удаляются нестандартные плоды, плоды, пораженные вредителями и болезнями [3].

Калибровка для овощного сырья. Сортировка по размеру происходит с целью механизации последующих операции и сокращения расходов сырья. Овощи разделяются на 4–6 фракций.

Мойка для овощного сырья. Овощи моют в элеваторных моечных машинах, для мелких плодов применяют моечно-встряхивающие машины. Далее овощи подвергают душированию и удалению влаги с поверхности.

Очистка сырья для овощного сырья. В ходе операции удаляют несъедобные части овощей (кожицу, плодоножки, семенные гнезда и др.) с помощью механической очистки на машинах с терочной поверхностью с последующей ручной доочисткой.

Резка для овощного сырья. Овощи нарезают кубиками, кружочками или брусочками в зависимости от соответствующих технологических карт на овощную смесь для полуфабриката.

Бланширование для овощного сырья. Тепловая обработка овощей необходима для сохранения естественного цвета, предохранения от потемнения. Температура воды при бланшировке должна быть не ниже 70 °С, процесс – длиться в течение 2 – 3 минут. Далее сырье охлаждают холодной водой и подсушивают.

Составление овощной смеси. Измельченные овощи смешивают согласно рецептуре. Компоненты должны располагаться однородно.

Формирование фаршированных зраз. Согласно разработанной рецептуре овощную начинку заворачивают в говяжий фарш, формируя изделия высотой 2 см.

Упаковка. Полученные зразы упаковывают порциями в потребительскую тару – пакет из биополимера. Удаляют из упаковки воздух, вакуумируя её.

Замораживание. Процесс протекает на скороморозильном аппарате, изображенном на рис. 5.2, в охлаждаемом помещении с температурой, близкой к температуре замороженного мясного полуфабриката.

Хранение. Полученные замороженные мясные комбинированные полуфабрикаты хранят при температуре не выше минус 18 °С, соблюдая стабильный тем-

пературный режим. Не допускается размораживание и повторное замораживание зраз.

Целью разработки любого производства пищевых продуктов является возможность производства высококачественного продукта при минимальных производственных затратах, что возможно при сведении к минимуму на каждой технологической стадии производственных потерь [109]. Системный анализ заключается в применении модульного принципа, рассматриваемые сложные процессы состоят из модулей – технологического потока (рис. 4.3).

В результате анализа был рассмотрен объект исследования как единое сложное целое, выявлены взаимосвязи частей, изучены отдельные элементы, следующий этап посвящен синтезированию технологического потока малотоннажного производства. Сначала сформировали набор типовых подсистем, из которых складывается технологический поток.

Подсистема А – типовая, включает хранение упакованных и замороженных порций мясных комбинированных полуфабрикатов при температуре не выше – 24 °С при соблюдении стабильного температурного режима. Хладоснабжение системы обеспечивается подсистемой L.

Подсистема В – замораживание упакованных порций мясных полуфабрикатов в скороморозильном аппарате, процесс включает предварительное подмораживание на сетчатом конвейере и домораживание на плите. Температура воздуха и скорость движения воздушной среды являются входными параметрами для управления процессом замораживания, влияют на скорость процесса, производительность аппарата и энергозатраты замораживания. Хладоснабжение системы обеспечивается подсистемой Р.

Подсистема С – упаковка порции фаршированных зраз, включает в себя помещение 2-х изделий в биоразлагаемый пакет, вакуумирование и запайка шва пакета.

Подсистема D – типовая, формирование фаршированных зраз согласно рецептуре.



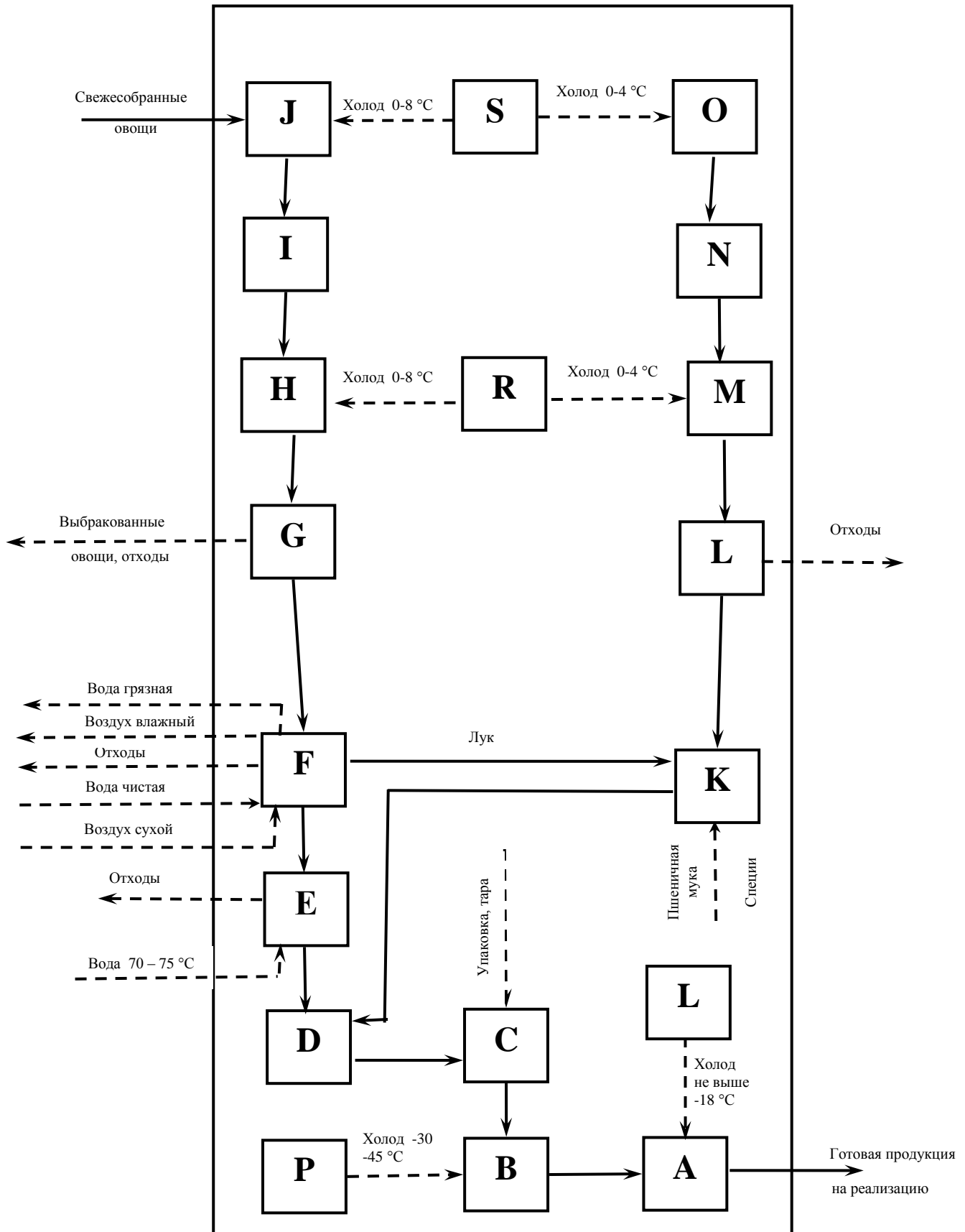


Рис. 4.3. Модель технологической схемы низкотемпературного консервирования мясных рубленых полуфабрикатов в упаковке

Подсистема Е – типовая, включает очистку, резку и бланшировку компонентов овощной начинки

Подсистема F – типовая, включает мойку и сушку овощей.

Подсистема G – типовая, включает инспекцию и калибровку плодов и овощей.

Подсистема H – типовая, включает хранение овощей на сырьевых площадках предприятия до начала переработки.

Подсистема I – типовая, транспортировка плодов и овощей со сборных пунктов заготовительных предприятий, осуществляется с применением специализированного транспорта. Возможно применение холодильных фургонов или тары.

Подсистема J – типовая, заготовка овощей на заготовительных предприятиях. Возможно создание необходимых условий хранения.

Подсистема K – типовая, приготовление фарша согласно рецептуре.

Подсистема L – типовая, включает обвалку, зачистку и жиловку мясного сырья.

Подсистема M – типовая, включает хранение мясных полутуш и четвертин на сырьевых площадках предприятия до начала переработки.

Подсистема N – типовая, транспортировка охлажденной говядины в виде полутуш и четвертин на предприятие в оборудованных перекладами тушевозах.

Подсистема O – типовая, производство полутуш и четвертин говяжьего мяса в убойно-разделочном отделении мясокомбината с созданием необходимых условий хранения.

Подсистема P – типовая, производство искусственного холода для снабжения скороморозильного аппарата с сетчатым конвейером и плитой. Работа зависит от производительности аппарата, размеров и теплофизических характеристик продукта.

Подсистема R – типовая, производство искусственного холода для снабжения складов готовой продукции.

Подсистема S – типовая, производство искусственного холода для хранения сырья на заготовительных площадках и складах.

Качество готовой продукции зависит от параметров, формируемых в ходе операций и процессов, происходящих в подсистемах О, М, J, Н, А и В.

#### 4.2. Расчет стоимости производства замороженных мясных рубленых полуфабрикатов

Для оценки технико-экономических показателей производства замороженных мясных полуфабрикатов определили полную себестоимость, оптовую и розничную цену замороженных фаршированных зраз [13]. Расчет производили с учетом конструкции и принципа действия скороморозильного аппарата, описанного в 4.1. и наличия низкотемпературного склада готовой продукции емкостью 40 м<sup>3</sup>, охлаждение которого производится холодильной машиной, работающей на R-404а.

В таблице 4.1 представлен расчет технико-экономических показателей производства быстрозамороженных мясных комбинированных полуфабрикатов.

Далее производили расчет розничной цены 1 упаковки продукции, состоящий из 4-х зраз весом 100 г каждая, по формуле

$$Ц = \frac{Ц_p}{B}, \quad (4.1)$$

где  $Ц$  – розничная цена 1 упаковки продукции, тыс. руб.;

$Ц_p$  – розничная цена 1 т продукции, тыс. руб.;

$B$  – количество упаковок в 1 т. продукции, шт.;

$$Ц = \frac{142634}{2500} = 0,057$$

Расчет себестоимости, прибыли и цены быстрозамороженных мясных полуфабрикатов

Показатели	Затраты, тыс. руб.	
	на 1т	на годовой объ-ем пр-ва
1	2	3
Сырье и основные материалы	613,87	279926,65
Вспомогательные материалы	12,28	5598,53
Тара и упаковочные материалы	39865,00	18178440,00
Топливо и энергия на технологические цели	29500,00	13452000,00
З/п производственных рабочих	64,58	29449,66
Отчисления на социальное страхование	19,50	8893,80
Расходы на подготовку и освоение производства	32,29	14724,83
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	51,67	23559,72
Цеховые расходы	64,58	29449,66
Цеховая себестоимость	70223,78	32022042,84
Общезаводские расходы	64,58	29449,66
Прочие производственные расходы	18,42	8397,80
Производственная себестоимость	70306,78	32059890,30
Внепроизводственные расходы	3515,34	1602994,51
Полная себестоимость	73822,12	33662884,81
Рентабельность	30	30
Прибыль	29528,85	13465153,92
Оптовая цена предприятия	103350,96	47128038,74
Сумма НДС	20670,19	9425607,75
Отпускная цена с учетом НДС	124021,15	56553646,48
Торговая наценка	18603,17	8483046,97
Розничная цена продукции	142624,33	65036693,46

Таким образом, розничная цена 400-граммовой упаковки замороженных мясных полуфабрикатов составила 57 рублей. Цена быстрозамороженных мясных рубленых полуфабрикатов, представленных на рынке, колеблется от 70 до 100 рублей, что связано с наличием в них, как правило, грибов либо сыра. Грибы, как правило, не выращиваются по месту производства, а закупаются за рубежом, что объясняет повышенную в два и более раза цену. Сыр также имеет более высокую ценовую категорию. Если рассмотреть упаковку в стандартный пакет из БОПП-пленки с учетом того, что сначала будет производиться замораживание полуфаб-

рикатов, только потом фасование, розничная цена 400-граммовой упаковки мясных рубленых полуфабрикатов (ТУ 10.13.14-265-02068309-2019) не превысит 50 рублей. Предложенный способ замораживания в биоразлагаемой упаковке повышает, таким образом, стоимость продукции на 12 %, что является малым значением с учетом высокого качества получаемого продукта и экологичности применяемой упаковки.

В данном разделе была усовершенствована технология быстрого замораживания и низкотемпературного хранения мясных рубленых полуфабрикатов. Производство было подвергнуто системному анализу, в ходе которого были выделены основные модули-процессы. Составлена графическая технологическая модель, выделены ключевые для высококачественного производства подсистемы, от параметров которых зависит качество готовой продукции. Рассчитаны технико-экономические параметры производства, розничные цены для фаршированных зраз.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В результате экспериментальных исследований были получены следующие выводы:

1. Установлено, что уменьшение прочностных характеристик биополимерной пленки «Corn Bag» при минус 60 °С в течение 3-х месяцев составило менее 10 %, что свидетельствует о возможности ее применения для замораживания и низкотемпературного хранения МРП.

2. Разработана усовершенствованная технология низкотемпературного консервирования и длительного хранения МРП упакованных в биополимерную пленку и замороженных комбинированным способом. Преимущества способа заключаются в отсутствии усушки продукта, минимизации бактериальной обсемененности и сохранении органолептических свойств.

3. Разработан комбинированный способ замораживания МРП, включающий предварительное подмораживание упакованного в вакууме продукта на сетчатой подложке и окончательное домораживание на металлической охлаждаемой плите, исключая примерзание и повреждение упаковки при отделении от плиты.

4. Определены теплофизические характеристики МРП: энтальпия, теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность. Предложена методика определения теплофизических характеристик, позволяющая спрогнозировать их изменение при замораживании МРП.

5. Получена аналитическая зависимость, описывающая влияние технологических параметров (скорости движения воздуха, температуры внутри камеры, толщины продукта) низкотемпературной обработки на продолжительность замораживания МРП. Разработана графоаналитическая модель замораживания МРП.

6. Подобран режим низкотемпературной обработки и хранения упакованных в биополимерную пленку МРП комбинированным способом. Условия замораживания: температура минус 40 °С, продолжительность 85 мин, скорость 1,33 см/ч, температура хранения минус 24 °С.

7. Разработаны технические условия и технологическая инструкция для МРП. Промышленные испытания на ООО «Здоровое питание» подтвердили эффективность новой технологии низкотемпературного консервирования МРП с применением комбинированного способа замораживания.

### Список источников

1. Аверин, Г.Д. Физико-технические основы холодильной обработки пищевых продуктов. / Г.Д. Аверин, Н.К. Журавская. – М.: Агропромиздат, 1985. – 225 с.
2. Автоматическая разрывная машина XLW(M): руководство по эксплуатации. – 86 с.
3. Алимов, А. В. Микробиологическая оценка овощей в процессе замораживания и низкотемпературного хранения/ А. В. Алимов, М. Е. Цибизова // Хранение и переработка сельхозсырья, 2015. – №7. – С. 46-49.
4. Алмаши, Э. Быстрое замораживание пищевых продуктов / Э. Алмаши, Л. Эрдели, Т. Шарой.– М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 408 с.
5. Алямовский, И.Г. Технология производства потребителей искусственного холода / И.Г Алямовский.– Л.: Издательство Ленинградского университета, 1984.
6. Анурьева, Е.В. Замораживание плодов и овощей на флюидизационных туннелях/Мороженое и замороженные продукты. – 2004. – №12. – С. 26-28.
7. Бабаева, В.А. Исследование показателей влагоудерживающей способности фарша при измельчении продукта/ В.А. Бабаева, Н.И. Покинтелица // Современные технологии: проблемы и перспективы: сборник статей всероссийской научно-практической конференции для аспирантов, студентов и молодых учёных. – Севастополь, 2020. – С. 236–240.
8. Бабаева, С. Биополимеры или разлагающие добавки/Тара и упаковка. – 2008. – №5. – С. 12 – 16.
9. Бабаева, С. Что делать с пластиковым мусором? Добавка - продеградант: механизм разложения/Тара и упаковка. – 2008. – №6. – С. 36– 37.
10. Бабакин, Б.С. Совершенствование холодильной техники и технологии/Б.С. Бабакин, Б.С. Тихонов, Ю.М. Юрчинский. – М.: Галактика-ИГМ, 1992. – 175 с.
11. Бараненко, А. В. Холодильная технология пищевых продуктов. В 2-х ч. Ч. 1. Теплофизические основы / А. В. Бараненко [и др.]. – СПб. : ГИОРД, 2008. – 224 с.
12. Большаков, С.А. Холодильная техника и технология продуктов питания / С.А. Большаков. – М.: Академия, 2003. – 304 с.



13. Боровикова Л. А. Товароведение продовольственных товаров / Л. А. Боровикова [и др.]. – М. : Экономика, 1982. – 352 с.
14. Бураков, Ю. Н. Тара для упаковки быстрозамороженных обеденных блюд: обзор информ. / Ю. Н. Бураков, Ю. Я. Коломенский, Я. Г. Муравин. – М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1977. – 35 с.
15. Бурмакин А.Г. Справочник по производству замороженных продуктов: справочное издание / А. Г. Бурмакин. – М.: Пищевая промышленность, 1970. – 464 с.
16. Буянов, О.Н. Научные и практические основы дискретного теплоотвода при быстром замораживании пищевых продуктов в потоке воздуха: автореф. дисс. д-ра техн. наук. – Кемерово, 1998. – 42 с.
17. Власова, Г. Современный рынок полимерной упаковки/Новыя тэхналогіі ў мытнай сферы, 2010 г. – С. 82–93.
18. Гиро, Т.М. Производство фортифицированной баранины, обогащённой микроэлементами и витаминами/ Т.М. Гиро, А.В. Куликовский, А.В. Гиро, А.А. Курзова //Все о мясе, 2021. – № 2. – С. 37–41.
19. Гиро, Т.М. Экологически безопасный способ упаковки мясного сырья в биокоррегирующую пленку/ Т.М. Гиро, А.А. Рогожин, А.В. Гиро, С.И. Хвыля //Мясная индустрия, 2019. – № 8. – С. 29–33.
20. Григорьева, Р.З. Анализ способов и разработка технологии производства картофельных полуфабрикатов/ Р.З. Григорьева, А.Ю. Просеков //Достижения науки и техники АПК, 2008. – № 3. – С. 40–42.
21. Григорьева, Р.З. Роль картофеля в обеспечении населения пищевыми веществами// А.Ю. Просеков, В.А. Жданов, И.А. Куляка //Достижения науки и техники АПК, 2006. – № 8. – С. 41–42.
22. Головкин, Н.А. Разработка теории и практики холодильного консервирования пищевых продуктов при близкриоскопических температурах/Н.А. Головкин // Холодильная техника. – 1973 г. – № 7.
23. Головкин, Н.А. Холодильная технология пищевых продуктов / Н.А. Головкин.– М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 240 с.

24. Голунова, Л.Н. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания/ Голунова Л.Н.– СПб: Профикс, 2003. – 408 с.
25. Голянд, М.М. Холодильное технологическое оборудование/М.М. Голянд, Б.М. Малеванный. – М.: Пищевая промышленность, 1977. – 335 с.
26. Грубы, Я. Производство замороженных продуктов: пер. с чеш. / Я. Грубы ; пер., ред. И. Ф. Бугаенко. – М.: Агропромиздат, 1990. – 335 с.
27. Гуринович, Г.В. Исследование влияния состава посолочных смесей на процесс окисления липидов мясных систем/ Г.В. Гуринович, И.С. Патракова, Л.С. Кудряшов//Техника и технология пищевых производств, 2018. – Т. 48. – № 1. – С. 31–40.
28. Данилов, М.Б. Белково-жировая эмульсия для фаршевых изделий/ М.Б. Данилов, А.Ю. Иванов//Вестник ВСГУТУ, 2018. – № 2 (69). – С. 60–66.
29. Данилов, М.Б. Решение проблемы дефицита биоэлементов на основе мясных продуктов/ М.Б. Данилов, А.Д. Аслалиев, Г.Н. Амагзаева, Б.А. Баженова, С.Ю. Лескова//Продукты питания, как фактор формирования здоровья нации: проблемы регионов и пути их решения: сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, 2018. – С. 66–72.
30. Доценко, В. А. О структуре потребления продуктов питания по пищевой ценности и медико-пищевым признакам / В. А. Доценко, Д. Х. Кулев, Ю. В. Клоков // Пищевая промышленность. – 2016. – №8. – С. 22–25.
31. Ермолович, О.А. Методы оценки биоразлагаемости полимерных материалов/ О.А. Ермолович, А.В. Макаревич, Е.П. Гончарова, Г.М. Власова //Биотехнология. – 2005. – № 4. – С. 47–54.
32. Жаринов, А.И. Основы современных технологий переработки мяса. Ч. 1. Эмульгированные и грубоизмельченные мясопродукты//под ред. М.П. Воякина. – М.: ИТАР-ТАСС, 1994. – 154 с.
33. Жизненный цикл упаковки//Пищевая промышленность. – 2012. – №1. – С. 23.
34. Жизненный цикл упаковки. Исследование показало: картон более экологичный по сравнению с пластиком и стеклом//Молочная промышленность. – 2012. – №1. – С. 18–19.

35. Забалуева, Ю.Ю. К вопросу обогащения мясных продуктов природными антиоксидантами// Ю.Ю. Забалуева, Н.В. Мелешкина, Б.А. Баженова, М.Б. Данилов//Все о мясе, 2017. – № 2. – С. 12–15.
36. Закирова, А. Ш. Влияние биополимеров на физико-механические свойства пленок / А. Ш. Закирова, А. В. Канарский, Ю. Д. Сидоров // Пищевая промышленность. – 2012. – №6. – С. 18–19.
37. Замороженные пищевые продукты: производство и реализация: пер. с англ. / ред.: Дж. А. Эванс, Ю. Г. Базарнова; пер. В. Д. Широкова . – СПб. : Профессия, 2010. – 440 с.
38. Замыслов, Э. Оксобioresложение как оптимальный способ решения экологических проблем// Тара и упаковка, 2013. – №3. – С.31–33.
39. Ишевский, А.Л. Замораживание как метод консервирования пищевых продуктов/ А.Л. Ишевский, И.А. Давыдов//Теория и практика переработки мяса, 2017. – Т. 2. – № 2. – С. 43–59.
40. Ишевский, А.Л. Перспективы развития российского рынка мясной переработки/ А.Л. Ишевский, П.И. Гунькова, И.А. Давыдов// Инновационные и ресурсосберегающие технологии продуктов питания: материалы I Национальной научно-технической конференции с международным участием, электронный ресурс, 2018.
41. Ишевский, А.Л. Экспресс оценка сроков хранения пищевых продуктов/ А.Л. Ишевский, В.И. Сорокин// Процессы и аппараты пищевых производств, 2012. – № 1. – С. 30.
42. Каухчешвили, Н.Э. Быстрозамороженные мясорастительные рубленые готовые изделия повышенной пищевой ценности/ Н.Э. Каухчешвили, Т.П. Ниценко, Н.Т. Донцова, Н.Н. Машкова// Мясная индустрия, 2016. – № 7. – С. 33–37.
43. Каухчешвили, Н.Э. Мониторинг показателей качества и безопасности замороженных мясных и мясорастительных рубленых полуфабрикатов/ Н.Э. Каухчешвили, Т.П. Ниценко, Н.Н. Машкова//Мясная индустрия, 2019. – № 12. – С. 36–39.
44. Каухчешвили, Н.Э. Обоснование развития производства быстрозамороженных мясорастительных рубленых изделий как продуктов для здорового питания/ Н.Э. Каухчешвили, Т.П. Ниценко, Н.Н. Машкова//Инновационные технологии обработки и хране-

ния сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов: сборник научных трудов ученых и специалистов к 90-летию ВНИХИ, г. Москва, 2020. – С. 165–175.

45. Каухчешвили, Н.Э. Разработка и оценка композиционного состава рубленых быстрозамороженных мясорастительных изделий/ Н.Э. Каухчешвили, Н.Т. Донцова, Т.П. Ниценко, Н.Н. Машкова//Мясная индустрия, 2018. – № 8. – С. 16–20.

46. Керницкий, В. "Зеленый ПЭТ", "Био ПЭТ", ПЭТ и биоразлагаемые полимеры / В. Керницкий, Н. Жир // Тара и упаковка, 2014. – №5. – С. 30–34.

47. Колодязная, В.С. Искусственный холод и скрытые резервы пищевых отраслей/ В.С. Колодязная, Е.И. Кипрушкина, Д.А. Бараненко, И.А. Шестопалова//Пищевая промышленность, 2018. – № 4. – С. 42–46.

48. Колодязная, В.С. Кинетика образования продуктов гидролиза и окисления жиров при хранении мясопродуктов с различными покрытиями/В.С. Колодязная, Д.А. Бараненко, Ю.В. Бройко//Вестник КрасГАУ, 2011. – № 12 (63). – С. 227–231.

49. Колодязная В.С. Проблемы и пути развития холодильной технологии пищевых продуктов/ В.С. Колодязная, О.Н. Румянцева//Известия Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий, 2008. – № 1. – С. 14–19.

50. Короткая, Е.В. Исследование физико-химических показателей свежих и замороженных плодов облепихи/ Короткая, Е.В., Короткий, И.А. – Известия вузов. Пищевая технология, 2008. – №1. – С.116–117.

51. Короткий, И.А. Исследование и разработка технологий замораживания и низкотемпературного хранения плодоягодного сырья Сибирского региона: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.18.04/Короткий И.А. – Кемерово, 2009. – 42 с.

52. Короткий, И.А. Применение метода двух температурно-временных интервалов для определения теплофизических характеристик пищевых продуктов и материалов/ И.А. Короткий, Е.В. Короткая – Известия вузов. Пищевая технология, 2008. – №2–3. – С. 109–111.

53. Короткий, И.А. Применение метода двух температурно-временных интервалов для определения теплофизических характеристик твердых, жидких и сыпучих материалов // Техника и технология пищевых производств, 2009. – №2. – С. 37–41.

54. Коротышев, А. Планирование в производстве пластиков и упаковки: учитываем детали, умножаем мощности / А. Коротышев // Тара и упаковка, 2006. – №6. – С. 10–11.
55. Котова, Н. И. Упаковка продовольственных товаров из саморазлагающихся материалов: зарубежные производители / Н.И. Котова, Е.В. Никитина//ФЭН-НАУКА, 2011. – №1.– С. 12–13.
56. Крыжановский, В. К. Технические свойства полимерных материалов: учебно-справочное пособие / Крыжановский, В. К. [и др.]; ред. Ю. В. Крыжановская. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Профессия, 2005. - 248 с.
57. Кудряшов, Л.С. Разработка биоразлагаемой плёнки для увеличения срока годности охлаждённых мясных полуфабрикатов/ Л.С. Кудряшов, С.Л. Тихонов, Н.В. Тихонова, А.А. Ногина//Все о мясе, 2019. – № 1. – С. 18–21.
58. Куликовская, Д.В. Применение жидкого азота для охлаждения транспортных средств при перевозках пищевых продуктов/ Холодильная техника, 1975. – № 3. – С. 59–61.
59. Легонькова, О. А. Биополимеры в упаковочной отрасли/О.А. Легонькова, М.С. Федотова//Переработка молока, 2012. – №6. – С. 48–50.
60. Мазуренко, А.Г. Замораживание пищевых продуктов в блоках / А.Г. Мазуренко, В.Г. Федоров. – М.: Агропромиздат, 1988. – 205 с.
61. Модуль ввода аналоговый измерительный МВА8: руководство по эксплуатации. – 90 с.
62. Моисеева, Н.С. Исследование товарного предложения рынка продуктов из мяса индейки/ Н.С. Моисеева, О.К. Мотовилов // Ползуновский вестник, 2018. – № 2. – С. 13–16.
63. Моисеева, Н.С. Разработка и исследование показателей качества копчено-запеченного продукта из мяса индейки/ Н.С. Моисеева, О.К. Мотовилов // Индустрия питания, 2020. – Т. 5. – № 1. – С. 44–49.
64. Насонова, В.В. Изучение изменения показателей качества и безопасности мясных полуфабрикатов из говядины в зависимости от способа упаковки/ В.В. Насонова, П.М. Голованова, Е.В. Милеенкова, Н.М. Ревуцкая//Международная научно-практическая

конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова: сборник трудов, 2015. – № 1. – С. 333–337.

65. Нугманов, А. Х.-Х. Экологически безопасные упаковочные материалы для хранения пищевых продуктов и полуфабрикатов/А. Х.-Х. Нугманов, Л. М. Титова, М. А. Никулина//Известия вузов. Пищевая технология, 2014. – №1. – С. 73–79.

66. Нуждин, А. С. Измерения в холодильной технике: справочное руководство/ А. С. Нуждин, В. С. Ужанский – М.: Агропромиздат, 1986. – 368 с.

67. Остроумов, Л.А. Исследование процессов замораживания плодов и ягод/ Л.А.Остроумов, О.Н. Буянов, И.А. Короткий//Техника и технология пищевых производств, 2009. – № 1 (12). – С. 32–36.

68. Охлажденные и замороженные продукты: пер. с англ. / ред.: М. Стрингер, К. Деннис; науч. ред. Н. А. Уварова; пер.: В. Ашкинази, И. Рыбина. – СПб. : Профессия, 2004. – 496 с.

69. Павловская, Л. М. Направления развития производства консервированных продуктов за рубежом / Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2013 г. – № 3 (21). – С. 18 – 24.

70. Панина, Т. Свойства биоразлагаемого полиэтилена, наполненного крахмалом/Т. Панина, А. Федотова//Тара и упаковка, 2011. – №6. – С. 12–13.

71. Пантюхов, П. Биоразлагаемая упаковка: мифы и реалии// Тара и упаковка, 2013. – №3. – С.28–30.

72. Пат. 2352597 Российская Федерация, МРП С08L23/02, С08L101/16, С08J3/22. Биоразлагаемая гранулированная полиолефиновая композиция и способ ее получения / А.Н. Пономарев, заявитель и патентообладатель – № 2008125461/04; заявл. 25.06.2008; опубл: 20.04.2009.

73. Пат. 2446189 Российская Федерация, МРП С08L3/02, С08L89/00, С08L101/16. Универсальная добавка, инициирующая разложение полимеров, и способ ее получения / Л.Н. Студеникина, А.В. Протасов, А.С.Баймурзаев, В.Ю. Богатырев, Н.А. Балакирева, заявитель и патентообладатель – № 2010152498/05; заявл. 23.12.2010; опубл: 27.03.2012.

74. Пат. 2446191 Российская Федерация, МРП С08L23/06, С08L3/02, С08L101/16. Полимерная композиция для получения биodeградируемых формовочных изделий из

расплава/ Л.Н. Студеникина, Н.А. Балакирева, А.В. Протасов, А.С. Баймурзаев, В.Ю. Богатырев, М.В. Корчагин, Е.В. Складнев Е.В, заявитель и патентообладатель – № 2011104211/05; заявл. 08.02.2011; опубл: 27.03.2012.

75. Пат. 2458077 Российская Федерация, МРП C08J5/18, C08L5/06, C08L5/08, C08L101/16. Биоразлагаемая пленка на основе пектина и хитозана/ О.О. Перфильева, заявитель и патентообладатель – № 2010151358/05; заявл. 14.12.2010; опубл. 10.08.2012.

76. Пат. 2480495 Российская Федерация, МРП C08L23/02, C08L23/04, C08L23/10, C08L25/06, C08L27/06, C08L101/16, C08J3/22, C08L3/20. Новая биоразлагаемая полимерная композиция, пригодная для получения биоразлагаемого пластика, и способ получения указанной композиции / СУМАНАМ Суприти (IN), заявитель и патентообладатель – № 2008147117/05; заявл. 26.04.2007; опубл: 10.06.2010.

77. Пат. № 2490289 Российская Федерация, МРП C08L101/16, C08L23/08, C08L3/02, B82B3/00. Биологически разрушаемая высоконаполненная термопластичная композиция с использованием крахмала и наномодификатора / О.А. Сдобникова, Л.Г. Самойлова, В.А. Смрчек, А.В. Хромов, В.А. Панкратов, Н.С. Шмакова, А.Л.Федотова, Т.В. Панина, А.В. Коноплев, заявитель и патентообладатель – № 2012103514/05; заявл. 02.02.2012; опубл: 20.08.2013.

78. Пат. 2419043 Российская Федерация, МРП F25D 13/06, A23L 3/375. Скороморозильный аппарат с вертикальным винтовым конвейером для замораживания продуктов/ Буянов О.Н., Неверов Е.Н., Лимарев А.Ю., заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «КемТИПП» – № 2010107832/21; заявл. 03.03.2010; опубл: 20.05.2011.

79. Пат. 2453779 Российская Федерация, МРП F25D 3/12, F25D 13/00. Устройство для холодильной обработки тушек птицы диоксидом углерода/ Буянов О.Н., Неверов Е.Н., Нечаяв С.Н., заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «КемТИПП» – № 2011101329/13; заявл. 13.01.2011; опубл: 20.06.2012.

80. Пат. 2526653 Российская Федерация, МРП F25D 3/12, F25D 13/06. Аппарат для холодильной обработки продуктов с рециркуляцией диоксида углерода/ Неверов Е.Н., Буянов О.Н., Гринюк А.Н., заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «КемТИПП» – № 2013120624/13; заявл. 06.05.2013; опубл: 27.08.2014.

81. Пат. 2608727 Российская Федерация, МРП А23В7/04. Способ быстрого замораживания пищевых продуктов из растительного сырья в упаковке/И.А. Короткий, Г.Ф. Сахатдинова, В.Г. Лоншаков – № 2015116997; заявл. 05.05.2015; опубл. 23.01.2017, Бюл. № 3. – 8 с.
82. Пат. 2611845 Российская Федерация, МРП F25D 3/12. Способ холодильной обработки продуктов диоксидом углерода/ Неверов Е.Н, Новиков Е. В., заявитель и патенто-обладатель ФГБОУ ВО «КемГИПП» – № 2015150011,; заявл. 20.11.2015; опубл. 01.03.2017.
83. Патракова, И.С. Использование полбы и расторопши в рецептурах рубленых полуфабрикатов/ И.С. Патракова, Г.В. Гуринович, С.А. Серегин, О.М. Мышалова, М.В. Патшина, Л.С. Кудряшов// Все о мясе, 2021. – № 1. – С. 20–23.
84. Пластиковая упаковка, которая полностью разлагается в процессе компостирования//Тара и упаковка, 2013. – №3. – С.24–26.
85. Полимерные пленки: пер. с англ. / ред. Е. М. Абдель-Бари; пер., ред. Г. Е. Заиков. – СПб.: Профессия, 2005. – 352 с.
86. Постольски, Я. Замораживание пищевых продуктов / Я. Постольски, З. Груда.– М.: Пищевая промышленность, 1978. – 608 с.
87. Преобразователь интерфейсов АС – 4: руководство по эксплуатации. – 25 с.
88. Просеков, А.Ю. Результаты оценки потребности населения в некоторых основных продуктах питания/А.Ю. Просеков, Я.М. Карманова //Достижения науки и техники АПК, 2006. – № 1. – С. 43–45
89. Рогов, И.А. Консервирование пищевых продуктов холодом/И.А. Рогов, В.Е. Куцакова, В.И. Филиппов, С.В. Фролов. – М.: Колос, 1999. – 176 с.
90. Руцкий, А.В. Холодильная технология обработки и хранения продовольственных продуктов / А.В. Руцкий.– Минск: Высшая школа, 1991. – 197 с.
91. Сдобникова, О. А. Биоразлагаемая упаковка – путь к улучшению экологии/ О.А. Сдобникова, Н.А. Савченко, Д.А. Грибкова, Ю.В. Фролова, А.В. Федотова //Переработка молока, 2010.–№ 1(123). – С. 14–15.



92. Семенова, А.А. Достижения и перспективы развития полимерной упаковки мяса и полуфабрикатов/ А.А. Семенова, В.В. Насонова, Н.М. Ревуцкая, М.В. Трифонов//Техника и технология пищевых производств, 2018. – Т. 48. – № 3. – С. 161–174.
93. Снова о жизненном цикле упаковки//Тара и упаковка, 2011. – №6. – С. 26–27.
94. Соренсен, Л.Б. Мировая нормативная база по замороженным продуктам питания//Мороженое и замороженные продукты, 2004. – №1. – С. 36–46.
95. Сравнение экологических характеристик, пакеты ECOLEAN AIR. – Режим доступа: <http://www.ecolean.com/ru/package/>, дата обращения: 31.01.2018.
96. Степаненко, А.Б. Биоразлагаемые полимерные материалы – основа производства современных упаковочных материалов/ А.Б. Степаненко//Пищевая промышленность: наука и технологии, 2011 г. – № 3(13). – С. 49–57.
97. Стручаев, К. Н. Теплофизика замораживания и дефростации овощей/К. Н. Стручаев, В. Ф. Ялпачик//Хранение и переработка сельхозсырья, 2005. – №6. – С. 33–34.
98. Ступникова, А.А. Разработка биоразлагаемых полимерных материалов на основе растительного сырья дальнего востока РФ/А.А. Ступникова, Т.В. Чадова//Приоритеты и научное обеспечение реализации государственной политики здорового питания в России: Материалы IV Международной научно-практической интернет-конференции, г.Орел, 2015 г. – С. 386–389.
99. Суворова, А.И. Биоразлагаемые полимерные материалы на основе крахмала/А.И.Суворова, И.С. Тюкова, Е.И. Труфанова//Успехи химии, 2000. – №69 (5). – С. 494–502.
100. Судзуки, Т. Замораживание пищевых продуктов в жидком углекислом газе//Сёкухин кикай соти, 1978. – № 6. – С. 43–49.
101. Таблицы химического состава пищевых продуктов. Режим доступа: <http://pharmacognosy.com.ua/index.php/vashe-zdorovoye-pitanije/pochti-vse-o-pishchevykh-produktakh>, 22.12.2015 г.
102. Тарасюк, В. Т. Актуальность и перспективы применения биополимеров в пищевой промышленности // Консервная промышленность сегодня: технологии, маркетинг, финансы, 2011. – №3. – С. 55–62.

103. Тасекеев, М.С. Производство биополимеров как один из путей решения экологии и АПК: Аналитический обзор//М.С. Тасекеев, Л.М. Еремеев– Алматы: НЦНТИ, 2009. – 200 с.
104. Терентьев, А.И. Способы увеличения сроков годности пищевых продуктов (обзор)/ А.И. Терентьев, С.Л. Тихонов //Тенденции развития мировой торговли в XXI веке: материалы VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 55-летию учебного заведения, 2019. – С. 241–248.
105. Тетерин, В. Картон для упаковки замороженных продуктов/В. Тетерин//Мясные технологии, 2010. – № 6. – С. 32-33.
106. Тимофеев, В.В. Мировые тенденции на рынке замороженных продуктов// Мороженое и замороженные продукты, 2003. – №10. – С. 30–31.
107. Тимофеевская, С.А. Влияние условий замораживания на качество мясных полуфабрикатов//Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал, 2007. – № 3. – С. 923.
108. Тихонов, С.Л. Активация биокаталитических свойств коллагеназы, предназначенной для применения в технологии мясопродуктов/ С.Л. Тихонов, И.С. Брашко, Н.В. Тихонова, М.С. Тихонова, О.К. Мотовилов // Вестник КрасГАУ, 2020. – № 12 (165). – С. 184–194.
109. Тихонов, С.Л. Барьерные технологии в производстве мясопродуктов/ С.Л. Тихонов, Н.В. Тихонова//Индустрия питания, 2018. – Т. 3. – № 4. – С. 52–59.
110. Тихонов, С.Л. Разработка биоразлагаемых плёнок на основе природных полимеров растительного происхождения и оценка их эффективности/ С.Л. Тихонов, Н.В. Тихонова, С.А. Леонтьева //Профессорский журнал. Серия: рекреация и туризм, 2019. – № 1 (1). – С. 42–54.
111. Тихонов С.Л. Технология и оценка качества пищевых пленок/ С.Л. Тихонов, Н.В. Тихонова, А.А. Ногина//Вестник ВСГУТУ, 2019. – № 1 (72). – С. 19–28.
112. Ты помнишь, как все начиналось? Краткая история замороженных продуктов//Мороженое и замороженные продукты, 2008. – №12 – С.12–15.
113. Упаковка из биоразлагаемых материалов//Тара и упаковка, 2012. – №4. – С. 40–41.

114. Улейский, Н.Т. Холодильное оборудование/Н.Т. Улейский, Р.И. Улейская. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. – 320 с.
115. Филиппов, В.И. Холодильная технология пищевых производств /В.И. Филиппов, М.И. Кременская, В.Е. Куцакова. – СПб.: ГИОРД, 2008. – 576 с.
116. Харлампенков, Е. И. Логистические функции упаковки/Е. И. Харлампенков, Н. И. Котова//Пищевая промышленность, 2014. – №1. – С. 8–10.
117. Хвыля, С.И. Влияние неоднократного замораживания – размораживания на качество мясного сырья/ С.И. Хвыля, В.Н. Корешков, В.А. Лапшин, Т.М. Гиро // Холодильная техника, 2019. – № 1. – С. 46–49.
118. Чижов, Г.Б. Теплофизические процессы в холодильной технологии пищевых продуктов /Г.Б. Чижов. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 272 с.
119. Шубина, О. Г. Низкокалорийные продукты как составляющие сбалансированного рациона питания современного человека/О. Г. Шубина, А. А. Кочеткова//Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2005. – №1. – С. 9–13.
120. Экологичная упаковка: перспективы развития//Тара и упаковка. – 2014. – №4. – С. 19.
121. Экспертиза продуктов переработки плодов и овощей / И.Э. Цапалова [и др.]; ред. В. М. Позняковский. – Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2003. – 271 с.
122. Яблоненко, Л. А. Преимущества использования камер быстрого замораживания для производства полуфабрикатов/Л. А. Яблоненко, В. Н. Лузан, И. И. Бадмаева//Мясная индустрия. – 2007. – №1. – С. 31–34.
123. Akcan T. Antioxidant protection of cooked meatballs during frozen storage by whey protein edible films with phytochemicals from *Laurus nobilis* L. and *Salvia officinalis*/Tolga Akcan, Mario Estévez, Meltem Serdaroglu//LWT, 2017. – V. 77. – pp. 323–331.
124. Bonou, A. Life cycle assessment of Danish pork exports using different cooling technologies and comparison of upstream supply chain efficiencies between Denmark, China and Australia/ Alexandra Bonou, Tracey A. Colley., Michael Z. Hauschild, Stig I. Olsen, Morten Birkved // Journal of Cleaner Production, 2019.

125. Butz, P. Changes in functional properties of vegetables induced by high pressure treatment/P. Butza, R. Edenharderb, A.Fernández Garcíaa, H. Fistera, C. Merkela, B. Tauschera//Food Research International. – V. 35. – 2002. – No. 2–3. – pp. 295–300.
126. Calliar, C. Characterisation and microstructure of reduced-fat chicken patties made with a novel polymer from *Agrobacterium radiobacter* k84/ Caroline Maria Calliari, Evandro Leite de Souza, Raúl Jorge Hernan Castro-Goméz, Vanessa Gonçalves Honório, Marciane Magnani// Food Chemistry, 2015. – V. 173. – pp. 1150–1157.
127. Castro-Giráldez, M. Thermodynamic approach of meat freezing process/ M. Castro-Giráldez, Balaguer E., Hinarejos, P. J. Fito// Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2014. – V. 23. – pp. 138–145.
128. Chakanya, C. Changes in the physico-chemical attributes through processing of salami made from blesbok (*Damaliscus pygargus phillipsi*), eland (*Taurotragus oryx*), fallow deer (*Dama dama*), springbok (*Antidorcas marsupialis*) and black wildebeest (*Connochaetes gnou*) in comparison to pork/Chido Chakanya, Elodie Arnaud, Voster Muchenje, Louwrens C. Hoffman//Meat Science, 2018. – V. 146. – pp. 87–92.
129. Crichton, S. Classification of organic beef freshness using VNIR hyperspectral imaging/Stuart O. J. Crichton, Sascha M. Kirchner, Victoria Porley, Stefanie Retz, Gardis von Gersdorff, Oliver Hensel, Martin Weygandt, Barbara Sturm//Meat Science, 2017. – V. 129. – pp. 20–27.
130. Dalvi-Isfahan, M. Review on identification, underlying mechanisms and evaluation of freezing damage/ M. Dalvi-Isfahan, P. K. Jha, J. Tavakoli, A. Daraei-Garmakhany, E. Xanthakis, A. Le-Bail //Journal of Food Engineering, 2019. – V. 255. – pp. 50–60.
131. Davis, G. Biodegradable packaging based on raw materials from crops and their impact on waste management/ Davis, G., Song, J.H.// Industrial Crops and Products. – 2005. – no. 5 – pp. 15–30/
132. Dermesonlouoglou, E. Kinetic modeling of the quality degradation of frozen watermelon tissue: effect if the osmotic dehydration as a pre-treatment / E. Dermesonlouoglou, M. Giannakourou, P. Taoukis // International journal of food science and technology, 2007 – V. 42. – no. 7. – pp. 790–798.

133. Dieckmann E. Thermal insulation packaging for cold-chain deliveries made from feathers/ Elena Dieckmann, Balázs Nagy, Kika Yiakoumetti, Leila Sheldrick, Christopher Cheeseman// *Food Packaging and Shelf Life*, 2019. – V. 21.
134. Domínguez, R. A Comprehensive Review on Lipid Oxidation in Meat and Meat Products/ R. Domínguez, M. Pateiro, M. Gagaoua, F.J. Barba, W. Zhang, J.M. Lorenzo//*Antioxidants*, 2019. – no. 8, 429. – p. 31.
135. Frank V. Kosikowski. Whey Utilization and Whey Products/ Frank V. Kosikowski// *Our industry today*. – 1979. – V. 62. – no.7 – pp. 1149–1160.
136. Giro, T. Production of enriched lamb in biodegradable packaging/ T. Giro, A. Kulikovskiy, S. Andreeva, I. Gorlov, A. Giro // *Foods and Raw Materials*, 2020. – V. 8. – no.2. – pp. 312–320.
137. González Agustín. Soy protein – Poly (lactic acid) bilayer films as biodegradable material for active food packaging/ González Agustín, Cecilia I. Alvarez Igarzabal// *Food Hydrocolloids*, 2013. – no.33. – pp.289–296.
138. Holman, B. Effect of long term chilled (up to 5weeks) then frozen (up to 12months) storage at two different sub-zero holding temperatures on beef: 1./ Benjamin W. B. Holman, Cassius E. O. Coombs, Stephen Morris, Matthew J. Kerr, David L. Hopkins// *Meat Science*, 2017. – V. 133. – pp. 133–142.
139. Korotkiy I.A. Analysis of the energy efficiency of the fast freezing of blackcurrant berries// *Foods and Raw Materials*, 2014. – no. 2. – pp. 3–14.
140. Obuz, E. Effects of blade tenderization, aging method and aging time on meat quality characteristics of Longissimus lumborum steaks from cull Holstein cows/Ersel Obuz, Levent Akkaya, Veli Gök, Michael E. Dikeman// *Meat Science*, 2014. – V. 96. – no. 3. – pp. 1227–1232
141. Patrakova, I.S. The study of factors affecting the activity of meat antioxidant system/ I.S. Patrakova, G.V. Gurinovich // *Foods and Raw Materials*, 2015. – V.3. – no.1. – pp. 33–40.
142. Pinheiro R. Meat quality of Santa Inês lamb chilled-then-frozen storage up to 12 months/, Caroline L. Francisco, Diego M. Lino, Hirasilva Borba// *Meat Science*, 2019. – V. 148. – pp. 72–78

143. Qu, F. Predicting pork freshness using multi-index statistical information fusion method based on near infrared spectroscopy/Fangfang Qu, Dong Ren, Yong He, Pengcheng Nie, Lei Lin, Chengyong Cai, Tao Dong//Meat Science, 2018. – V. 146. – pp. 59–67.
144. Su G. Thermal characterization and ice crystal analysis in pressure shift freezing of different muscle (shrimp and porcine liver) versus conventional freezing method//Guangming Su, Hosahalli S. Ramaswamy, Songming Zhu, Yong Yu, Feifei Hu, Menglong Xu//Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2014. –V. 26. – pp. 40–50.
145. Tornuk, F. LLDPE based food packaging incorporated with nanoclays grafted with bioactive compounds to extend shelf life of some meat products/ F. Tornuk, M. Hancer, O. Sagdic, H. Yetim//LWT – Food Science and Technology, 2015. – V. 64. – no. 2. – pp. 540–546.
146. Ullah, J. Effect of temperature fluctuations on ice-crystal growth in frozen potatoes during storage/ J. Ullah, P.S. Takhar, S.S. Sablani //LWT – Food Science and Technology, 2019. – V. 59. – no. 2. – pp. 1186–1190.
147. Utrera, M. Temperature of frozen storage affects the nature and consequences of protein oxidation in beef patties/ Mariana Utrera, David Morcuende, Mario Estévez// Meat Science, 2014. – V. 96. – no. 3. – pp. 1250–1257.
148. Vicent, V. Effect of dynamic storage temperatures on the microstructure of frozen carrot imaged using X-ray micro-CT/ V. Vicent, F.-T. Ndoye, P. Verboven, B. Nicolai, G. Alvarez //Journal of Food Engineering, 2019. – V. 246. – pp. 232–241.
149. Viana, M. Consumers' perception of beef burgers with different healthy attributes/ Mayra MonteiroViana, Vivian Lara dos Santos Silva, Marco Antonio Trindade// LWT – Food Science and Technology, 2014. – V. 59. – pp. 1227–1232.
150. Whitesell, T. Evaluation of a rapid protein analyzer as a research tool for lean beef composition: Effects of storage time and freezing/ T. Whitesell, J. L. Aalhus, I. L. Larsen, M. Juárez// Journal of Food Composition and Analysis, 2014. – V. 33. pp. 67–70.
151. Zouaghi, F. Study of modified atmosphere packaging on the quality of ozonated freeze-dried chicken meat/Ferdaous Zouaghi, María J. Cantalejo//Meat Science, 2016. – V. 119. – pp. 123–133.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КЕМЕРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КемГУ»)

ОКПД2 10.13.14.717

Группа Н11  
(ОКС 67.120.10)



УТВЕРЖДАЮ  
Ректор КемГУ  
*А.Ю. Просеков* Просеков А.Ю.

*20 сентября 2019 г.*

**ПОЛУФАБРИКАТЫ МЯСНЫЕ РУБЛЕННЫЕ ЗАМОРОЖЕННЫЕ  
«ЗРАЗЫ С ОВОЩНОЙ НАЧИНКОЙ»**

Технические условия  
ТУ 10.13.14-265-02068309-2019

Дата введения в действие – *20 сентября 2019 г.*

РАЗРАБОТАНО  
ФГБОУ ВО «КемГУ»

Д.т.н., доцент

*Е.В. Короткая* Е.В. Короткая  
ст. преп. каф. «ППП»

*Г.Ф. Сахабутдинова* Г.Ф. Сахабутдинова

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «КЕМЕРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 (ФГБОУ ВО «КемГУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Ректор КемГУ

*[Signature]* Просеков А.Ю.

*20 сентября 2019 г.*

ПОЛУФАБРИКАТЫ МЯСНЫЕ РУБЛЕННЫЕ ЗАМОРОЖЕННЫЕ  
 «ЗРАЗЫ С ОВОЩНОЙ НАЧИНКОЙ»

Техническая инструкция  
 ТИ 10.13.14-265-02068309-2019

Дата введения в действие – *20 сентября 2019 г.*

РАЗРАБОТАНО

ФГБОУ ВО «КемГУ»

Д.т.н., доцент

*[Signature]* Е.В. Короткая  
 ст. преп. каф. «ТПП»

*[Signature]* Г.Ф. Сахабутдинова

г. Кемерово  
 2019



**ПРИЛОЖЕНИЕ В**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КЕМЕРОВСКИЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
(УНИВЕРСИТЕТ)»  
(ФГБОУ ВО «КемТИПП»)**

ОКП 97 3900


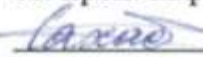
Группа Н53  
(ОКС 67.080.01)

**УТВЕРЖДАЮ**  
И.о. ректора КемТИПП  
Кирсанов М.П.  
01.03.2017 г.



**ПОЛУФАБРИКАТЫ ОВОЩНЫЕ ЗАМОРОЖЕННЫЕ**  
**Технические условия**  
**ТУ 9739-226-020683315-2017**

**Дата введения в действие – 01.03.2017 г.**

**РАЗРАБОТАНО**  
**ФГБОУ ВО «КемТИПП»**  
Д.т.н., доцент  
 И.А. Короткий  
ст. преп. каф. «ТПП»  
 Г.Ф. Сахабутдинова

г. Кемерово  
2017

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

## Органолептическая оценка мясных рубленых полуфабрикатов

Таблица Г.1

## Оценка качества мясных полуфабрикатов по 5-балльной системе

Показатели качества	Оценки, балл	Коэффициент весомости	Оценка в баллах с учетом коэффициента весомости
Внешний вид	1-5	2	2-10
Цвет	1-5	2	2-10
Запах в замороженном состоянии	1-5	3	3-15
Запах в приготовленном состоянии	1-5	3	3-15
Вкус	1-5	4	4-20

Таблица Г.2

## Шкалы балльной оценки показателей качества мясных рубленых полуфабрикатов

Показатель	Баллы	Соответствующие каждому баллу шкалы словесные характеристики отдельных показателей качества изделий
1	2	3
Внешний вид	5	Измельченная однородная масса без костей, хрящей, сухожилий, грубой соединительной ткани, кровяных сгустков и пленок, равномерно перемешана, наполненная овощной смесью. На срезе изделия видно овощную начинку, состоящую из равномерно нарезанных компонентов, окруженную оболочкой из фарша одинаковой толщины. Отсутствуют мелочь и обрезки в составе овощной начинки.
	4	Измельченная однородная масса без костей, хрящей, сухожилий, грубой соединительной ткани, кровяных сгустков и пленок, равномерно перемешана, наполненная овощной смесью. На срезе изделия видно овощную начинку, состоящую из равномерно нарезанных компонентов, окруженную оболочкой из

		фарша одинаковой толщины. Отсутствуют мелочь и обрезки в составе овощной начинки. Допускается наличие в фарше менее 5% примесей, неравномерно нарезанных овощей менее 5% по массе, мелочь и обрезки менее 5% по массе
	3	Измельченная однородная масса с малым присутствием костей, хрящей, сухожилий, грубой соединительной ткани, кровяных сгустков или пленок, равномерно перемешана, наполненная овощной смесью. На срезе изделия видно овощную начинку, состоящую из неравномерно нарезанных компонентов, окруженную оболочкой из фарша одинаковой толщины. В фарше содержится около 5-7% примесей, неравномерно нарезанных овощей около 5-10% по массе, с мелочью и обрезками около 5-7% по массе
	2	Измельченная однородная масса с присутствием костей, хрящей, сухожилий, грубой соединительной ткани, кровяных сгустков или пленок, неравномерно перемешана, наполненная овощной смесью. На срезе изделия видно овощную начинку, состоящую из неравномерно нарезанных компонентов, окруженную оболочкой из фарша различной толщины. В фарше содержится около 7-10% примесей, неравномерно нарезанных овощей около 10-20% по массе, с мелочью и обрезками около 7-10% по массе
	1	Измельченная однородная масса с присутствием костей, хрящей, сухожилий, грубой соединительной ткани, кровяных сгустков или пленок, неравномерно перемешана, наполненная овощной смесью. На срезе изделия видно овощную начинку, состоящую из неравномерно нарезанных компонентов, окруженную оболочкой из фарша различной толщины. В фарше содержится более 10% примесей, неравномерно нарезанных овощей более 20% по массе, с мелочью и обрезками более 10% по массе
Цвет	5	Свойственен натуральному цвету, характерному для мясного фарша. На срезе цвет овощных компонентов свойственен натуральным цветам, характерным для хозяйственно-ботанического

		сорта
	4	Свойственен натуральному цвету, характерному для мясного фарша. На срезе цвет овощных компонентов свойственен натуральным цветам, характерным для хозяйственно-ботанического сорта. Допускается желто-оранжевая сердцевина моркови в овощной смеси.
	3	Близкий к натуральному цвету, характерному для мясного фарша. На срезе цвет овощных компонентов близок к натуральным цветам, характерным для хозяйственно-ботанического сорта. Присутствует желтая сердцевина моркови в овощной смеси.
	2	Близкий к натуральному цвету, характерному для мясного фарша. На срезе цвет овощных компонентов частично близок к натуральным цветам, характерным для хозяйственно-ботанического сорта. Присутствует желто-зеленая сердцевина моркови в овощной смеси.
	1	Близкий к натуральному цвету, характерному для мясного фарша. На срезе цвет присутствуют обесцвеченные зоны на поверхности нарезанных овощей, полная или частичная потеря окраски. Присутствует зеленая сердцевина моркови в овощной смеси.
Запах в замороженном состоянии	5	Интенсивно выраженный, однородный, свойственный соответствующим видам и помологическим сортам овощей в свежем или термически подготовленном виде
	4	Выраженный, однородный, свойственный соответствующим видам и помологическим сортам овощей в свежем или термически подготовленном виде
	3	Слабовыраженный, однородный, свойственный соответствующим видам и помологическим сортам овощей в свежем или термически подготовленном виде
	2	Невыраженный, слегка посторонний, свойственный соответст-

		вующим видам и помологическим сортам овощей в свежем или термически подготовленном виде
	1	Неоднородный, с посторонним запахом, неприятный
Запах в приготовленном состоянии	5	Интенсивно выраженный, однородный, свойственный соответствующим видам и помологическим сортам овощей в термически подготовленном виде
	4	Выраженный, однородный, свойственный соответствующим видам и помологическим сортам овощей термически подготовленном виде
	3	Слабовыраженный, однородный, свойственный соответствующим видам и помологическим сортам овощей в термически подготовленном виде
	2	Невыраженный, слегка посторонний, свойственный соответствующим видам и помологическим сортам овощей в термически подготовленном виде
	1	Неоднородный, с посторонним запахом, неприятный
Вкус	5	Интенсивно выраженный, свойственный блюдам, приготовленным из мяса и свежих овощей
	4	Выраженный, свойственный блюдам, приготовленным из мяса и свежих овощей
	3	Слабовыраженный, свойственный блюдам, приготовленным из мяса и свежих овощей
	2	Невыраженный, слегка посторонний, кисловатый
	1	Неприятный, кислый, посторонний, хруст на зубах

Наивысшее значение дегустационной оценки может составлять 5 баллов. Качество продукции, оцененной в 5,0-4,1 баллов, считают отличным, 4,0-3,1 – хорошим, 3,0-2,1 – удовлетворительным, 2,0-1,5 – неудовлетворительным приемлемым. При получении балла ниже 1,5 балла качество продукции оценивается как неприемлемое (опасное для здоровья).

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д



## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2625982

**СПОСОБ БЫСТРОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ ОВОЩНЫХ  
ПОЛУФАБРИКАТОВ**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)" (RU)*

Авторы: *Короткий Игорь Алексеевич (RU), Майтаков Анатолий Леонидович (RU), Сахабутдинова Гульнар Фигатовна (RU)*

Заявка № 2016125508

Приоритет изобретения 24 июня 2016 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 20 июля 2017 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 24 июня 2036 г.



Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ильин





## ПРИЛОЖЕНИЕ 3



МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ


федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кемеровский государственный университет»  
(КемГУ)

650000, Кемерово, ул. Красная, 6  
Телефон: 8(3842) 58-12-26. Факс: 8(3842) 58-38-85  
E-mail: [rector@kemsu.ru](mailto:rector@kemsu.ru); <http://www.kemsu.ru>

№ \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

  
 \_\_\_\_\_ Р.М. Котов
«25» сентября 2019 г

## АКТ

## внедрения результатов НИР в учебный процесс

Результаты научно-исследовательской работы, посвященные изучению физических свойств биополимерной пленки «Соп Ваг», выполненные в Кемеровском государственном университете, а именно в лаборатории кафедры «Технологическое проектирование пищевых производств» при непосредственном участии аспирантки Г.Ф. Сахабутдиновой, внедрены в учебный процесс.

Полученные результаты используются при организации учебно-исследовательской и практической работы студентов, обучающихся по направлению 29.03.03 «Технология полиграфического и упаковочного производства» при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Материаловедение в полиграфическом и упаковочном производстве».

Зав. каф. «ТПП»,  
д.т. н., профессор

Ст. преп. каф. «ТПП»

  
 Д.М. Бородулин

Г.Ф. Сахабутдинова

## ПРИЛОЖЕНИЕ И

УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор

НПО «Здоровое питание»

к.т.н. \_\_\_\_\_ А.А. Попов

«14» 08 \_\_\_\_\_ 2016г.



АКТ

промышленной выработки замороженных овощных

полуфабрикатов «Зимний гарнир»

от 14.08.2016 г.

Мы, нижеподписавшиеся, главный технолог НПО «Здоровое питание» Е.Е. Петушкова и ст. преп. каф. «ТППП» Г.Ф. Сахабутдинова, составили настоящий акт о том, что в промышленных условиях от 14.08.2016 г. выработана партия замороженных овощных полуфабрикатов «Зимний гарнир» согласно ТУ 9739-226-020683315-2017.

Технологический регламент выдержан в соответствии с требованиями технологической инструкции. Органолептические, физико-химические и микробиологические показатели соответствуют требованиям ТУ 9739-226-020683315-2017.

Главный технолог

НПО «Здоровое питание»

Е.Е. Петушкова

Ст. преп. каф. «ТППП»

Г.Ф. Сахабутдинова

## ПРИЛОЖЕНИЕ К

УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор

НПО «Здоровое питание»

к.т.н. \_\_\_\_\_ А.А. Попов

«25» \_\_\_\_\_ 09 «Здоровое питание» 20/6г



АКТ

промышленной выработки замороженных овощных

полуфабрикатов «Гарнир с тыквой»

от 25.09.2016 г.

Мы, нижеподписавшиеся, главный технолог НПО «Здоровое питание» Е.Е. Петушкова и ст. преп. каф. «ТППП» Г.Ф. Сахабутдинова, составили настоящий акт о том, что в промышленных условиях от 25.09.2016 г. выработана партия замороженных овощных полуфабрикатов «Гарнир с тыквой» согласно ТУ 9739-226-020683315-2017.

Технологический регламент выдержан в соответствии с требованиями технологической инструкции. Органолептические, физико-химические и микробиологические показатели соответствуют требованиям ТУ 9739-226-020683315-2017.

Главный технолог

НПО «Здоровое питание»

Е.Е. Петушкова

Ст. преп. каф. «ТППП»

Г.Ф. Сахабутдинова

## ПРИЛОЖЕНИЕ Л

УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор  
НПО «Здоровое питание»

К.т.н. \_\_\_\_\_ А.А. Попов

«19» \_\_\_\_\_ 2017 г.



АКТ

промышленной выработки замороженных овощных  
полуфабрикатов «Овощная смесь для супа»  
от 19.06.2016 г.

Мы, нижеподписавшиеся, главный технолог НПО «Здоровое питание» Е.Е. Петушкова и ст. преп. каф. «ТППШ» Г.Ф. Сахабутдинова, составили настоящий акт о том, что в промышленных условиях от 19.06.2016 г. выработана партия замороженных овощных полуфабрикатов «Овощная смесь для супа» согласно ТУ 9739-226-020683315-2017.

Технологический регламент выдержан в соответствии с требованиями технологической инструкции. Органолептические, физико-химические и микробиологические показатели соответствуют требованиям ТУ 9739-226-020683315-2017.

Главный технолог

НПО «Здоровое питание»

Е.Е. Петушкова

Ст. преп. каф. «ТППШ»

Г.Ф. Сахабутдинова

## ПРИЛОЖЕНИЕ М

УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор

НПО «Здоровое питание»

К.Т.Н. \_\_\_\_\_

А.А. Попов

«27» \_\_\_\_\_



АКТ

промышленной выработки замороженных мясных комбинированных  
полуфабрикатов ««Зразы с овощной начинкой»  
от 27.09.2019 г.

Мы, нижеподписавшиеся, главный технолог НПО «Здоровое питание» Е.Е. Петушкова и ст. преп. каф. «ТППП» Г.Ф. Сахабутдинова, составили настоящий акт о том, что в промышленных условиях от 26.09.2019 г. выработана партия замороженных мясных комбинированных полуфабрикатов ««Зразы с овощной начинкой» согласно ТУ 10.13.14-265-02068309-2019.

Технологический регламент выдержан в соответствии с требованиями ТИ 10.13.14-265-02068309-2019. Органолептические, физико-химические и микробиологические показатели соответствуют требованиям ТУ 10.13.14-265-02068309-2019.

Главный технолог

НПО «Здоровое питание»

Е.Е. Петушкова

Ст. преп. каф. «ТППП»

Г.Ф. Сахабутдинова

## ПРИЛОЖЕНИЕ Н

**ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)»  
Научно-образовательный центр  
Научно-исследовательская лаборатория**

650056, г. Кемерово  
Бульвар Строителей, д. 47  
тел/факс (384-2) 39-68-74  
e-mail: tl@kemtipp.ru

**ПРОТОКОЛ № 05/17  
От «03» июля 2017**

Заказчик (юридический адрес): Сахабутдинова Г.Ф.

1. Наименование объекта: мясные комбинированные полуфабрикаты, мясные комбинированные полуфабрикаты (замороженные).
2. Исследуемый фактор: Витамин В<sub>6</sub>, Каротин, Витамин С.
3. Дата и время поступления пробы в НИЛ: 09.06.17 г.
4. Вид консервации (при наличии): свежеприготовленные образцы
5. Средства измерения: спектрофотометр Shimadzu UV-1800, весы лабораторные CASUX 220, система капиллярного электрофореза «Капель-105».
6. Условия проведения исследования: 753мм. рг. ст, 23 °С, 40%
7. Фактические значения измеряемых параметров:

**Результаты исследований**

№	Наименование образца	Определяемый параметр	Ед. изм.	Массовая доля витамина в образце	НД на метод исследования
1	Мясные комбинированные полуфабрикаты	Витамин С	мг/100 г	30,63	ГОСТ 24556-89
		Каротин	мг/100 г	2,84	ГОСТ 13496.17-95
		Витамин В <sub>6</sub> (пиридоксин)	мг/100 г	0,49	Р.4.1.1672-03
2	Мясные комбинированные полуфабрикаты (замороженные)	Витамин С	мг/100 г	26,66	ГОСТ 24556-89
		Каротин	мг/100 г	2,58	ГОСТ 13496.17-95
		Витамин В <sub>6</sub> (пиридоксин)	мг/100 г	0,45	Р.4.1.1672-03

Руководитель НОЦ

Научный сотрудник НОЦ



Л.С. Дышлюк

В.Ф. Долганюк

## ПРИЛОЖЕНИЕ О

Изменение теплофизических свойств мясных рубленых полуфабрикатов  
в процессе замораживания

Таблица О.1

Теплофизические свойства мясных рубленых полуфабрикатов  
в зависимости от температуры

Температура, °С	Содержание льда, %	Энтальпия, кДж·кг	Теплоемкость, Дж/(кг·К)	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Температуропроводность, 10 <sup>7</sup> ·м <sup>2</sup> /с
1	2	3	4	5	6	7
25	0	482,49	3858,75	965,95	0,568	1,545
24	0	478,63	3858,75	965,95	0,568	1,545
23	0	474,77	3858,75	965,95	0,568	1,545
22	0	470,91	3858,75	965,95	0,568	1,545
21	0	467,05	3858,75	965,95	0,568	1,545
20	0	463,19	3858,75	965,95	0,568	1,545
19	0	459,33	3858,75	965,95	0,568	1,545
18	0	455,48	3858,75	965,95	0,568	1,545
17	0	451,62	3858,75	965,95	0,568	1,545
16	0	447,76	3858,75	965,95	0,568	1,545
15	0	443,90	3858,75	965,95	0,568	1,545
14	0	440,04	3858,75	965,95	0,568	1,545
13	0	436,18	3858,75	965,95	0,568	1,545
12	0	432,32	3858,75	965,95	0,568	1,545
11	0	428,46	3858,75	965,95	0,568	1,545
10	0	424,61	3858,75	965,95	0,568	1,545
9	0	420,75	3858,75	965,95	0,568	1,545
8	0	416,89	3858,75	965,95	0,568	1,545
7	0	413,03	3858,75	965,95	0,568	1,545
6	0	409,17	3858,75	965,95	0,568	1,545
5	0	405,31	3858,75	965,95	0,568	1,545
4	0	401,45	3858,75	965,95	0,568	1,545

Продолжение таблицы О.1

1	2	3	4	5	6	7
3	0	397,59	3858,75	965,95	0,568	1,545
2	0	393,74	3858,75	965,95	0,568	1,545
1	0	389,88	3858,75	965,95	0,568	1,545
0	0	386,02	3858,75	965,95	0,568	1,545
-0,4	20,52	313,27	3470,89	954,39	0,905	3,740
-0,8	24,66	299,06	3392,59	950,52	0,973	4,016
-1	30,74	278,38	3277,71	944,50	1,073	4,372
-2	55,15	194,49	2816,39	923,24	1,474	6,211
-3	66,44	153,97	2602,99	913,83	1,660	7,368
-4	72,07	132,57	2496,62	909,24	1,752	8,037
-5	75,39	118,97	2433,79	906,56	1,807	8,467
-5,2	75,90	116,80	2424,23	906,15	1,815	8,535
-5,3	77,27	111,99	2398,42	905,04	1,838	8,721
-6	78,56	106,00	2374,02	904,01	1,859	8,902
-7	79,93	99,04	2348,08	902,92	1,881	9,101
-8	80,94	93,34	2329,07	902,12	1,898	9,250
-8,4	81,26	91,30	2322,85	901,86	1,903	9,300
-9	82,77	86,04	2294,35	900,61	1,928	9,527
-9	83,05	83,97	2289,17	900,40	1,933	9,570
-10	83,50	80,16	2280,54	900,04	1,940	9,643
-11	83,87	76,66	2273,65	899,76	1,946	9,701
-12	84,17	73,39	2268,03	899,53	1,951	9,749
-13	84,41	70,30	2263,35	899,34	1,955	9,789
-14	84,62	67,33	2259,36	899,17	1,959	9,823
-15	84,81	64,45	2255,86	899,03	1,962	9,853
-16	84,98	61,64	2252,70	898,90	1,964	9,881
-17	85,13	58,87	2249,77	898,78	1,967	9,906
-18	85,28	56,12	2246,96	898,67	1,969	9,931
-19	85,43	53,38	2244,19	898,55	1,972	9,955
-20	85,58	50,64	2241,38	898,44	1,974	9,980
-20,9	85,71	48,17	2238,79	898,33	1,976	10,003
-21	85,73	47,89	2238,50	898,32	1,977	10,005



Продолжение таблицы О.1

1	2	3	4	5	6	7
-22	85,89	45,12	2235,49	898,20	1,979	10,032
-23	87,51	37,48	2204,91	896,95	2,006	10,309
-24	87,51	35,28	2204,91	896,95	2,006	10,309
-25	87,51	33,07	2204,91	896,95	2,006	10,309
-26	87,51	30,87	2204,91	896,95	2,006	10,309
-27	87,51	28,66	2204,91	896,95	2,006	10,309
-28	87,51	26,46	2204,91	896,95	2,006	10,309
-29	87,51	24,25	2204,91	896,95	2,006	10,309
-30	87,51	22,05	2204,91	896,95	2,006	10,309
-31	87,51	19,84	2204,91	896,95	2,006	10,309
-32	87,51	17,64	2204,91	896,95	2,006	10,309
-33	87,51	15,43	2204,91	896,95	2,006	10,309
-34	87,51	13,23	2204,91	896,95	2,006	10,309
-35	87,51	11,02	2204,91	896,95	2,006	10,309
-36	87,51	8,82	2204,91	896,95	2,006	10,309
-37	87,51	6,61	2204,91	896,95	2,006	10,309
-38	87,51	4,41	2204,91	896,95	2,006	10,309
-39	87,51	2,20	2204,91	896,95	2,006	10,309
-40	87,51	0,00	2204,91	896,95	2,006	10,309

## ПРИЛОЖЕНИЕ П

