

На правах рукописи

Иодис Валентин Алексеевич

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ
МИДИИ ТИХООКЕАНСКОЙ (*Mytilus Trossulus*)
ЖИДКИМ АЗОТОМ**

Специальность 05.18. 04

«Технология мясных, молочных, рыбных
продуктов и холодильных производств»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Петропавловск - Камчатский

2009

Работа выполнена в ФГОУ ВПО «Камчатский государственный технический университет».

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Балыкова Лидия Ивановна

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Богданов Валерий Дмитриевич
кандидат технических наук
Кузнецов Юрий Николаевич

Ведущая организация: **Институт технологии и бизнеса**
г. Находка

Защита состоится 29 декабря 2009 г., в 10 ч 00 мин на заседании диссертационного совета ДМ 307.006.01 при ФГОУ ВПО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет» по адресу: 690600, ГСМ, г. Владивосток, ул. Луговая, 52-Б.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГОУ ВПО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет» по адресу: 690600, ГСП, г. Владивосток, ул. Луговая, 52-Б.

Отзывы на автореферат диссертации с заверенными подписями просим направлять по адресу: 690600, ГСМ, г. Владивосток, ул. Луговая, 52-Б., факс (4232)440306, E-mail: oev@mail.ru.

Автореферат разослан ___ ноября 2009 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
к.т.н., доцент



Е.В. Осипов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Мидия тихоокеанская во многих странах мира используется как деликатесный продукт и как источник ценных биологически активных веществ, обладающих стимулирующе-тонизирующим действием. Среди обнаруженных в мидии веществ наибольший интерес представляют иммуномодуляторы, которые способствуют повышению иммунитета к различным инфекциям. Из тела мидии также выделены различные гормоны – прогестерон, андростерон, тестостерон и др., жирные кислоты, фосфолипиды, белки. Эти вещества успешно применяются в медицине, как для лечения внутренних органов, так и для восстановительных процессов в ортопедии и офтальмологии. Мидии могут быть использованы для получения фармакологически значимых препаратов.

Учитывая уникальность получаемых веществ, важно сохранить питательные и биологически активные компоненты сырья из мидий. Известно, что одним из перспективных методов сохранения качества пищевых продуктов является замораживание с использованием жидкого и газообразного азота. Основными преимуществами этого метода являются высокая скорость замораживания, максимальное сохранение исходного качества продукта, экологическая безопасность.

В нашей стране теоретической базой для разработки технологий производства быстрозамороженных продуктов послужили исследования Н.Д. Абрамова, Н.Э. Каухчешвили, К.П. Венгер, А.Н. Антонова, Б.Н. Семенова, С.Э. Пчелинцева, А.С. Ручьева, В.С. Колодязной. Известны исследования по замораживанию жидким азотом плотвы, икры лососевых пород рыб, мяса гребешка. Однако, как показал обзор литературных источников, исследования по низкотемпературной обработке жидким и газообразным азотом мидии тихоокеанской не проводились.

Учитывая сказанное, представляется целесообразным использование экологически безопасного азота для замораживания мидии тихоокеанской

с целью снижения потерь при размораживании, сокращения продолжительности процесса замораживания, увеличения выхода готовой продукции. Для этого требуется комплекс новых научных данных, что и определяет актуальность выбранной темы, а также цели и задачи исследования.

Цель исследования заключается в разработке технологии низкотемпературной обработки мидии тихоокеанской (*Mytilus Trossulus*) жидким азотом.

Основные задачи исследования. В ходе выполнения теоретических и экспериментальных исследований для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

– произвести расчет теплофизических характеристик мидии тихоокеанской в створках с учетом фазовых превращений воды при низкотемпературной обработке и определить продолжительность ее замораживания;

– разработать, смонтировать экспериментальную установку и провести экспериментальные исследования по установлению основных параметров процесса криогенного замораживания мидии тихоокеанской жидким азотом. По данным экспериментов определить адекватность используемой аналитической модели расчета продолжительности процесса замораживания;

– разработать криогенный способ разделки мидий;

– исследовать влияние криогенного замораживания на степень изменения физико-химических показателей мидии тихоокеанской и вареной мидии;

– определить влияние процесса криогенного замораживания на скорость и глубину изменений качественных показателей мидии тихоокеанской и вареной мидии в процессе хранения;

– разработать нормативно-техническую документацию на производство мороженой мидии без створок и варено-мороженой мидии тихоокеанской, провести производственные испытания.

Научная новизна. Разработан и проверен в промышленных условиях новый способ извлечения содержимого раковин двухстворчатых моллюсков с использованием жидкого и газообразного азота.

Получены новые экспериментальные значения основных параметров процесса замораживания мидии в створках и вареного мяса мидии в среде жидкого и газообразного азота, позволяющие получить после размораживания продукт, максимально приближенный по качественным и количественным показателям к исходному продукту.

Реализация результатов исследования. Проведены производственные испытания и внедрение результатов НИР разработанной технологии при замораживании мидии тихоокеанской жидким азотом на предприятии «ИП Шевцов В.С.» (Камчатский край), выпущена опытная партия мороженой мидии тихоокеанской в количестве 81 кг.

Проведены производственные испытания и внедрение результатов НИР разработанной технологии при замораживании вареной мидии тихоокеанской жидким азотом на предприятии «ИП Шевцов В.С.», выпущена опытная партия варено-мороженой мидии тихоокеанской в количестве 99 кг.

Результаты НИР внедрены в учебный процесс ФГОУ ВПО «Камчатский государственный технический университет».

Практическая значимость работы. На основании результатов исследований разработана технология замораживания мидии тихоокеанской с использованием азота, позволяющая получить продукт высокого качества, снизить потери при размораживании, уменьшить продолжительность замораживания и повысить экономическую эффективность.

Разработаны и утверждены технологические инструкции на производство мороженой мидии (ТИ № 001–2009 к ТУ ОСТ 15–158–95 «Мидия тихоокеанская мороженая») и варено-мороженой мидии (ТИ № 002–2009 к ТУ ОСТ 15–158–95 «Мидия тихоокеанская варено-мороженая»).

Получен патент № 2368143 от 27.09.2009 г. на изобретение «Способ извлечения содержимого раковин двухстворчатых моллюсков».

Проведена технико-экономическая оценка разработанной технологии, показывающая ее эффективность.

Результаты аналитических и экспериментальных исследований использованы в учебном процессе ФГОУ ВПО «Камчатский государственный технический университет».

Основные положения, выносимые на защиту:

- новый способ извлечения содержимого раковин двухстворчатого моллюска путем замораживания их в среде жидкого и газообразного азота;
- результаты экспериментальных исследований по изменению температуры во времени мидии тихоокеанской при замораживании ее с использованием азота, а также по изменению качественных показателей замороженной мидии тихоокеанской и варено-мороженой мидии после ее размораживания;
- технология производства мидии тихоокеанской мороженой без створок и мидии тихоокеанской варено-мороженой;

Апробация работы. Материалы диссертации представлялись на VIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Интеллектуальный потенциал вузов – на развитие Дальневосточного региона России» (Владивосток, 2006), I Международной научно-практической конференции «Наука и технологии: шаг в будущее – 2006» (Белгород, 2006), Региональной научно-практической конференции «Экономические, социальные, правовые и экологические проблемы Охотского моря и пути их решения» (Петропавловск-Камчатский, 2006), Межрегиональной научно-практической конференции «Роль системообразующего фактора в процессе формирования и развития объединяющих территорий» (Петропавловск-Камчатский, 2006), Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения И.В. Кизеветтера (Владивосток, 2008), Юбилейных научных чтениях «Белые ночи» (Санкт-Петербург, 2008), I Международной научно-практической конференции «Ресурсосбережение и возобновляемые источники энергии: экономика, экология, практика применения» (Санкт-Петербург, 2008), Международные научных чтениях «Приморские зори – 2009» (Владивосток, 2009), научно-технических конференциях профессорско-

преподавательского состава и аспирантов ФГОУ ВПО «Камчатский государственный технический университет» (Петропавловск-Камчатский, 2006–2009 гг.).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в девяти печатных работах, в том числе в одном патенте.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из общей характеристики работы; четырех глав, включающих обзор литературы, методику выполнения работы, аналитические и экспериментальные исследования, выводы; списка использованной литературы и приложения. Работа изложена на 136 страницах машинописного текста и содержит 52 рисунка, 16 таблиц и 9 приложений на 35 страницах. Список литературы содержит 177 наименований, в том числе 52 – иностранных авторов.

Работа выполнялась в соответствии с планом госбюджетной НИР «Разработка новых и оптимизация существующих холодильных установок для создания современных условий переработки, транспортировки и хранения морепродуктов» № 0120.0507337.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В общей характеристике работы обоснована актуальность темы, определены цели и задачи исследований, научная новизна и практическая значимость.

В первой главе «Анализ существующих способов переработки мидии тихоокеанской по литературным источникам» приведена оценка сырьевой базы и промысловых запасов мидии тихоокеанской на Дальнем Востоке и в прикамчатских водах. Проанализирован рынок моллюска мидии в мире, российский рынок морских деликатесов, рыночная конъюнктура. Приведены сведения о химическом составе мяса мидии тихоокеанской. Рассмотрены способы производства варено-мороженой и варено-сушеной мидии, консервов и биологически активных веществ из моллюска с выявлением преимуществ и недостатков каждого способа.

Во второй главе «Объекты и методы исследований» изложена последовательность выполнения аналитических и экспериментальных исследований.

Разработана схема методологического подхода к проведению исследований, необходимых для разработки технологий производства мороженой мидии тихоокеанской и варено-мороженой мидии с использованием в качестве охлаждающей среды жидкого и газообразного азота. Схема проведения исследований представлена на рис. 1.

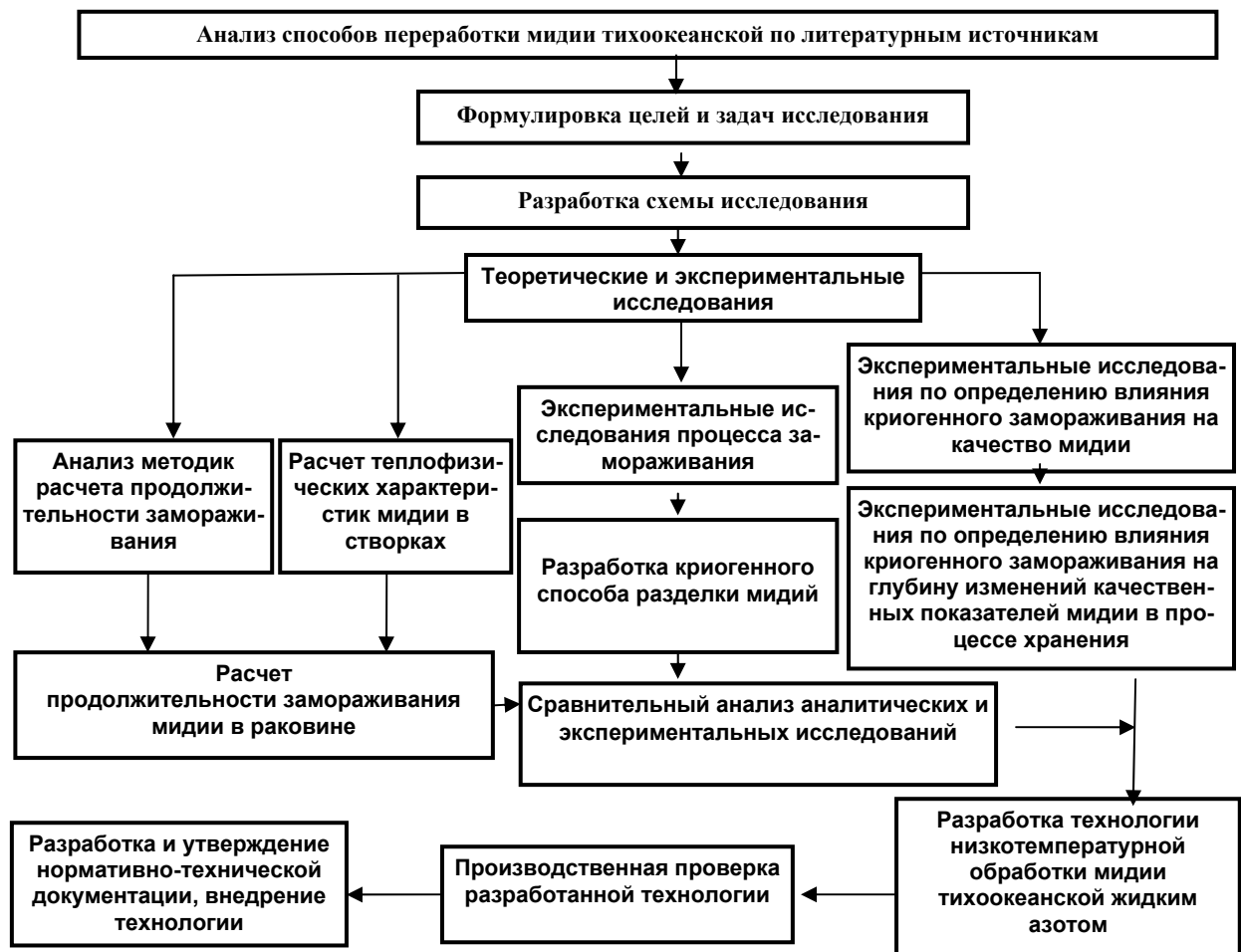


Рис. 1. Схема проведения исследований

Объектом исследований являлась мидия тихоокеанская (*Mytilus trossulus*), которая обитает в приливо-отливных зонах Авачинского залива.

В результате анализа научных данных и математического расчета получены теплофизические характеристики мидии в створке с учетом фазовых

превращений и разработана методика расчета продолжительности ее замораживания.

Для определения продолжительности замораживания и распределения температуры по толщине продукта использовали метод математического моделирования, позволяющий установить возможность криодеструкции поверхностных тканей продукта при орошении его жидким азотом.

Для организации экспериментальных исследований по изучению влияния температурных режимов на скорость и продолжительность процесса замораживания на кафедре ХиЭУ ФГОУ ВПО «Камчатский государственный технический университет» смонтирована экспериментальная установка для исследования процессов замораживания жидким и газообразным азотом при температурах сред от минус 70 до минус 196°С, принципиальная схема которой представлена на рис. 2.

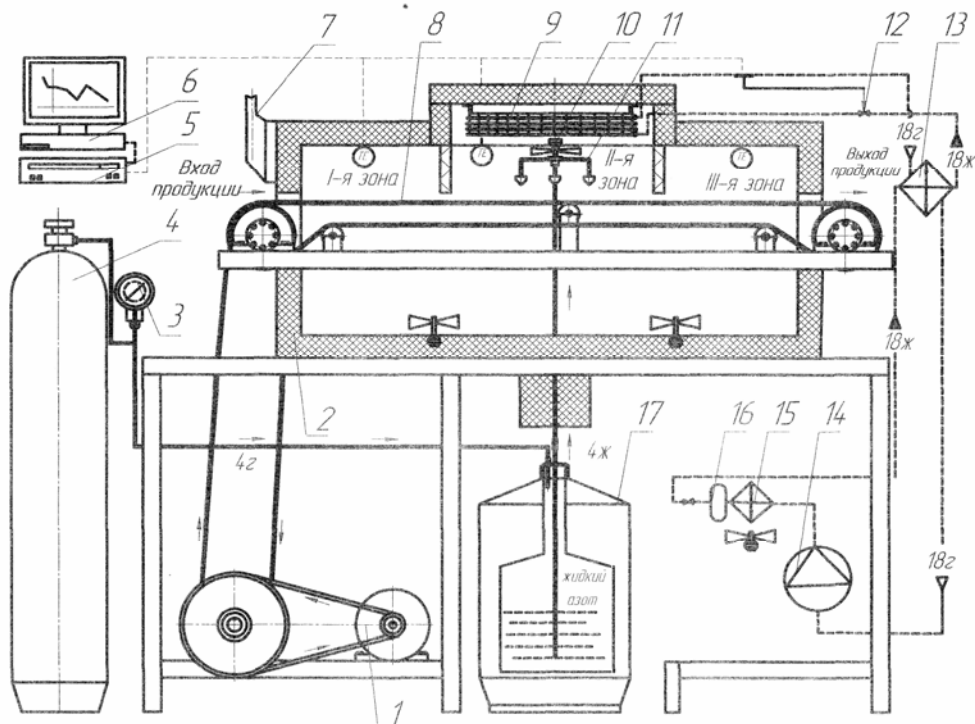


Рис. 2. Принципиальная схема экспериментальной установки:

- 1 – электродвигатель; 2 – камера замораживания; 3 – манометр; 4 – баллон с азотом; 5 – контрольно-измерительная аппаратура; 6 – персональный компьютер; 7, 10 – вентиляторы; 8 – транспортер; 9 – воздухоохладитель; 11 – форсунки; 12 – ТРВ; 13 – РТО; 14 – компрессор; 15 – конденсатор; 16 – ресивер; 17 – сосуд Дьюара

В процессе экспериментальных исследований по замораживанию мидий при различных температурах среды использовали для контроля температуры многоканальный измеритель-регулятор температуры марки ИРТ-4. При этом предусматривалось отображение изменения температуры во времени в виде графических зависимостей на дисплее персонального компьютера.

Оценка качества мороженого моллюска без створки и вареной мидии после замораживания, а также в процессе хранения проводилась в соответствии со стандартными методами по ГОСТ 7636–85 путем определения и сравнения физико-химических показателей. Органолептические показатели определяли методом балльной оценки. Обработка опытных данных производилась при использовании программ Windows XP, Excel 2000.

В третьей главе «Аналитические исследования процесса замораживания» при математическом описании и анализе процесса замораживания руководствовались моделью, предложенной К.П. Венгер. При замораживании мидии в створке, уложенной в один слой, ее рассматривали как пластину ограниченных размеров.

Процесс замораживания разбивался на три стадии:

- I стадия – охлаждение поверхности мидийной мантии от плюс 10 до минус 1,5°С при искусственной конвекции среды;
- II стадия – понижение температуры мидийной мантии, орошаемой жидким азотом, до минус 1,5°С в термическом центре моллюска;
- III стадия – понижение температуры термического центра мидии от минус 1,5 до минус 25°С при искусственной конвекции среды.

Для всех стадий замораживания процесс являлся нестационарным.

Продолжительность I стадии в безразмерном виде определяли как

$$Fo_I = \frac{1}{-\mu^2} \ln \left[\frac{1}{\Theta} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{2 \sin \mu_m \cos(\mu_m \cdot X)}{\mu_m + \sin \mu_m \cos \mu_m} \right]. \quad (1)$$

Процесс замораживания II стадии рассматривали как перемещение фронта кристаллизации от поверхности к центру и находили в безразмерном виде

$$Fo_{II} = -\frac{X}{2R \cdot \Theta \cdot g_0} - \frac{\Lambda}{4R \cdot \Theta \cdot g_0^2} \ln \left(1 + \frac{2g_0 \cdot Bi \cdot X}{2g_0 - \Lambda \cdot Bi} \right). \quad (2)$$

Продолжительность III стадии в безразмерном виде рассчитывали как

$$Fo_{III} = \frac{2}{3Bi_{III}} \frac{Bi_{III}^2 + 4Bi_{III} + 3}{2Bi_{III} + 2} \ln \frac{t_{\dot{e}0} - t_{\dot{n}}}{t_{\dot{e}} - t_{\dot{n}}}. \quad (3)$$

Значения коэффициентов теплоотдачи α от продукта к азоту определяли следующим образом: для I и III стадий процесса замораживания согласно работе (К.П. Венгер, В.А. Выгодин, 1999); для II стадии процесса замораживания согласно условиям пленочного режима кипения криоагента.

Продолжительности каждой стадии при меняющихся t_{cp} и δ представлены в табл. 1. Анализ данных показал, что продолжительность замораживания τ зависит от толщины слоя продукта δ и t_{cp} . Это позволило обосновать значения t_{cp} и δ для проведения экспериментальных исследований.

Таблица 1

Продолжительность замораживания моллюска

Номер варианта	Температура среды t_{cp} , °C	Продолжительность I стадии, с	Продолжительность II стадии, с	Продолжительность III стадии, с	Общая продолжительность τ , с
Толщина слоя продукта 0,01 м					
Вариант №1	-70	170	70	181	421
Вариант №2	-100	71	60	98	229
Вариант №3	-120	56	57	72	185
Толщина слоя продукта 0,014 м					
Вариант №4	-70	194	121	360	675
Вариант №5	-100	83	107	192	382
Вариант №6	-120	61	100	144	305
Толщина слоя продукта 0,02 м					
Вариант №7	-70	340	222	742	1304
Вариант №8	-100	102	197	383	682
Вариант №9	-120	68	187	287	542

Результаты проведенных ранее исследований (В.Ю. Шахов, В.И. Коченов и др., 1983) показали, что при интенсивном охлаждении тела, т.е. при по-

нижении Δt на $100 - 150^\circ\text{C}$ в минуту активно повреждается структура соединительной ткани, называемая криодеструкцией, но при этом не происходит тепловой денатурации белков и нуклеиновых кислот.

При замораживании жидким и газообразным азотом температура створки моллюска падает с аналогичной скоростью, что приводит к деструкции соединительной ткани мускула-замыкателя, при помощи которого моллюск крепится к внутренней поверхности створки. Это позволит обеспечить свободное отделение створок и биссусной нити от содержимого раковины мидии и существенно облегчит и ускорит технологический процесс производства различных видов продукции из мидии.

Результаты расчетов по изменению температуры створки $t_{\text{ст}} = f(\tau)$ во II стадии замораживания представлены на рис. 3.

Анализ полученных данных позволил определить условия наступления эффекта криодеструкции, который достигается при понижении температуры среды $t_{\text{ср}}$ на поверхности во II стадии замораживания до минус 120°C .

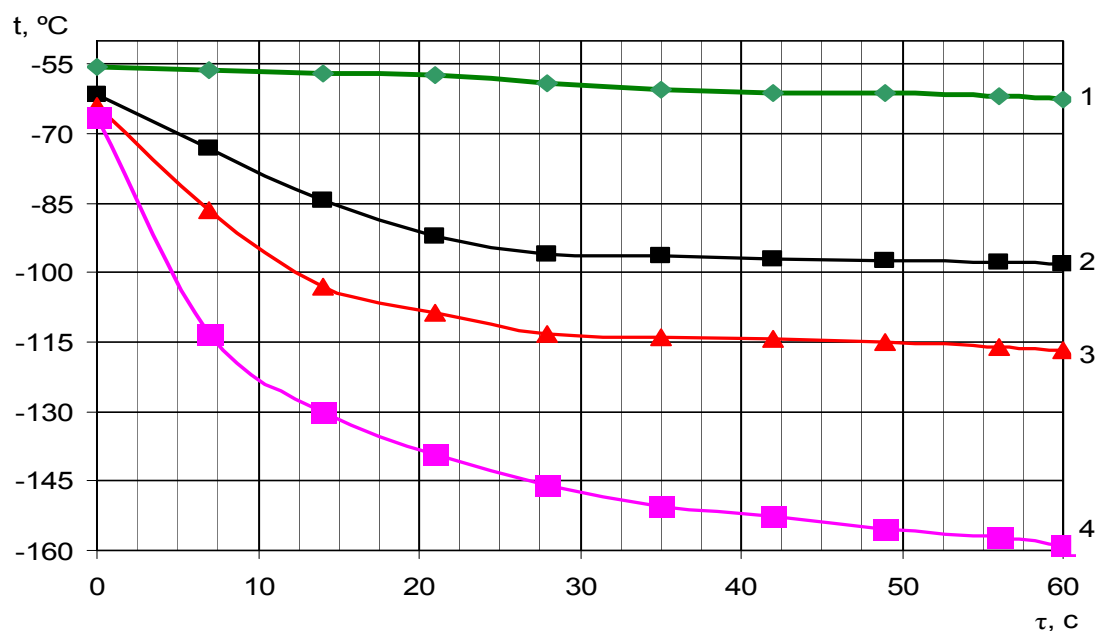


Рис. 3. Зависимость $t_{\text{ст}} = f(\tau)$ во II стадии замораживания при $t_{\text{ср}} = -70^\circ\text{C}$ (1), $t_{\text{ср}} = -100^\circ\text{C}$ (2), $t_{\text{ср}} = -120^\circ\text{C}$ (3), $t_{\text{ср}} = -160^\circ\text{C}$ (4)

В четвертой главе «Экспериментальные исследования процесса замораживания моллюска в створках, вареной мидии» представлены техни-

ческие средства, методика проведения и результаты экспериментальных исследований, которые проводили на разработанной установке (см. рис. 2).

Исследования проводили при температуре t_{cp} минус 70, минус 100, минус 120°С для мидии в створке и для варено-мороженого мяса мидии при разных толщинах продукта δ . В качестве контрольных вариантов рассматривали замораживание мидий при температуре $t_{cp} = -25^\circ\text{C}$ и толщине слоя продукта δ от 0,01 до 0,02 м.

В процессе проведения экспериментов определяли изменение температур в центре слоя $t_{ц} = f(\tau)$, на поверхности $t_{п} = f(\tau)$, паро-газовой среды $t_{cp} = f(\tau)$, створок моллюска $t_{ст} = f(\tau)$.

На рис. 4 представлены графические зависимости изменения температуры во времени при замораживании мидии в створке, при условии $\delta = 0,02$ м, $t_{cp} = -120^\circ\text{C}$. Для других вариантов замораживания мидии в створке характер графических зависимостей аналогичен. Анализ полученных данных показал, что с увеличением толщины продукта от 0,01 до 0,02 м продолжительность процесса замораживания увеличивается в $2,7 \div 3$ раза, а с понижением t_{cp} от минус 70 до минус 120°С продолжительность процесса замораживания снижается более чем в два раза.

При орошении жидким азотом створок раковин моллюсков (II стадия процесса замораживания) для варианта № 9, у которого понижение температуры створок Δt составляло 107°С/мин, наблюдалось свободное отделение створок от мидии у 100% раковин; для варианта № 5, у которого понижение температуры створок Δt составляло 76 °С/мин, свободно отделялось лишь 64% створок раковин, что связано с неполной криодеструкцией соединительной ткани мускула-замыкателя.

Расхождение аналитических и экспериментальных результатов не превышало 17,2%, что говорит об удовлетворительной точности аналитической модели.

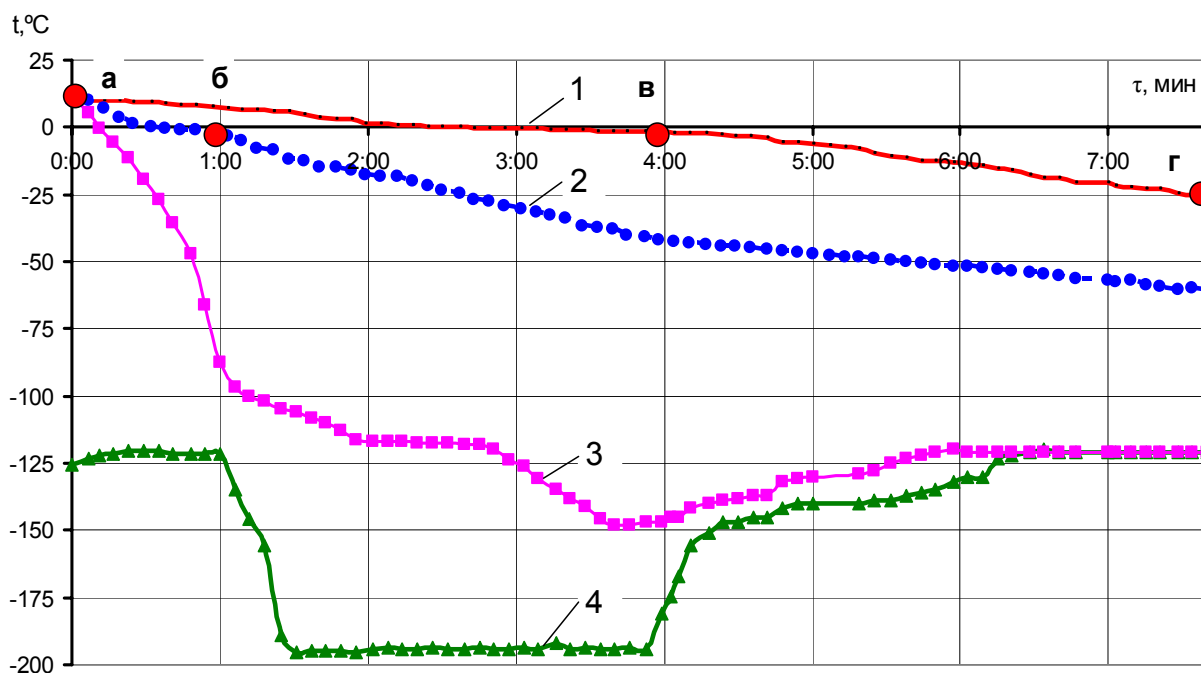


Рис. 4. Экспериментальные зависимости температуры от времени для варианта №9:

$$1 - t_{ц} = f(\tau); 2 - t_{п} = f(\tau); 3 - t_{ср} = f(\tau); 4 - t_{сг} = f(\tau);$$

I стадия – а - б, II стадия – б - в, III стадия – в - г

Свободное отделение створок моллюска упрощает, облегчает и ускоряет технологический процесс производства, что в наибольшей степени сохраняет без повреждения внешний вид мяса моллюска, качественные характеристики продукта без разрушения биологически активных веществ.

Продолжительность каждой стадии процесса замораживания вареных мидий представлена в табл. 2 и на рис. 5. Анализ полученных данных при замораживании вареных мидий показал следующее:

- с понижением $t_{ср}$ от минус 70 до минус 100°C наблюдается сокращение продолжительности замораживания мидии τ до температуры минус 25°C в центре в 1,31 раза при возрастании скорости процесса в 1,45 раза (см. табл. 2);
- с понижением температуры среды от минус 100 до минус 120°C наблюдается сокращение продолжительности замораживания образца до температуры минус 25°C в центре (см. табл. 2) в 1,23 раза при возрастании скорости процесса в 1,14 раза.

Продолжительность процесса замораживания вареных мидий

Номер варианта	Скорость замораживания, м/ч	Температура среды II стадии, °C	Продолжительность I стадии, с	Продолжительность II стадии, с	Продолжительность III стадии, с	Общая продолжительность замораживания, с
Вариант №10	0,2	-70	94	180	210	484
Вариант №11	0,29	-100	75	123	171	369
Вариант №12	0,33	-120	49	110	141	300
Контрольный вариант	0,0037	-25	1030	6920	1830	9780

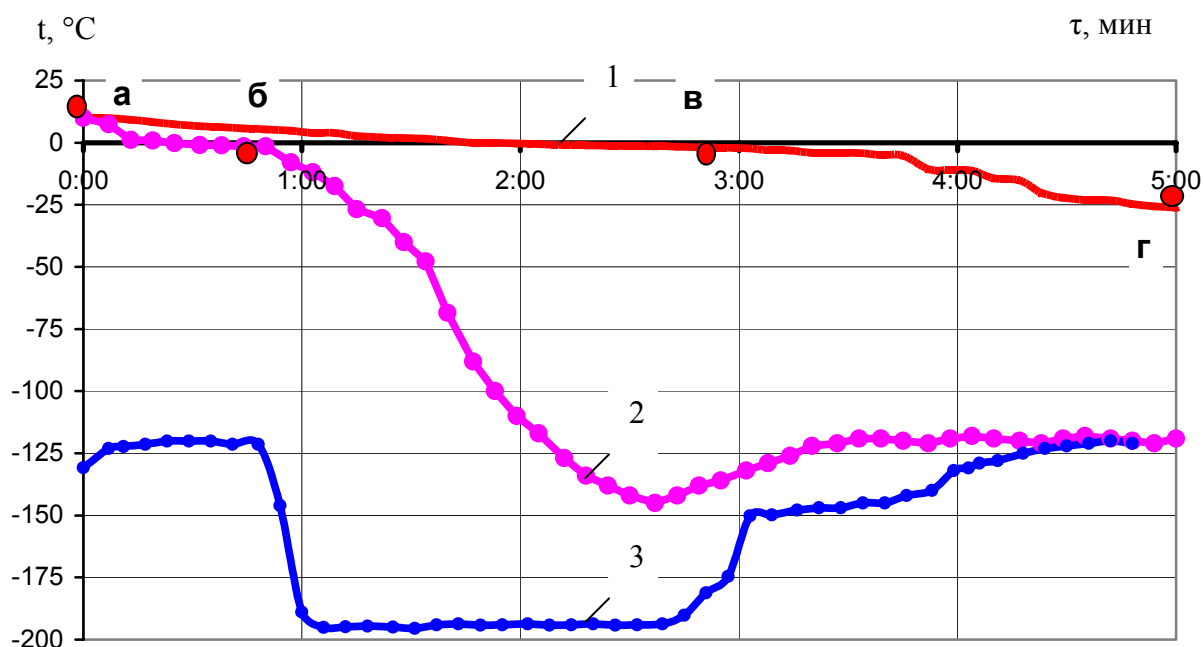


Рис. 5. Экспериментальные зависимости температуры от времени для варианта №12:

$$1 - t_{\text{н}} = f(\tau); 2 - t_{\text{н}} = f(\tau); 3 - t_{\text{ср}} = f(\tau);$$

I стадия – а - б, II стадия – б - в, III стадия – в - г

Скорость замораживания для контрольного варианта была ниже, чем для остальных вариантов, и составила 0,0037 м/ч, что соответствует по классификации МИХ медленному замораживанию.

Процесс замораживания по варианту № 12 имеет наивысшую скорость замораживания, которая равна 0,33 м/ч (см. табл. 2), что по классификации МИХ соответствует сверхбыстрому замораживанию, а значит, позволяет

уменьшить негативное воздействие процесса замораживания на качественные показатели вареного моллюска.

Для вареного моллюска были определены значения удельного расхода жидкого азота. Анализ полученных данных показал, что минимальный удельный расход азота равный 1,04 кг/кг, наблюдался для варианта № 10, когда $t_{cp} = -70^{\circ}\text{C}$, что соответствовало большему перегреву паров азота, при этом расход жидкого азота для варианта №12 выше в 1,05 раза, чем для варианта №11, но при этом существенно сокращается продолжительность процесса в 1,23 раза, а скорость замораживания увеличивается в 1,14 раза.

Таким образом, замораживание по варианту № 12 при $t_{cp} = -120^{\circ}\text{C}$ обеспечивает наилучшие условия замораживания вареной мидии.

Оценку качества замороженных мидий проводили по следующим показателям: накопление азота летучих оснований (АЛО), растворимость белка в воде, изменение рН. При этом изучали влияние температуры замораживания на качество размороженной мидии для следующих характерных вариантов: 1 – вариант № 1; 2 – вариант № 5; 3 – вариант № 9; 4 – контрольный вариант; 5 – свежий моллюск; 6 – вариант № 10; 7 – вариант № 11; 8 – вариант № 12; 9 – контрольный вариант; 10 – вареная мидия.

Качественные изменения, происходящие в процессе хранения моллюска, после его размораживания через определенные сроки хранения, представлены на рис. 6, 7.

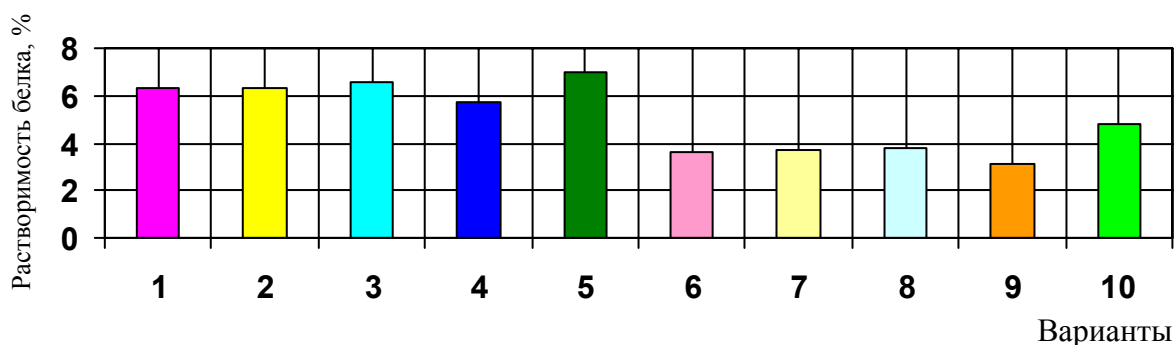


Рис. 6. Значение растворимости белка мороженой и варено-мороженой мидии после размораживания для различных вариантов

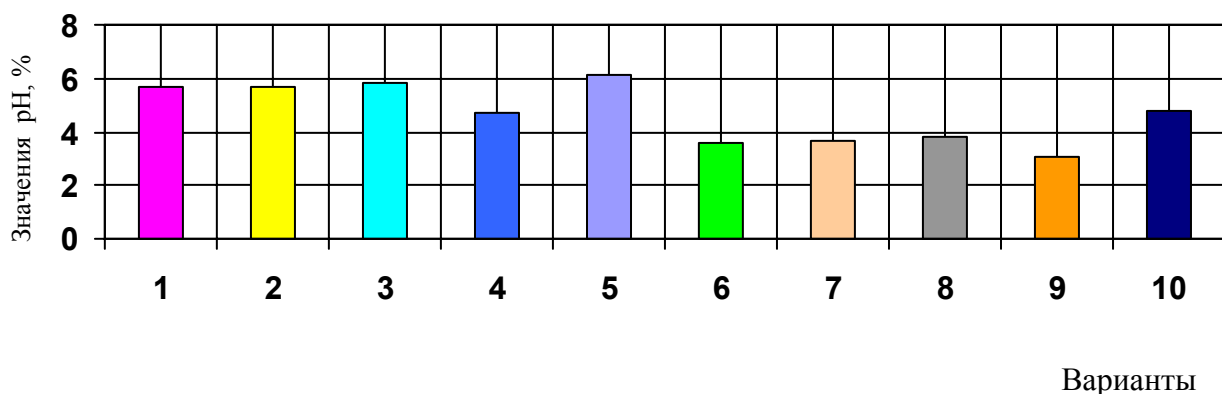


Рис. 7. Значение рН мороженой и варено-мороженой мидии после размораживания для различных вариантов

Как видно из полученных данных, растворимость белка для свежего моллюска была наибольшей – 7%, а у контрольного образца наименьшей – 5,7%. При замораживании жидким и газообразным азотом сырца в створке растворимость белка понижалась с повышением температуры замораживания и составляла 6,3% при t_{cp} минус 70 и минус 100°C, а при $t_{cp} = -120^\circ\text{C}$ – 6,6% (см. рис. 6).

Для варено-мороженого моллюска аналогично наблюдалось наименьшее значение растворимости белка у контрольного образца – 3,1 %. При понижении t_{cp} от минус 70 до минус 120°C значения растворимости белка росли от 3,6 до 3,8%. Значение растворимости белка для вареного мяса мидии до замораживания составляло 4,8% (см. рис. 6).

Значение рН для вариантов 1, 5, 9 изменялось в пределах от 5,7 до 5,8, а для контрольного варианта составило 4,7. При этом рН для свежего моллюска составило 6,1 (см. рис. 7). Для вариантов 10 – 12 значения рН находились в пределах от 4,7 до 4,8. Для варианта, замороженного при температуре минус 25°C, рН составлял 4,4, а для вареного моллюска его значение было не менее 5,2 (см. рис. 7). На рис. 8 и 9 представлены графики изменения АЛЮ и растворимости белка в зависимости от продолжительности хранения для образцов, замороженных по разным вариантам.

Как видно из представленных данных, меньшее образование АЛЮ

(см. рис. 8), как в мороженом, так и в варено-мороженом мясе моллюска происходило в образцах, замороженных с использованием жидкого и газообразного азота.

Установлено, что резкое уменьшение растворимости белка наблюдается в первые 60 суток хранения, что совпадает с интенсивным гидролизом липидов и накоплением свободных жирных кислот, вступающих в гидрофобные и гидрофильные взаимодействия с белками, уменьшая их растворимость.

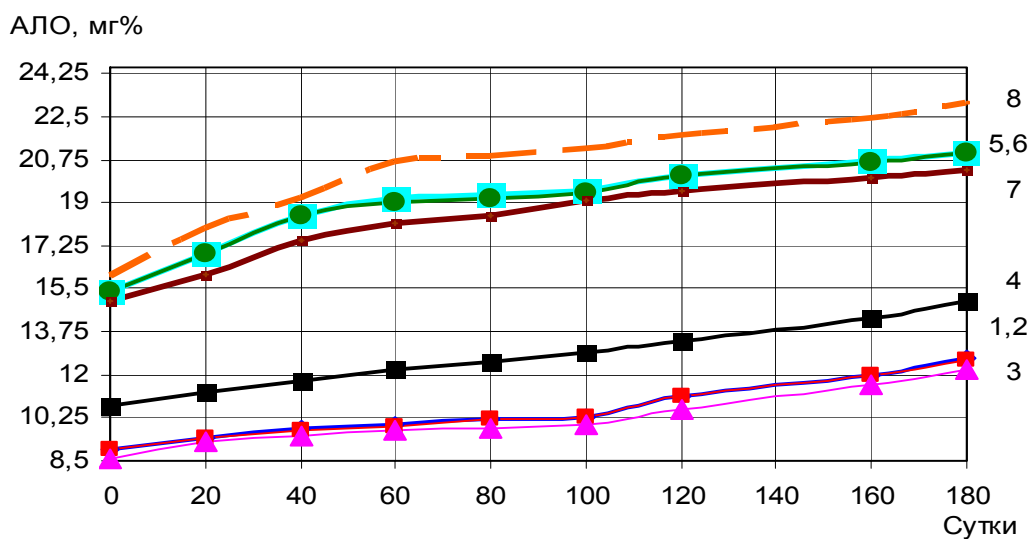


Рис. 8. Накопление АЛО мороженого и варено-мороженого моллюска в процессе хранения

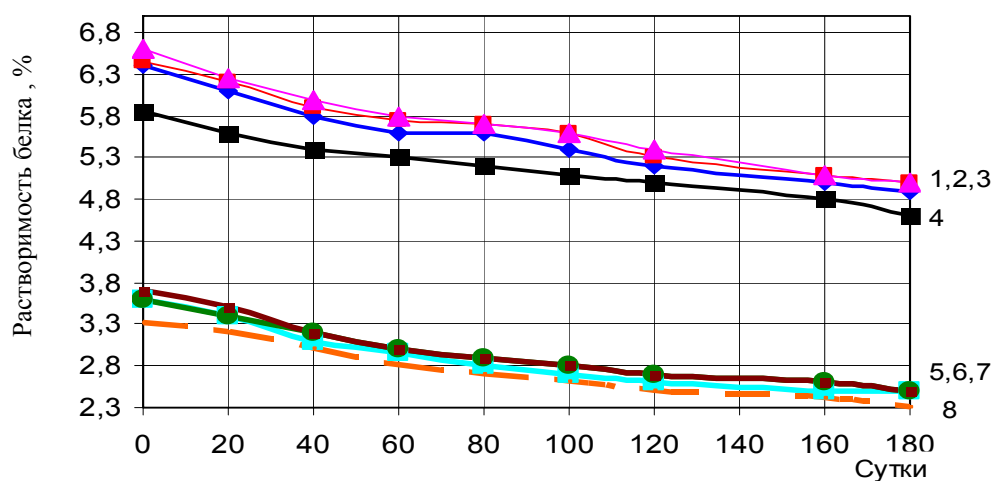


Рис. 9 Изменение растворимости белка мороженого моллюска в процессе хранения

Результаты исследования химических процессов, происходящих в моллюске при холодильном хранении, хорошо согласуются с данными органолептической оценки.

Проведенные исследования показали, что качество продукта зависит от режимов замораживания. Увеличение скорости замораживания путем понижения температуры до минус 120°С с использованием жидкого и газообразного азота позволяет избежать изменения цвета, вкуса и запаха, а также замедлить изменения структуры белков.

На основании экспериментально полученных данных разработана технология низкотемпературной обработки мидии тихоокеанской при производстве мороженой мидии без створок (ТИ № 001–2009 к ТУ ОСТ 15–158–95) и при производстве варено-мороженой мидии (ТИ № 002–2009 к ТУ ОСТ 15–158–95). При этом перед направлением сырца мидии на переработку предусматривалось выдерживание моллюска в чистой морской воде при обеззараживании ее бактерицидными лампами.

Проведены производственные испытания на предприятии «ИП Шевцов В.С.» и дана технико-экономическая оценка разработанной технологии. Полученные технико-экономические данные показали, что применение новой технологии обеспечит рост прибыли и сократит срок окупаемости оборудования, используемого при производстве мороженой мидии тихоокеанской, до 1,3 года, при производстве варено-мороженой мидии – до 1,4 года по сравнению с существующей технологией.

ВЫВОДЫ

1. Разработана технология низкотемпературной обработки мидии тихоокеанской жидким азотом, позволяющая по сравнению с существующими технологиями сократить продолжительность процесса замораживания на 6,5 часа при производстве мороженой мидии и на 6 часов при производстве ва-

рено-мороженой мидии, а также сохранить качественные показатели, снизить потери при размораживании.

2. Аналитически рассчитаны теплофизические характеристики мидии в створках и мороженой мидии, на основании полученных данных произведен расчет продолжительности замораживания мидии, показывающий, что с понижением температуры на каждые 30°C продолжительность процесса снижается в 2,3 раза, а при увеличении толщины слоя продукта от 0,01 до 0,02 м продолжительность процесса увеличивается от 2,7 до 3 раз.

3. Смонтирована экспериментальная установка и экспериментально получены основные параметры процесса замораживания мидии тихоокеанской в створках и вареной мидии, позволяющие определить, что оптимальным технологическим условием процесса замораживания является понижение температуры среды на поверхности слоя продукта не выше минус 120°C . Расхождение результатов аналитических расчетов и данных экспериментов не превышает 17,2 %, что принято считать удовлетворительным результатом.

4. Разработан криогенный способ разделки мидии, предусматривающий замораживание слоя мидии в парожидкостной среде азота в три стадии и последующее извлечение замороженного тела мидии из раковины, позволяющий увеличить выход готового продукта на 28%, сократить продолжительность технологического процесса, снизить потери при размораживании (патент № 2368143, от 27.09.2009г.).

5. Результаты исследования влияния криогенного замораживания на степень изменения физико-химических показателей свидетельствуют, что замораживание как сырой, так и вареной мидии при температуре среды минус 120°C несущественно изменяет органолептические характеристики и физико-химические показатели продукта. Последующее холодильное хранение мидии в течение 180 суток при температуре минус 25°C показало, что скорость и глубина изменений качественных показателей минимальны.

6. На основании проведенных исследований разработаны технологические инструкции по производству мидии тихоокеанской мороженой ТИ № 001–2009 к ТУ ОСТ 15–158–95 «Мидия тихоокеанская мороженая» и ТИ № 002–2009 к ТУ ОСТ 15–158–95 «Мидия тихоокеанская варено-мороженая». Проведенная на предприятии «ИП Шевцов В.С.» промышленная апробация технологии, показала ее высокую возможность воспроизводства в промышленных условиях.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. *Иодис В.А.* Перспективы использования азота для замораживания ценных видов гидробионтов // Интеллектуальный потенциал вузов – на развитие Дальневосточного региона России: Материалы VIII междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Владивосток, 24 - 26 мая 2006 г. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2006. – Вып. 3. – С. 84 – 86.

2. *Балыкова Л.И., Иодис В.А.* Эксергитический анализ холодильной установки для замораживания гидробионтов // Наука и технологии: шаг в будущее – 2006: Материалы I междунар. науч.-практ. конф.. – Белгород: Рус-научкнига, 2006. – Т. 14. – С. 20 – 22.

3. *Балыкова Л.И., Иодис В.А., Алтухов К.В.* Эксергитический анализ скороморозильных аппаратов на базе экологически безопасных холодильных агентов для замораживания гидробионтов // Экономические, социальные, правовые и экологические проблемы Охотского моря и пути их решения: Материалы региональной науч.-практ. конф. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2006. – С. 50 – 53.

4. *Балыкова Л.И., Иодис В.А.* Перспективы освоения и развития производства замороженных мидий на Камчатке // Роль системообразующего фактора в процессе формирования и развития объединяющих территорий: Материалы межрегиональной науч.-практ. конф., Петропавловск-камчатский,

11 – 13 октября 2006 г. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2006. – С. 135 – 138.

5. *Балыкова Л.И., Иодис В.А.* Экологически безопасное замораживание мидии тихоокеанской жидким азотом // Материалы международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения И.В. Кизеветтера, Владивосток, 26 - 30 мая 2008 г. – Владивосток: Дальрыбтуз, 2008. – С. 464 – 468.

6. *Балыкова Л.И., Иодис В.А.* Исследование по замораживанию мидии тихоокеанской с использованием жидкого азота // Белые ночи: Материалы юбилейных науч. чтений, Санкт-Петербург, 3 - 4 июня 2008 г. – СПб.: МАНЭБ, 2008. – Т.1 – С. 406 – 411.

7. *Иодис В.А.* Экологически безопасная технология переработки мидии тихоокеанской // Вестник МАНЭБ – 2008. – Т. 13, – № 3 – С. 216 – 220.

8. *Балыкова Л.И., Иодис В.А.* Совершенствование технологии производства варено-мороженых мидий // «Приморские зори – 2009»: Материалы междунар. науч. чтений, Владивосток, 9 - 11 апреля 2009г. – Вып. 2. – Владивосток: МАНЭБ, 2009. – С. 382 – 385.

9. Способ извлечения содержимого раковин двухстворчатых моллюсков: Патент №2368143 Российская Федерация / Л.И. Балыкова, В.А. Иодис; Оpubл. 27.09.2009г., Бюл. №27.