

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»

О. Н. Анохина

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МЯСА И МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

Часть 1. ТЕХНОЛОГИЯ ОХЛАЖДЕННОЙ И МОРОЖЕНОЙ ПРОДУКЦИИ

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ
(лабораторный практикум) для обучающихся в бакалавриате
по направлению подготовки
19.03.03 Продукты питания животного происхождения

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2022

УДК 664.95

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания
ФГБОУ ВО «КГТУ» О. В. Анистратова

Анохина, О. Н.

Технология производства мяса и мясных продуктов: учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ (лабораторный практикум) для студ. бакалавриата по напр. подгот. 19.03.03 Продукты питания животного происхождения / О. Н. Анохина. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – Ч. 1: Технология охлажденной и мороженой продукции. – 51 с.

Учебно-методическое пособие является руководством по проведению цикла лабораторных работ раздела «Технология охлажденной и мороженой продукции», проводимого в рамках дисциплины «Технология производства мяса и мясных продуктов» по направлению подготовки 19.03.03 Продукты питания животного происхождения. Лабораторные работы предназначены для закрепления теоретического материала и приобретения умений и навыков холодильной обработки мяса.

Табл. 10, список лит. – 10 наименований

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ (лабораторный практикум) рассмотрено и рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала кафедрой технологии продуктов питания 30 июня 2022 г., протокол № 12

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ (лабораторный практикум) рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 30 июня 2022 г., протокол № 8

УДК 664.95

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2022 г.
© Анохина О. Н., 2022 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Лабораторная работа № 1 Исследование процесса охлаждения пищевых продуктов. Оценка длительности охлаждения.....	7
Лабораторная работа № 2 Исследование процесса замораживания пищевых продуктов. Оценка длительности замораживания.....	21
Лабораторная работа № 3 Исследование процесса размораживания продукции. Оценка продолжительности процесса.....	32
Список литературы.....	46
Приложение.....	48

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения лабораторного цикла дисциплины «Технология производства мяса и мясных продуктов» является закрепление и проверка теоретических знаний раздела цикла – «Технология охлажденной и мороженой продукции», приобретение умений по разработке мероприятий по совершенствованию технологических процессов производства продукции различного назначения, навыков методов контроля физико-химических и биохимических показателей качества в сырье и готовой продукции. Перечень лабораторных работ представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Объем (трудоемкость освоения) и структура лабораторных занятий

№ п/п	Наименование лабораторной работы	Часы	
		очная форма	заочная форма
1	Исследование процесса охлаждения пищевых продуктов. Оценка длительности охлаждения	6	-
2	Исследование процесса замораживания пищевых продуктов. Оценка длительности замораживания	6	-
3	Исследование процесса размораживания продукции. Оценка продолжительности процесса	6	2
ИТОГО		18	2

Требования к технике безопасности при выполнении лабораторных работ

Лабораторные работы по дисциплине «Технология производства мяса и мясных продуктов» проводятся в соответствии с учебным планом и расписанием учебных занятий.

На первом занятии преподаватель проводит инструктирование студентов по технике безопасности, обращая внимание на опасные моменты при проведении работ и способы их предупреждения, меры первой помощи при ожогах, поражении электрическим током и других несчастных случаях; возможные причины возникновения пожаров и способах их тушения.

В технологической лаборатории при инструктаже знакомят с правилами эксплуатации теплового оборудования, показывают приёмы включения электрической аппаратуры.

Основные правила безопасной эксплуатации технологического оборудования:

1. Студент обязан соблюдать правила техники безопасности при работе с тепловым оборудованием, во избежание получения ожогов. Не допускается

оставлять электрические нагревательные приборы под напряжением без надобности.

2. Студент обязан соблюдать правила техники безопасности при работе с механическим оборудованием, во избежание получения травм. Не допускается: пользоваться мясорубкой без специального толкателя; при пользовании миксером трогать руками вращающиеся лопасти; при пользовании блендером открывать крышку во время его работы.

В журнале инструктажа все студенты подписью подтверждают ознакомление с правилами техники безопасности.

Студенты заранее, в рамках самостоятельной работы, знакомятся с ходом лабораторной работы, методами исследования и отвечают на контрольные вопросы. В начале занятия преподаватель путём опроса выясняет подготовленность студентов к работе, после чего студенты получают задания у преподавателя.

Работая в технологической лаборатории, студенты обязаны неукоснительно соблюдать правила личной и производственной гигиены. К работе приступают, надев санитарную одежду (халат), тщательно прикрыв волосы шапочкой или косынкой и вымыв руки с мылом. Санodeжду нельзя закалывать булавками или иголками, хранить в её карманах посторонние предметы. Выходя из лаборатории, санodeжду снимают.

Принимая работу, преподаватель оценивает, с одной стороны, правильность выполнения заданий, с другой стороны, теоретические знания студентов по данной работе.

По окончании лабораторного занятия следует выключить приборы и аппараты, вымыть и убрать посуду, привести в порядок рабочее место. Дежурные, кроме того моют инструменты, инвентарь, которыми группа пользовалась на занятии, проверяют, отключены ли нагревательные приборы, убирают места общего пользования.

Этапы проведения лабораторных работ

Лабораторные работы по дисциплине «Технология производства мяса и мясных продуктов» проводятся по нижеперечисленному алгоритму:

1. Формулирование цели проведения лабораторной работы.
2. Освоение теоретического материала посредством ответов на вопросы для самостоятельного изучения студентов, приведенные в конце теоретической части лабораторной работы.
3. Практическое освоение изучаемых технологий, включающее знания принципов производства продукции, основные технологические операции и параметры их проведения, нормативной и технической документации, методов исследования свойств сырья и готовой продукции.

По результатам выполнения лабораторной работы студентом оформляется отчет, который должен включать:

- название лабораторной работы, ее цель и дату выполнения работы;
- ответы на вопросы для самостоятельного изучения, приведенные в конце лабораторной работы (краткий теоретический материал);
- протокол полученных данных, анализ данных (выполнение заданий, прописанных в разделе «Ход работы»);
- вывод по полученным результатам.

Структура отчетов могут корректироваться в связи со спецификой лабораторных работ. Отчеты должны сохраняться до завершения семестра.

Оценка результатов выполнения задания по каждой лабораторной работе производится при представлении студентом отчета, составленным по результатам самостоятельно выполненной им лабораторной работы, а также на основании ответов студента на вопросы по тематике лабораторной работы. Студент, самостоятельно выполнивший лабораторную работу и продемонстрировавший знание использованных им методов лабораторных исследований, получает по лабораторной работе оценку «зачтено». Студент, получает оценку «не зачтено», если он не выполнил лабораторную работу, не провел все предполагаемые темой занятия исследования, отчет по лабораторной работе не составил.

При необходимости для обучающихся инвалидов или обучающихся с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом его индивидуальных психофизических особенностей.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ. ОЦЕНКА ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ

Цель работы: Познакомиться с характеристикой процесса охлаждения, способами охлаждения, получить практические умения и навыки производства охлажденной мясной продукции.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Сырье животного происхождения, в том числе мясо, является скоропортящимся и его требуется хранить при пониженной температуре. В таких условиях подавляется развитие микроорганизмов и замедляются нежелательные биохимические процессы.

Весь путь охлажденного продукта от предприятия-изготовителя до потребителя называется непрерывной холодильной цепью. С учетом опыта пищевой промышленности установлено, что энергетические затраты при производстве охлажденных продуктов в 8–10 раз ниже, чем при выпуске замороженных продуктов.

Одним из важнейших направлений является централизованное производство готовых кулинарных изделий и полуфабрикатов. С этой целью расширяется выпуск готовых охлажденных кулинарных изделий, которые при температуре 0–4 °С можно хранить и реализовывать в течение 3–7 сут без снижения их пищевой ценности. При производстве охлажденных блюд после достижения ими кулинарной готовности их желательно охладить до температуры 3–4 °С. При этой температуре они должны находиться на предприятии-изготовителе, транспортироваться к месту доготовки и храниться. Их нагрев необходимо осуществлять только перед реализацией.

Охлаждение иногда необходимо и для проведения технологических процессов, например, приготовления фарша, студнеобразования.

Основы процесса охлаждения

Охлаждение – это процесс быстрого понижения температуры продукта от начальной до конечной. При производстве и хранении охлажденной продукции ее температура становится близкой к криоскопической точке тканевого сока, но не должна быть ниже последней.

Охлаждение – это физический способ консервирования, основанный на принципе анабиоза (психроанабиоз).

Таблица 2 – Криоскопические температуры рыбы

Продукт	$t_{кр}, ^\circ\text{C}$	Продукт	$t_{кр}, ^\circ\text{C}$
Говядина	- 0,6 ... - 1,3	Телятина	- 0,8 ... - 0,9
Птица	- 2,0	Мясо вареное	- 1,5 ... - 2,2
Колбасы вареные	- 1,2 ... - 3,3	Колбасы полукопченые	- 4,0 ... - 7,8

Криоскопической температурой $t_{кр}$ принято считать температуру начала выпадения твердой фазы (кристаллов) из тканевой жидкости продукта. Значения криоскопической температуры различны для каждого вида продуктов. Для технических расчетов криоскопическую температуру мяса часто принимают равной минус 1 $^\circ\text{C}$.

Процесс охлаждения принято представлять в прямоугольных координатах. По вертикальной оси откладывается температура охлаждаемого продукта, а по горизонтальной оси – время процесса охлаждения.

Охлаждение начинается при начальной температуре t_n , т.е. температуре продукта перед помещением в охлаждающую среду. Как правило, процесс охлаждения представляет собой кривую, приближающуюся к криоскопической температуре, но не достигающую ее.

Охлаждение применяют как самостоятельный вид консервирования, позволяющий поставлять потребителю продукцию с высокими вкусовыми качествами, а также как вспомогательный вид консервирования сырья, предназначенного для последующей технологической обработки. При этом способе консервирования сохраняются биохимические свойства и состояние тканей свежего продукта.

При оптимальных условиях охлаждения температура продукта становится близкой к 0 $^\circ\text{C}$. При этой температуре достигается только торможение, а не прекращение биохимических процессов в тканях, роста микроорганизмов. Охлаждение пищевых продуктов является сложным тепломассообменным процессом, сопровождаемым метаболическими процессами, происходящими внутри продукта. Помимо отвода теплоты через внешнюю поверхность продукта (с указанной поверхности) происходит испарение влаги. Дополнительную сложность накладывают микробиологические и ферментативные процессы, протекающие в продукте, как правило, с выделением теплоты.

Следовательно, при любых условиях охлаждения с увеличением продолжительности хранения качество продуктов неуклонно и необратимо ухудшается вплоть до полной их порчи. Степень подавления активности ферментов и жизнедеятельности микроорганизмов зависит не только от конечной температуры, но и от скорости ее понижения. При быстром понижении температуры наблюдается более глубокое нарушение обмена веществ, или

температурный шок.

В процессе охлаждения используют хладоносители (охлаждающие агенты, хладагенты), т.е. жидкие или газообразные среды, имеющие низкую температуру. Во всех процессах охлаждения теплота от продукта переходит к хладоносителю. В качестве хладоносителей, применяемых в холодильной промышленности, используют чаще всего воздух, воду, хладон, рассолы (растворы) NaCl или CaCl₂, льдосоляную смесь и др.

При охлаждении продукции до 0 °С не наблюдается изменения ее агрегатного состояния. Процессы охлаждения подчиняются закономерностям теплообмена и теплопередачи, т.е. при охлаждении жидкостей происходит главным образом конвективный теплообмен, при охлаждении твердых продуктов понижение температуры происходит за счет теплопроводности внутри самого продукта.

Расчет теплофизических характеристик и количества холода, необходимого для охлаждения

Наиболее важными для холодильной технологии теплофизическими характеристиками (ТФХ) являются: c – удельная теплоемкость кДж/(кг·К), λ – теплопроводность Вт/(м·К), a – температуропроводность м²/с, I – энтальпия кДж/кг.

Удельная теплоемкость изменяется в довольно широких пределах в зависимости от вида продукта. При расчете холода, затрачиваемого на охлаждение, обычно принимают среднее значение удельной теплоемкости, которое рассчитывают или берут из соответствующих таблиц. Если считать пищевые продукты двухкомпонентными смесями, содержащими W частей воды и $(1-W)$ частей сухих веществ с соответствующими удельными теплоемкостями, то удельная теплоемкость продукта c_0 :

$$c_0 = c_w W + c_c (1 - W), \quad (1)$$

где $c_w = 4,19$ кДж/(кг·К), $c_c = 1,42$ кДж/(кг·К).

Таким образом, чем больше воды в продукте, тем больше его теплоемкость.

Теплопроводность также зависит от химического состава продукта:

$$\lambda = \lambda_w W + \lambda_c (1 - W); \quad (2)$$

где $\lambda_w = 0,6$ Вт/(м·К), $\lambda_c = 0,255$ Вт/(м·К).

При температурах от 0 до 30 °С значения c и λ изменяются незначительно.

Температуропроводность определяется по формуле:

$$a = \lambda / (c_0 \rho), \quad (3)$$

где ρ – плотность мяса, кг/м³.

Удельная энтальпия – количество тепла, содержащегося в единице массы продукта. При элементарном изменении температуры Δt приращение удельной

энтальпии Δi есть удельная теплота изобарного процесса:

$$\Delta i = c_0 \Delta t. \quad (4)$$

Итак, процесс охлаждения заключается в отводе теплоты от тела, имеющего высокую температуру, к телу с более низкой температурой.

Интенсивность теплоотвода от продукта при охлаждении прямо пропорциональна величине коэффициента теплоотдачи, удельной поверхности продукта и разности температур продукта и охлаждающей среды. Наиболее интенсивным теплоотвод будет в первый период охлаждения, когда Δt имеет максимум. Отсюда следует, что для обеспечения высокой скорости процесса охлаждения необходимо поддерживать как можно более низкую температуру охлаждающей среды, которая практически может быть для большинства продуктов не ниже минус 3 °С во избежание возможного льдообразования в поверхностных тканях охлаждаемого продукта. В связи с этим лучшими охлаждающими средами являются: лед из морской воды, морская вода или солевой раствор (2–4 % поваренной соли), имеющие температуру, близкую к минус 3 °С, а также льдосолевая смесь (4–6 % поваренной соли к массе льда). Применение этих сред позволяет быстро и глубоко охладить продукты.

Интенсифицировать процесс охлаждения можно за счет увеличения коэффициента теплоотдачи α . Величина α зависит от вида охлаждающей среды и условий процесса охлаждения. Охлаждающие среды в состоянии покоя имеют следующие значения α : воздух 4,6–9,3; водный лед 116; жидкость 230–250 Вт/(м²·К). Значения α значительно возрастают при циркуляции охлаждающей среды. Например, для жидкости в зависимости от скорости циркуляции α может возрастать до 550 Вт/(м²·К). Скорость охлаждения максимальна при использовании циркулирующих жидких сред и минимальна при охлаждении в воздухе. Промежуточное значение занимает способ охлаждения льдом.

Количество тепла Q_0 (в кДж), выделенное продуктом при его охлаждении от начальной температуры t_n до конечной температуры охлаждения t_k , упрощенно определяют по формуле

$$Q_0 = G c_0 (t_n - t_k), \quad (5)$$

где Q_0 – расход холода на охлаждение продукта, кДж; G – масса охлаждаемого продукта, кг; c_0 – удельная теплоемкость продукта, кДж/(кг·К); $t_n - t_k = \Delta t$ – соответственно разница между начальной t_n и конечной t_k (или $t_{(t,t)}$) температурой продукта, К.

В процессе охлаждения скорость понижения температуры продукта – величина переменная, уменьшающаяся по мере снижения температуры объекта. В связи с этим количество тепла, выделяемое продуктом, будет максимальным в начале процесса и минимальным в конце; соответственно изменяется и тепловая нагрузка на охлаждающие устройства (или количество тепла, воспринимаемое

приборами охлаждения).

Продукт охлаждается в результате отдачи теплоты в окружающую среду. Количество тепла, выделяемое 1 кг продукта при его охлаждении в любом заданном интервале температур, легко определяется также по разности энтальпий $q_0 = i_n - i_k$ кДж/кг. Общее же количество тепла Q_0 (в кДж) при охлаждении G кг продукта будет составлять

$$Q_0 = Gq_0. \quad (6)$$

В приведенных формулах i_n – энтальпия продукта при t_n , кДж/кг; i_k – энтальпия продукта при t_k или какой-либо иной промежуточной температуре, кДж/кг; q_0 – количество тепла, выделяемое 1 кг продукта при охлаждении от t_n до t_k , кДж/кг.

Значения энтальпии берут из соответствующих таблиц.

Способы расчета продолжительности охлаждения

Продолжительность охлаждения продуктов зависит от их свойств, свойств охлаждающей среды и условий, при которых протекает процесс (толщина продукта, его ТФХ, плотность, температура и вид охлаждающей среды, скорость и характер движения среды, коэффициент теплоотдачи от продукта к охлаждающей среде).

Для расчета продолжительности охлаждения продукта необходимо точное выражение упомянутой выше сложной зависимости – знание количественных выражений постоянных и переменных показателей продукта и охлаждающей среды. В связи с этим расчет продолжительности охлаждения продукта труден и сложен, а на практике продолжительность охлаждения определяют на основе опытных данных.

Для приблизительного расчета продолжительности охлаждения условно несколько упрощают процесс, в действительности состоящий из ряда разнообразных физических явлений. Так, например, отвод тепла при охлаждении рассматривается в условиях постоянных ТФХ объекта, постоянной температуры теплоотводящей среды и постоянного коэффициента теплоотдачи на поверхности тела, а также отсутствия внешнего и внутреннего источников тепла.

Относительно простое и вместе с тем удобное для практических целей решение задачи, даёт формула А. Фикиина. Это решение используется для приближенной оценки длительности охлаждения.

$$\tau = \frac{\Phi R^2}{a} \left[\left(\frac{2,3}{Bi} + 0,8 \right) \lg \frac{t_n - t_0}{t_k - t_0} + 0,12 \right], c, \quad (7)$$

где Φ – коэффициент, учитывающий форму продукта (для тела в форме пластины $\Phi = 1$, для цилиндра $\Phi = 1/2$, для шара $\Phi = 1/3$); R – определяющий геометрический размер тела, м (половина толщины пластины, радиус цилиндра или шара); a – коэффициент температуропроводности продукта, m^2/c ;

Bi – критерий Био, $Bi = \frac{\alpha \cdot R}{\lambda_{пр}}$; t_0 (или t_c) – температура охлаждающей среды, °С.

При решении задачи следует обратить внимание на α Вт/(м²·К); R , м; t_c , °С – параметры, определяющие интенсивность охлаждения продуктов, поскольку интенсивность процесса охлаждения влияет на длительность последующего холодильного хранения.

Решение задачи упрощается, если для решения используются номограммы для тел стандартной стереометрической формы (см. приложение: рис. П.1, П.3, П.5 $\theta_{(R,\tau)} - F_o$ – для поверхности и рис. П.2, П.4, П.6 $\theta_{(0,\tau)} - F_o$ – для центра продукта). В методическом указании представлены номограммы для тел, форма которых подобна пластине, цилиндру и шару.

Способы охлаждения. Технология охлаждения

Продукты можно охлаждать как в естественных, так и в искусственных условиях. Способы охлаждения пищевых продуктов весьма разнообразны. Их классифицируют в зависимости от охлаждающей среды, в которой осуществляется процесс. Охлаждающей средой может служить любое вещество в твердом, жидком или газообразном виде, если его контакт с объектом не ухудшает качество последнего. По характеру охлаждающей среды способы охлаждения обычно делят на две группы: к первой группе относятся способы охлаждения в гомогенной среде (например, охлаждение в холодном воздухе или холодной жидкости), ко второй группе – способы охлаждения в гетерогенной среде (во льду).

Выбор способа охлаждения предопределяется: целевым назначением охлаждения; видом охлаждаемого продукта; количеством продукта.

Твердые продукты часто охлаждают путем непосредственного контакта их с охлаждающими поверхностями. Широко известны способы охлаждения твердых продуктов путем их непосредственного контакта с жидкими или газообразными хладоносителями.

Охлаждение пищевых продуктов преследует конкретные цели – понизить скорость биохимических процессов и уменьшить развитие микроорганизмов.

Охлаждение пищевых продуктов животного происхождения осуществляется после прекращения жизни и первичной обработки. После смерти животного в мышечной ткани протекают интенсивные процессы, связанные с расщеплением углеводов и эфиров фосфорной кислоты.

Результатом этих процессов является выделение теплоты и, как следствие, повышение температуры продукта. Тепловыделения в этом случае существенно превосходят количество теплоты, выделяемое при жизни организма.

Медленное охлаждение крупных объектов может привести к необратимому процессу – загару. Последний возникает при повышении

температуры в толще продукта до появления денатурационных и специфических ферментных процессов распада аминокислот или отдельных белковых веществ. В результате образуются летучие вещества, обуславливающие неприятный запах, и в глубине наиболее толстых частей, мышечная ткань приобретает неестественный цвет.

Количество выделяемой теплоты метаболических процессов находится в прямой зависимости от времени начала охлаждения и скорости охлаждения. Чем раньше будет начат процесс охлаждения и чем выше скорость охлаждения продукта, тем меньшее количество теплоты метаболических процессов выделяется и тем энергетически выгодным становится процесс охлаждения, а качество охлаждаемых продуктов будет выше.

Охлаждение мяса и мясопродуктов. Тепловыделения после прекращения жизни животного существенно превышают тепловыделения при жизни. Они могут привести к повышению температуры мясной туши в первый час после убоя на 3,3 – 7,9 °С при отсутствии теплообмена с окружающей средой.

Отличительной особенностью мышечной ткани являются процессы окоченения и расслабления, т.е. созревания мяса. Задержка в наступлении окоченения, вызванная быстрым охлаждением, является причиной, препятствующей реализации мяса, до того как этот процесс полностью не закончится. В связи с этим следует разумно выбирать скорость охлаждения и конечную температуру продукта. Для ускорения завершения процесса окоченения (ферментации) его следует проводить при температуре 7–9 °С. Мясо высшей упитанности требует для завершения процесса ферментации больше времени, чем мясо более низкой упитанности или мясо молодняка.

После первичной обработки мясные туши, полутуши или четвертины размещают на подвесных путях и охлаждают в камерах, имеющих оборудование для охлаждения воздуха. Существует несколько способов охлаждения мяса:

- *в камере хранения при постоянной температуре* в течение всего процесса охлаждения. В этом случае температура в камере составляет 0 °С, а относительная влажность 87–97 %. Процесс охлаждения заканчивается при достижении температуры мяса в толще бедра 2–4 °С и продолжается 30–36 ч;
- *в камере интенсивного охлаждения* интенсификация процесса охлаждения достигается понижением температуры охлаждающего воздуха и увеличением скорости движения окружающей среды. Увеличение скорости движения охлаждающего воздуха до 1–2 м/с позволяет сократить в два раза длительность процесса охлаждения. При понижении температуры охлаждающего воздуха до минус 8 – минус 12 °С и указанной скорости движения охлаждающей среды продолжительность охлаждения до средней конечной температуры по объему бедра 3–4 °С составляет 6–8 ч. При таком интенсивном охлаждении между поверхностными и глубинными слоями будет наблюдаться

значительная разность температур. Охлажденное таким образом мясо выдерживают в камере хранения при температуре 2 °С;

- *в камерах тоннельного типа*, как правило, вдоль тоннеля располагают до четырех подвесных путей, по которым подвешенные туши перемещаются от зоны загрузки к зоне выгрузки. Движение охлаждающего воздуха внутри тоннеля обеспечивается принудительно с использованием вентиляторов или струйных систем. Воздух охлаждается в сухих или мокрых воздухоохладителях, устанавливаемых непосредственно в тоннеле или за его пределами.

Установлено, что мясо в полутушах можно охлаждать до минус 2 °С, при этом кристаллизации содержащейся в мясе воды не происходит.

Охлаждение птицы. Мясо домашней птицы и дичи более нежное, чем мясо животных, и поэтому требует своевременного и быстрого охлаждения. Тушки птицы поступают на охлаждение после технологической обработки. Птицу охлаждают в воздушной среде, ледяной воде и тающем льде.

Продолжительность охлаждения птицы в камере при температуре 0–1 °С и естественной циркуляции охлаждаемого воздуха может составлять до 24 ч и более. Интенсификация процесса может осуществляться понижением температуры воздуха в камере до минус 2 °С и повышением скорости движения воздуха до 4 м/с. В этом случае длительность процесса охлаждения сокращается до 3–6 ч. Воздушное охлаждение применимо только для тушек птицы, подвергнутых сухой ошипке и обработке при температуре 54–50 °С, в противном случае птица обезвоживается и теряет товарный вид.

Более эффективным является охлаждение птицы в «ледяной воде», имеющей температуру 0–2 °С. Длительность ее охлаждения составляет 20–50 мин в зависимости от вида и упитанности птицы. Кожа тушек при этом становится чистой, отбеливается, исчезают пятна от ушибов и кровоизлияний. Вследствие поглощения некоторого количества воды кожей и подкожной тканью форма тушек округляется, и они приобретают хороший товарный вид. Недостатком данного способа охлаждения является возможность перекрестного микробиологического обсеменения, в частности инфицирование сальмонеллой. Для реализации данного способа требуется строгий санитарный контроль с применением дезинфицирующих средств.

Охлаждение тушек птицы тающим льдом осуществляется в специальных ваннах или в таре для хранения. Тушки укладывают на дробленый лед, каждый слой пересыпают также дробленным льдом. Продолжительность охлаждения составляет 2–4 ч. Вследствие большой трудоемкости и неполного использования тары данный метод не получил большого распространения.

К перспективным методам относится охлаждение тушек птицы орошением ледяной водой. При этом охлаждение совмещается с очисткой и промывкой

охлаждаемых тушек. Установлено, что микробиологическое обсеменение на поверхности тушек сокращается на 85–95 %, а количество влаги, поглощаемой тушками, не превышает 2–3 %.

Лед может быть мелкодробленным, полученным в специальных машинах – льдодробилках из блочного льда (прямоугольные блоки массой от 1 до 200 кг), кубиковым (кубики массой от 15 до 40 г), чешуйчатым (скорлупки от 25 до 100 г) и снежным (крупинки массой от 1 до 5 мг). Кубиковый, чешуйчатый и снежный лед получают в льдогенераторах, он не требует дополнительного дробления. Льдогенератор работает так. В рубашку аппарата поступает хладагент. На внутреннюю поверхность корпуса разбрызгивается вода. Образующаяся пленка льда срезается ножом. Нож и трубка с форсунками для разбрызгивания воды вращаются с одинаковой частотой, так как они насажены на общую раму.

Количество льда (кг), необходимое для охлаждения, определяют следующим образом. Количество тепла Q_0 (кДж), отводимое от продукта при его охлаждении от t_n до t_k , делят на теплоту плавления льда (335,2 кДж/кг).

$$G_{л} = Q_0 / 335,2 , \quad (8)$$

где $G_{л}$ – масса льда, кг.

Однако на практике расход льда значительно больше значения, рассчитанного по формуле, поскольку для достижения быстрого и равномерного охлаждения необходимо, чтобы вся поверхность каждой единицы продукции была равномерно окружена льдом. Дозировка льда составляет 50–100 % от массы продукта в зависимости от условий (температуры) окружающей среды. Огромное значение имеют качество льда, способы его заготовки и степень дробления.

Охлаждение льдосолевой смесью позволяет достигнуть более быстрого и глубокого охлаждения продукции. Однако при этом возникают диффузионно-осмотические процессы, в результате чего в поверхностных слоях продукта увеличивается содержание соли. Чтобы избежать просаливания, льдосолевой смесью рекомендуется охлаждать только упакованные продукты. Расход льда и соли зависит от температуры окружающего воздуха.

Температура смеси льда и соли определяется по формуле В. А. Бобкова:

$$t_{см} = - 0,7 x , \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (9)$$

где x – массовая доля соли в смеси, %.

Холодильное хранение охлажденной продукции

Охлаждение пищевых продуктов – подготовительный процесс холодильной технологии перед холодильным хранением. Сроки такого хранения больше продолжительности охлаждения, поэтому при холодильном хранении основное значение приобретает максимальное снижение скорости нежелательных микробиологических, биохимических и химических процессов в пищевых продуктах. Кроме того, в задачу холодильного хранения входит

обеспечение сохранности питательных свойств продукта, его питательной ценности, а также товарного качества.

Охлажденные продукты хранятся более продолжительное время, чем неохлажденные, что связано с влиянием низких температур на скорость химических и ферментативных процессов в их тканях. Такое влияние температуры обычно описывается коэффициентом Q_{10} – отношение скорости реакции при данной температуре к скорости реакции при температуре на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше. Для большинства пищевых продуктов температурный коэффициент является величиной постоянной, не зависимой от температуры и составляющей $Q_{10} = 2\text{--}3$. Это значит, что при снижении температуры на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ скорость реакций уменьшается в 2–3 раза.

Для рационального холодильного хранения охлажденных продуктов необходимо выполнение ряда условий: хранить доброкачественные продукты, прошедшие регламентированную технологическую обработку перед хранением; соблюдать температурный режим хранения; поддерживать определенную влажность при хранении; соблюдать санитарно-гигиенические условия; использовать дополнительные средства, повышающие стойкость хранимых продуктов; применять рациональную тару для хранения продуктов.

Охлажденные скоропортящиеся пищевые продукты хранят в камерах при температурах, близких к криоскопическим, а относительную влажность поддерживают в пределах 80–85 %.

Предельным сроком хранения пищевого продукта принято считать такой, по истечении которого в хранимом продукте начинают появляться не присущие продукту посторонние запахи, продукт приобретает привкус, изменяется цвет и внешний вид.

Изменения показателей качества для каждого продукта индивидуальны, но для групп продуктов можно выделить общие признаки, по которым судят об изменении качества.

Хранение охлажденных пищевых продуктов при низких положительных температурах ($0\text{--}2\text{ }^{\circ}\text{C}$) обеспечивает сохранность мяса, птицы в течение одной-двух недель.

Основная цель современной технологии хранения пищевых продуктов в охлажденном состоянии состоит в улучшении качества продукции и увеличении сроков ее хранения. Достичь указанной цели позволяют новые технологические приемы. Они включают в себя использование прогрессивных видов тары (ящичков, контейнеров) из сплавов металлов, полимерных и комбинированных материалов, а также применение антисептиков, антибиотиков, различных газовых сред, озона, азота, ультрафиолетового и ионизирующего излучений для уничтожения микрофлоры, способной развиваться при температуре около $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Как правило, антисептики, антибиотики вводят в воду, применяемую для санитарной обработки помещений и оборудования, мойки продуктов и

изготовления льда. Из антисептиков применяют гипохлорит кальция или натрия, озон, пероксид водорода и др. Эффективно применение хлорного льда и льда, содержащего антибиотики, например, биомицин. Положительный эффект удлинения сроков хранения охлажденной продукции получен при использовании озонированного льда. Такой лед получают из воды, насыщенной озоном. Перспективным способом удлинить срок хранения охлажденных продуктов является упаковка их в газовой среде модифицированного состава. В такой среде резко уменьшают содержание кислорода и соответственно увеличивают долю углекислого газа (до 70 %) и азота (до 60 %).

Охлажденные пищевые продукты, для которых заканчивается установленный срок хранения, подвергаются завершающему холодильному технологическому процессу – отеплению. Этот процесс завершает непрерывную холодильную цепь, обеспечивающую доставку пищевых продуктов из сферы производства в сферу потребления с максимально возможной сохранностью питательных и вкусовых свойств, а также товарного вида.

ЗАДАНИЕ

1. Охладить выданные образцы продуктов тремя способами: в холодильнике, льдом и льдосолевой смесью в соответствии с требованиями, изложенными в п. 3 раздела «ход работы».

2. Построить графики изменения температуры во времени при охлаждении.

3. Рассчитать расход холода и продолжительность процесса. Сравнить расчетные данные с экспериментальными.

4. Сделать выводы о влиянии способа охлаждения на качество продукта.

ХОД РАБОТЫ

1. Сырье и материалы, оборудование, приборы, реактивы, необходимые для работы на одну группу студентов из 3–4 человек (в лаборатории обычно занимается 10–12 человек, следовательно, 3–4 группы):

- Продукты с температурой не ниже плюс 20 °С (мясо, птица, фарш – на одну группу студентов один вид продукта в зависимости от дисциплины) – масса каждого образца 150–200 г, необходимо по три образца на группу.

- Термометры с диапазоном измерения 0–20 °С – 3 шт.

- Ножи или пробойники.

- Посуда для проведения процесса охлаждения (на одну группу): тарелка 1 шт. для охлаждения в холодильнике; глубокая миска, кастрюля или лабораторная кружка 2 шт. для охлаждения льдом и льдосолевой смесью.

- Весы технические.

- Одежда.

- Фильтровальная бумага.

- Пакеты полимерные тонкие – 2 шт.

- Лед дробленый – 10 кг.

- Соль поваренная пищевая – 50 г.

2. Провести предварительную подготовку образцов к охлаждению (при необходимости).

3. Образцы промыть проточной холодной водой до полного удаления слизи, крови, и других загрязнений. Промытое мясо, птицу выдержать для стекания воды или обмакнуть фильтровальной бумагой для удаления влаги.

4. Получив образцы продуктов, необходимо сделать в них отверстия как можно ближе к их геометрическому (термическому) центру на половину толщины под термометры (так, чтобы конец термометра был полностью плотно помещен в продукт и как можно точнее отражал температуру), взвесить их и распределить по видам охлаждения.

Таблица 3

№ образца	Масса тары	Масса образца до охлаждения	Масса образца после охлаждения	Изменение массы, г	% отклонений
1					
2					
...					

5. Охлаждение проводить тремя способами: холодным воздухом в плюсовой камере холодильника или в камере быстрого охлаждения, во льду и в льдосолевой смеси.

- Провести замер температуры продукта перед началом охлаждения.
- Провести замер температуры воздуха в плюсовой камере холодильника.
- Для охлаждения холодным воздухом образец на тарелке со вставленным в него термометром (если есть возможность) поместить в плюсовую камеру холодильника и проводить замеры температуры продукта через каждые 20 мин.
- Раздробить лед как можно мельче (при необходимости).
- Половину льда использовать для приготовления льдосолевой смеси (5%-ной).
- Провести замер температуры дробленого льда и полученной льдосолевой смеси, используемых для охлаждения.
- Для охлаждения льдом образец со вставленным в него термометром поместить в миску (кастрюлю) с дробленным льдом и проводить замеры температуры продукта через каждые 10 мин (фарш помещать в лед упакованным в полимерные пакеты).
- Для охлаждения льдосолевой смесью образец со вставленным в него термометром поместить в миску (кастрюлю) с льдосолевой смесью и проводить замеры температуры продукта через каждые 10 мин (фарш помещать в смесь упакованным в полимерные пакеты).
- Записать время, потребовавшееся для проведения процесса охлаждения.

6. Изучить изменение массы образца в процессе охлаждения. Для этого после окончания процесса охлаждения (для всех способов) образцы аккуратно промокнуть фильтровальной бумагой (если есть необходимость) от излишков воды или выделившегося тканевого сока и взвесить. Определить потери массы продукта при охлаждении по формуле (10) и записать в таблицу.

$$\Delta_m = \frac{m_{\text{до охлаждения}} - m_{\text{после охлаждения}}}{m_{\text{до охлаждения}}} \cdot 100\% \quad (10)$$

7. Построить графики изменения температуры во времени при охлаждении разными способами. Сравнить полученные данные.

8. Рассчитать расход холода, расход льда и продолжительность процесса охлаждения для каждого способа. Сравнить расчетные данные с экспериментальными.

9. Определить качество полученной охлажденной продукции, оценив следующие показатели: внешний вид, запах, консистенция. Сделать вывод о соответствии их требованиям стандартов.

Цвет мяса, птицы должен быть свойственным данному виду.

Определение запаха охлажденной продукции проводят пронюхиванием поверхности, мяса на поперечном срезе в наиболее мясистой части и у костей.

Запах охлажденной мясной продукции должен быть свойственным данному виду мяса, без постороннего запаха.

Консистенция охлажденного мяса характеризуется таким признаком, как упругость, не допускается мягкая, мажущая консистенция.

Результаты работы оформить в виде нижеприведенной табличной формы:

Таблица 4

№ п/п	Показатель	Метод определения	Описание		Соответствие образца стандарту
			По стандарту	Образца	
1	Внешний вид				
2	Цвет				
3	Консистенция				
4	Запах				

10. Сделать выводы о влиянии способов охлаждения на органолептические и физико-химические показатели (изменение массы) охлажденной продукции. Сравнить скорость охлаждения в зависимости от вида мяса и способа охлаждения.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

1. В соответствии с действующей нормативной документацией дайте определение понятию охлажденная пищевая продукция. Укажите документы, регламентирующие качество охлажденного мяса и птицы.

2. Начертите технологическую схему производства охлажденного мяса, птицы.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какие изменения происходят в продуктах при охлаждении?
2. Какие способы охлаждения существуют?
3. Перечислите способы охлаждения, наиболее часто используемые в мясной промышленности.
4. При каких условиях хранятся охлажденные продукты?
5. Как рассчитать расход холода на охлаждение и продолжительность процесса?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ. ОЦЕНКА ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЗАМОРАЖИВАНИЯ

Цель работы: Познакомиться с характеристикой процесса замораживания, способами замораживания, получить практические умения и навыки производства мороженой мясной продукции.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основы процесса замораживания

Замораживание – консервирование сырья при температурах, значительно ниже криоскопических температур тканевого сока, когда большая часть воды, содержащейся в биологическом объекте, превращается в лед. Мясо считается замороженным при температуре в толще бедра ниже минус 8 °С.

Криоскопической температурой $t_{кр}$ принято считать температуру начала выпадения твердой фазы (кристаллов) из тканевой жидкости продукта. Значения криоскопической температуры различны для каждого вида продуктов. Для технических расчетов криоскопическую температуру часто принимают равной минус 1 °С.

Основными целями замораживания являются следующие:

- обеспечение стойкости продукта во время длительного хранения;
- отделение влаги при концентрировании жидких пищевых продуктов;
- изменение физических свойств продуктов (твердость, хрупкость) при подготовке их к дальнейшим технологическим операциям;
- сублимационная сушка;
- производство своеобразных пищевых продуктов и придание им специфических вкусовых и товарных качеств (мороженое, пельмени).

Основное отличие процесса замораживания от охлаждения состоит в том, что замороженные продукты являются более стойкими при хранении, чем охлажденные, поскольку вода в них превращается в лед. При этом прекращается перемещение растворимых в воде веществ, а следовательно, питание микроорганизмов и протекание биохимических (ферментативных) реакций. Эффект замораживания достигается при температуре в центре продукта от минус 8 °С и ниже.

Замороженный продукт отличается от охлажденного рядом внешних и физических признаков и свойств:

- твердостью – результат превращения воды в лед;
- яркостью окраски – результат оптических эффектов, вызываемых кристаллизацией льда;

- уменьшением удельного веса – следствие расширения воды при замораживании;

- изменением термодинамических характеристик (теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность).

В технологическом отношении замораживание вызывает изменения в продукте, препятствующие полному восстановлению первоначальных свойств. Поэтому говорят о неполной обратимости замораживания пищевых продуктов, в отличие от их охлаждения (так как происходит травмирование тканей продукта кристаллами льда, частичная денатурация белка, перераспределение влаги).

Если для замораживания 1 кг воды необходимо отвести 335 кДж теплоты, то при замораживании 1 кг продукта будет меньше отводиться теплоты, так как в замороженном продукте лед составляет 60–70 %.

Изменение теплофизических характеристик продуктов при замораживании

В холодильной технологии воду, превратившуюся в лед, называют *вымороженной*. *Количество вымороженной воды* в продукте – это количество льда, отнесенное к начальному содержанию воды, являющееся функцией температуры. Приблизительно оно может быть определено по формуле (11):

$$\omega = 1 - \frac{t_{кр}}{t_v}, \quad (11)$$

где ω – количество вымороженной воды, кг/кг; $t_{кр}$ – криоскопическая температура, °С; t_v – среднеобъемная (расчетная) температура продукта, °С.

Формула справедлива при замораживании до температур, при которых вся свободная вода превращается в лед (минус 30 – минус 36 °С), но и в этом интервале температур расчетная доля вымороженной воды будет несколько завышенной, так как не учитывается связанная вода, содержащаяся в тканях. Для более точного расчета количества вымороженной воды рекомендуется формула (12), предложенная Д. Г. Рютовым:

$$\omega = \left(1 - \frac{b(1-W)}{W}\right) \cdot \left(1 - \frac{t_{кр}}{t_v}\right) \quad (12)$$

где W – общее содержание воды в продукте, кг/кг продукта; b – содержание связанной воды, кг/кг сухих веществ.

Для расчетов количество связанной воды в продуктах животного происхождения берут $b = 0,27$ кг/кг, растительного – $b = 0,12$ кг/кг сухого вещества.

В области положительных температур теплофизические характеристики сырья меняются незначительно, и их принимают постоянными. Когда температура становится ниже криоскопической, теплофизические характеристики продукта существенно изменяются вследствие льдообразования

и различия свойств воды и льда, а также тепловых эффектов, сопровождающих этот процесс.

Расчетную удельную теплоемкость мороженого продукта c_m определяют по формуле (13):

$$c_m = c_w W(1 - \omega) + c_a W\omega + c_c (1 - W), \quad (13)$$

где c_w – теплоемкость воды, $c_w = 4,19$ кДж/(кг·К); c_c – теплоемкость сухих веществ, $c_c = 1,42$ кДж/(кг·К) – для продуктов животного происхождения, $c_c = 0,91$ кДж/(кг·К) – для продуктов растительного происхождения; c_a – теплоемкость льда, $c_a = 2,1$ кДж/(кг·К); W – содержание воды в продукте, кг/кг; ω – количество вымороженной воды, кг/кг.

Открыв скобки в первом слагаемом уравнения, группируя подобные члены и принимая во внимание выражение для расчета c_0 (см. охлаждение), получим

$$c_m = c_0 - (c_w - c_a) W\omega. \quad (14)$$

Приняв $c_w = 4,19$ кДж/(кг·К) и $c_a = 2,1$ кДж/(кг·К), получим

$$c_m = c_0 - 2,1 W\omega. \quad (15)$$

Теплопроводность характеризует способность тела нагреваться или охлаждаться. Поскольку теплопроводность льда примерно в 4 раза больше теплопроводности воды, то при замораживании λ увеличивается. Теплопроводность замороженных продуктов λ_m можно определить по формуле (16)

$$\lambda_m = \lambda_0 + \omega \Delta\lambda, \quad (16)$$

где $\Delta\lambda$ – изменение теплопроводности в интервале температур от $t_{кр}$ до температуры, соответствующей завершению льдообразования; для продуктов, содержащих 70–80 % воды, $\Delta\lambda = 0,93 - 1,16$ Вт/(м·К).

Коэффициент температуропроводности a_m рассчитывается исходя из c_m и λ_m .

Среднеобъемной температурой тела, температурное поле которого непостоянно, называется температура, которая может быть достигнута, если объект поместить в адиабатные условия:

$$t_v = t_z - \Psi (t_z - t_p), \quad (17)$$

где t_v – среднеобъемная температура, °С; t_z – конечная температура в центре продукта, °С; t_p – конечная температура на поверхности продукта, °С; Ψ – коэффициент, определяемый формой тела: при охлаждении в воздухе Ψ для пластины равен 1/3, цилиндра – 1/2, шара – 3/5; при охлаждении в жидкости Ψ для пластины равен 1/4, цилиндра – 2/5, шара – 1/2.

При линейном распределении температур среднеобъемная температура пластины приближенно может быть найдена как средняя арифметическая

температура поверхности и центра продукта:

$$t_v = \frac{(t_z + t_p)}{2}. \quad (18)$$

Знание среднеобъемной температуры продукта важно с практической точки зрения. Например, когда продукт после охлаждения направляют в камеру холодильного хранения, то это не должно вызывать повышения или понижения температуры в камере. Поэтому обязательным условием является соответствие среднеобъемной температуры продукта температуре воздуха в камере хранения.

Для расчета среднеобъемной температуры продукта, когда температура его термического центра меньше минус 5 °С удобно пользоваться формулой (19)

$$t_v = t_z - \psi \frac{Bi_m}{Bi_m + n} (t_z - t_c), \quad (19)$$

где n – коэффициент, зависящий от метода охлаждения: при воздушном охлаждении $n=2$, при охлаждении в жидкости $n=3$; Bi_m – критерий Био для замороженного продукта:

$$Bi_m = \frac{\alpha R}{\lambda_m}. \quad (20)$$

Способы определения количества холода, отводимого в процессе **замораживания, и продолжительности замораживания.**

Теплота, отводимая от продукта при замораживании, складывается из теплоты охлаждения продукта от начальной температуры до криоскопической, теплоты льдообразования, теплоты, отводимой при понижении температуры от криоскопической до средней конечной температуры мороженого продукта и определяется по формуле (21)

$$Q_m = G [c_0(t_n - t_{kp}) + W\omega r_a + c_m(t_{kp} - t_v)], \quad (21)$$

где Q – теплота, отводимая при замораживании, кДж; G – масса продукта, кг; c_0 и c_m – удельная теплоемкость при температуре соответственно выше криоскопической и среднеобъемной конечной, кДж/(кг·К); t_n и t_{kp} – начальная и криоскопическая температуры, °С; t_v – среднеобъемная конечная температура мороженой продукции, °С; W – содержание воды в продукте, кг/кг; ω – количество вымороженной воды при t_v кг/кг воды; r_a – удельная теплота льдообразования, $r_a = 335,2$ кДж/кг.

Известна и более простая формула (22) вычисления теплоты, отводимой от продукта при замораживании

$$Q_m = G (i_n - i_v), \quad (22)$$

где $(i_n - i_v)$ – разность удельных энтальпий при среднеобъемных начальной и конечной температурах, кДж/кг.

Продолжительность процесса замораживания τ_m – время, необходимое для охлаждения тела от начальной до заданной температуры с учетом превращения в лед воды, содержащейся в тканях. Продолжительность замораживания зависит от многих факторов и обычно ее определяют экспериментальным путем, однако известно также несколько расчетных способов нахождения τ_m , из которых в холодильной технологии широко распространены формула Р. Планка и формула Д. Г. Рютова.

Формула Р. Планка для расчета продолжительности замораживания имеет следующий вид (23):

$$\tau_m = \frac{q\rho}{t_{kp} - t_c} F \frac{\delta}{2} \left(\frac{\delta}{4\lambda_m} + \frac{1}{\alpha} \right), \quad (23)$$

где δ – толщина пластины, диаметр цилиндра или шара, м; F – коэффициент формы, $K_f = V/SL$ (1, 1/2, 1/3); ρ – плотность, кг/м³.

Уравнение Р. Планка дает лишь приближенное значение τ_m , хотя как фундаментальная формула она включена в рекомендации Международного института холода.

Продолжительность процесса замораживания зависит от вида продукта, его упаковки, толщины, содержания жира, от температуры и скорости движения охлаждающей среды.

Замерзание начинается с поверхности. Через некоторое время после помещения в морозильную камеру, продукт покрывается твердой замороженной коркой, тогда как внутренние слои его остаются мягкими, незамороженными. Затем начинают промерзать и внутренние слои продукта. Выделяющееся при их замерзании тепло проходит сквозь замороженную корку к поверхности продукта и переходит к холодному воздуху, циркулирующему в морозильной камере. Замороженная корка постепенно утолщается пока, наконец, продукт не промерзнет на всю толщину.

Способы замораживания. Технология замораживания

Мясо крупного рогатого скота (КРС) и свиней замораживают в полутушах и четвертинах, баранину в тушах. Мясо еще замораживают в блоках, сортовых отрубях и мелкой расфасовке. Температурно-влажностный режим: температура от минус 30 до минус 40 °С, скорость воздуха 1–2 м/с, относительная влажность воздуха 95–100 %, продолжительность процесса в пределах 24 ч. Продолжительность замораживания свиных полутуш – 18–20 ч, бараньих туш – 14–16 ч. Интенсифицировать процесс замораживания можно путем повышения давления воздушного потока, применения ультразвука и вибрации, криогенных хладагентов.

Битую птицу замораживают в воздушной среде после предварительного охлаждения или без него. Продолжительность замораживания птицы в таре зависит от ее вида и упитанности, от температуры и скорости движения воздуха.

При температуре минус 18 °С и естественной циркуляции, продолжительность замораживания составляет 48–72 ч, при температуре минус 23 ÷ минус 26 °С, скорости воздуха 1–1,5 м/с – для кур и уток – 18–20 ч, для гусей и индеек – 35–40 ч.

Быстро заморозить птицу можно в скороморозильных аппаратах туннельного типа при температуре минус 30 ÷ минус 40 °С и интенсивном движении воздуха. Продолжительность замораживания 4,5–10 ч. Сюда поступают разделанные тушки птицы после разделки, уложенные в мешочки из пленки и далее, размещенные в коробках, устанавливаемых на транспортер. Длина туннеля несколько десятков метров.

Способ замораживания в смеси льда и соли основан на фазовых переходах: плавление льда и растворение соли.

Хранение замороженных пищевых продуктов

Замораживание предшествует холодильному хранению.

Хранение замороженных продуктов проводится на базисных и распределительных холодильниках в местах их производства и в торговле, а также в бытовых холодильниках потребителя.

Длительность холодильного хранения многократно превосходит продолжительность холодильной обработки пищевых продуктов. Поэтому производственные площади и емкости, отводимые для холодильного хранения намного больше, чем для холодильной обработки. При хранении не требуется ни отводить тепло (как для охлаждения и замораживания), ни подводить тепло (как для отепления и размораживания).

Главная цель хранения – исключить изменение состояния продуктов, которые находятся на хранении. Однако, такая цель недостижима, так как любой форме материи присущи изменения. Холодильное хранение ограничивается замедлением изменений, именно тех, которые ухудшают качество продукта.

Основное средство достижения цели – это стабильная низкая температура хранения.

Температура хранения замороженных продуктов – ниже минус 18 ÷ минус 20 °С.

Общими обязательными условиями успешного хранения всякого скоропортящегося продукта являются следующие:

- 1) доброкачественность поступающих на хранение продуктов (холод только замедляет или приостанавливает развитие микроорганизмов);
- 2) содержание камер в чистоте. Необходимо возможно чаще проводить дезинфекцию холодильных камер и тщательную их уборку;
- 3) поддержание в холодильных камерах необходимых температур, относительной влажности, скорости циркуляции воздуха и его вентиляции;

4) размещение и укладка скоропортящихся продуктов при холодильном хранении;

5) строгое соблюдение принципов товарного соседства. Новые партии продуктов при поступлении на хранение следует помещать в камеры, в которых хранились подобные продукты. Продукты в камерах должны хорошо омываться охлаждающим воздухом со всех сторон, для этого их укладывают не на пол, а на подтоварники или стеллажи.

Мороженое мясо размещают на хранение в плотных устойчивых штабелях, уложенных на рейки или решетки; полутуши и четвертины – в контейнерах в несколько ярусов. Температура хранения не выше минус 18 °С, относительная влажность воздуха: 95–100 %, естественная циркуляция воздуха 0,1 м/с. Срок хранения 12 месяцев – в полутушах и четвертинах мясо КРС, свинины – 6 мес. При температуре хранения минус 30 °С срок хранения увеличивается. Для поддержания высокой относительной влажности воздуха и сокращения потерь массы штабеля укрывают брезентом, упаковочной тканью с нанесением слоя ледяной глазури и т.д.

Мороженую птицу хранят в ящиках, которые укладывают в штабеля с промежутками 10 см при температуре воздуха не выше минус 12 °С, относительной влажности воздуха 85–95 %, срок хранения на распределительных холодильниках не ниже 3 – 5 месяцев не упакованных птиц, 6–8 мес. – упакованных. Упаковка в полимерные пленки позволяет снизить усушку в 10 раз, улучшить санитарное состояние.

ЗАДАНИЕ

1. Заморозить выданные образцы продуктов тремя способами: в морозильной камере, льдосолевой смесью, в аппарате шоковой заморозки в соответствии с требованиями, изложенными в п. 3 раздела «ход работы».

2. Построить графики изменения температуры во времени при замораживании.

3. Рассчитать расход холода и продолжительность процесса. Сравнить расчетные данные с экспериментальными.

4. Сделать выводы о влиянии способа замораживания на качество продукта.

ХОД РАБОТЫ

1. Сырье и материалы, оборудование, приборы, реактивы, необходимые для работы на одну группу студентов из 3–4 человек (в лаборатории обычно занимается 10–12 человек, следовательно, 3–4 группы):

- Продукты с температурой не ниже плюс 20 °С (мясо, птица, фарш – на одну группу студентов один вид продукта) – масса каждого образца 150 – 200 г, необходимо по три образца на группу.

- Термометры с диапазоном измерения 20 – минус 20 °С – 3 шт.

- Ножи или пробойники.

- Посуда для проведения процесса замораживания (на одну группу): доска / поднос 1 шт. для замораживания в холодильнике и скороморозильном аппарате; глубокая миска, кастрюля или лабораторная кружка 2 шт. для замораживания льдосолевой смесью.

- Весы технические.

- Одеяло.

- Фильтровальная бумага.

- Пакеты полимерные тонкие – 2 шт.

- Лед дробленый – 10 кг.

- Соль поваренная пищевая – 500 г.

2. Провести предварительную подготовку мяса для замораживания (при необходимости).

3. Образцы промыть проточной холодной водой до полного удаления слизи, крови, и других загрязнений. Промытое мясо, птицу выдержать для стекания воды или обмакнуть фильтровальной бумагой для удаления влаги.

4. Получив образцы продуктов, необходимо сделать в них отверстия как можно ближе к их геометрическому (термическому) центру на половину толщины под термометры (так, чтобы конец термометра был полностью плотно помещен в продукт и как можно точнее отражал температуру), взвесить их и распределить по видам замораживания.

Таблица 5

№ образца	Масса тары	Масса образца до замораживания	Масса образца после замораживания	Изменение массы, г	% отклонений
1					
2					
...					

5. Замораживание проводить тремя способами: холодным воздухом в морозильной камере холодильника, в скороморозильном аппарате и в льдосолевой смеси:

- Провести замер температуры продукта перед началом замораживания.
- Провести замер температуры воздуха в морозильной камере холодильника.

- Для замораживания холодным воздухом образец на доске / подносе со вставленным в него термометром (если есть возможность) поместить в камеру и проводить замеры температуры продукта через каждые 20 мин.

- Раздробить лед как можно мельче (при необходимости) и использовать его для приготовления льдосолевой смеси (23%-ной).

- Провести замер температуры полученной льдосолевой смеси, используемой для замораживания.

- Для замораживания льдосолевой смесью образец со вставленным в него термометром поместить в миску (кастрюлю) с льдосолевой смесью, укутанную одеялом, и проводить замеры температуры продукта через каждые 10 мин (фарш помещать в смесь упакованным в полимерные пакеты).

- Записать время, потребовавшееся для проведения процесса замораживания.

6. После окончания процесса замораживания (для всех способов) образцы аккуратно отряхнуть фильтровальной бумагой (если есть необходимость) от излишков льда и взвесить. Определить потери массы / привес продукта при замораживании по формуле (24)

$$\Delta_m = \frac{m_{\text{до охлаждения}} - m_{\text{после охлаждения}}}{m_{\text{до охлаждения}}} \cdot 100\% . \quad (24)$$

7. Построить графики изменения температуры во времени при замораживании разными способами. Сравнить полученные данные.

8. Рассчитать расход холода и продолжительность процесса замораживания для каждого способа. Сравнить расчетные данные с экспериментальными.

9. Определить качество полученной мороженой продукции, оценив следующие показатели: внешний вид, запах, консистенция. Сделать вывод о соответствии их требованиям стандартов.

Цвет мяса должен быть свойственным.

Определение запаха мороженой продукции проводят пронюхиванием ножа, извлеченного из средней, наиболее мясистой части. Запах должен быть свойственным данному виду мяса, без постороннего запаха.

Консистенция замороженного мяса характеризуется таким признаком, как твердость.

Результаты работы оформить в виде нижеприведенной таблицы 6.

Таблица 6

№ п/п	Показатель	Метод определения	Описание		Соответствие образца стандарту
			По стандарту	Образца	
1	Внешний вид				
2	Цвет				
3	Консистенция				
4	Запах				

10. Сделать выводы о влиянии способов замораживания на органолептические и физико-химические показатели (изменение массы) мороженого мяса. Сравнить скорость замораживания в зависимости от вида мяса и способа замораживания.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

1. В соответствии с действующей нормативной документацией дайте определение понятию мороженая пищевая продукция. Укажите документы, регламентирующие качество мороженого мяса и птицы.

2. Начертите технологическую схему производства мороженого мяса, птицы.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какие изменения происходят в продуктах при замораживании?
2. Какие способы замораживания существуют?
3. Перечислите способы замораживания, наиболее часто используемые для мяса и птицы.
4. При каких условиях хранятся замороженные продукты?
5. Как рассчитать расход холода на замораживание и продолжительность процесса?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗМОРАЖИВАНИЯ ПРОДУКЦИИ. ОЦЕНКА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА

Цель работы: Познакомиться с характеристикой процесса размораживания, способами размораживания, сформировать умения и навыки технологической обработки сырья при размораживании.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Известно, что лучше всего питаться свежими продуктами. Парное мясо наиболее питательно и вкусно. В нем сохраняется наибольшее количество витаминов и микроэлементов, необходимых для нашего здоровья. К сожалению, для большинства из нас мечта о постоянном питании только свежими продуктами несбыточна. Поэтому люди изобрели различные технологии для длительного сохранения продуктов. В бытовых и промышленных условиях наилучшим средством сохранения питательных и вкусовых качеств продуктов является холод. Длительное хранение становится возможным только после глубокого замораживания продукта.

Мороженые продукты перед использованием в пищу должны быть обязательно разморожены (дефростированы). Размораживание – завершающая стадия низкотемпературной обработки продуктов, осуществляемая непосредственно перед его переработкой. В соответствии с современными представлениями размораживание рассматривается как процесс, обратный замораживанию. Он состоит в таянии кристаллов льда и восстановлении первоначальной гистологической структуры тканей.

Характеристика процесса размораживания. Размораживание – это тепловой процесс, при котором определенное количество теплоты передается продукту для повышения его температуры от начальной (как правило, минус 18 °С) до конечной (минус 1 °С или выше). При размораживании в продукте происходят, прежде всего, изменения, связанные с таянием кристаллов льда и поглощением воды тканями. Если вся вода, образующаяся при таянии кристаллов льда, поглощается тканями, то размороженная продукция по своим свойствам близка к свежей. Если выделилось значительное количество тканевого сока при размораживании, это свидетельствует о снижении пищевой ценности продукта в процессе холодильной обработки: например, мясо становится волокнистым, сухим и жестким.

Качество размороженного продукта зависит от степени свежести сырья перед замораживанием, скорости замораживания, режимов и сроков

холодильного хранения, а также условий размораживания. Основные технологические задачи, которые решаются при размораживании, – максимальное уменьшение потерь тканевого сока и достижение наибольшей обратимости процесса низкотемпературной обработки.

Нежелательные изменения свойств продуктов при размораживании, как и при замораживании, происходят в основном в интервале температур от минус 1 до минус 5 °С. Для продуктов животного происхождения это связано с денатурацией белков. Поэтому чем быстрее при размораживании проходят эту критическую зону температур, тем меньше изменяются свойства продукции. Так, при быстром размораживании мяса количество выделяемого мышечного сока примерно в 1,5 раза меньше по сравнению с медленным размораживанием.

Слишком медленное размораживание, при котором продукт длительное время находится в зоне неблагоприятных температур (минус 5 – минус 1 °С), способствует денатурации белков, отделению мышечного сока и значительному ухудшению консистенции.

Условия теплообмена при замораживании и оттаивании неодинаковы. В процессе замораживания теплота из внутренних слоев продукта передается охлаждающей среде через замороженный слой, в то время как при размораживании тепловой поток устремляется в обратном направлении через поверхностный размороженный слой к замороженному. Теплопроводность размороженного слоя продукта в 2,5–3,0 раза меньше, чем замороженного, поэтому термическое сопротивление его достаточно велико и при большом температурном градиенте между теплоносителем и продуктом возможны местные перегревы поверхности продукта, ухудшающие его качество. Это не касается замороженных полуфабрикатов, размораживание которых совмещается с кулинарной обработкой. В обычных случаях температура теплоносителя не должна превышать 20 °С.

Процесс размораживания можно разделить на три периода:

- период нагревания продукта от температуры в морозильной камере до температуры плавления кристаллов льда в материале;
- период перехода кристаллов льда в продукте в жидкое состояние (т.е. период собственно размораживания);
- период нагревания продукта до температуры потребления.

В первом периоде продукты отогреваются. В случае если они попадают из холодной среды морозильной камеры в теплое помещение цеха, сконденсированная на их поверхности влага является благоприятной средой для развития микроорганизмов, вызывающих порчу продуктов. Поэтому размораживание в первом периоде должно быть либо возможно коротким, либо выполняться в плюсовой камере холодильника.

Во втором периоде вода, образованная из льда, начинает взаимодействовать с содержащимися в продукте витаминами и химическими соединениями, постепенно возобновляют свою деятельность активные вещества (ферменты). Из сказанного следует основное правило для процесса размораживания: надо, чтобы оно происходило по возможности быстро.

Количество теплоты, необходимой для полного размораживания, определяют по формуле

$$Q = G (i_k - i_n) = G (c_m (t_{кр} - t_n) + W\omega r_l + c_0 (t_k - t_{кр})), \quad (25)$$

где Q – количество теплоты, Дж; G – масса продукта, кг; $(i_k - i_n)$ – разность удельных энтальпий при конечной t_k и начальной t_n температурах, кДж/кг; c_m и c_0 – теплоемкость мороженого и размороженного продукта, кДж/(кг·К); $t_{кр}$ – криоскопическая температура, °С; W – содержание влаги в продукте, доли единицы; ω – количество вымороженной влаги, доли единицы, $\omega = 1 - (t_{кр} / t_{cp})$; t_{cp} – среднеобъемная температура, °С; r_l – теплота льдообразования, кДж/кг, $r_l = 335,2$ кДж/кг.

Таблица 7

Теплосодержание продуктов (энтальпия), кДж/кг

Температура продукта, °С	Говядина, птица
-20	0
-18	4,6
-10	30,2
-2	98,8
0	232
2	238
4	245
10	264
20	297

Из общего расхода теплоты основное количество (более 70 %) расходуется на плавление кристаллов льда. Поэтому необходим интенсивный подвод теплоты к размораживаемому продукту при температуре минус 5–0 °С.

Классификация и характеристика способов размораживания

В зависимости от характера передачи продукту теплоты способы размораживания условно делят на две группы.

К первой группе относят способы передачи теплоты к поверхности продукта от внешней среды путем теплообмена (поверхностное размораживание). Теплота сообщается продукту через теплоизлучающую среду: сухой или влажный воздух, воду, лед, раствор попаренной соли, горячий жир,

паровоздушную смесь, конденсирующийся пар, инфракрасное излучение, а также через греющие металлические плиты. Размораживание происходит постепенно от поверхностных слоев к внутренним за счет теплопроводности. При этом поверхностные слои претерпевают более заметные качественные изменения. Поверхностный нагрев может быть контактным или радиационным (поток инфракрасных лучей).

Ко второй группе относят способы, при которых теплота, необходимая для размораживания, генерируется в объеме замороженного продукта. В основе способов объемного размораживания лежат электрические свойства продукта. Замороженные продукты обладают свойствами слабых проводников и диэлектриков, поэтому их либо включают в электрическую цепь как проводник, либо помещают в переменное электрическое поле и они разогреваются как диэлектрик. Размораживание происходит в результате объемного нагрева (объемное размораживание).

Первая группа. Способы поверхностного размораживания

В промышленности в основном применяют способы поверхностного размораживания, из которых наиболее распространено размораживание на воздухе и в воде. В последнее время начинают широко применять электрофизические (объемные) способы – СВЧ размораживание.

В воздушной среде размораживают туши и полутуши, фарш, кулинарные изделия при температуре воздуха от 8 до 20 °С и относительной влажности 90–95 %. Для размораживания продуктов их укладывают на стеллажи в один ряд и выдерживают в течение 6–25 ч до достижения температуры минус 1–0 °С. Продолжительность размораживания зависит от толщины, теплофизических свойств продукта, температуры воздуха, скорости его циркуляции.

Интенсификации процесса размораживания на воздухе достигают путем его увлажнения (до относительной влажности 95–100 %) и циркуляции (1–5 м/с). Увлажнение воздуха необходимо во избежание усушки продукта в процессе размораживания. При этом продолжительность процесса размораживания уменьшается примерно на 35 %.

Достоинствами этого метода являются его простота и дешевизна. К недостаткам можно отнести повышенные затраты ручного труда, невозможность автоматизации, высокую продолжительность процесса, неравномерность размораживания, подсушку внешней поверхности неупакованного продукта, окисление липидов, рост числа микроорганизмов, громоздкость устройств для осуществления размораживания (они занимают большую площадь).

Способы размораживания в воде и растворах поваренной соли погружением и орошением наиболее приемлемы для быстрой обработки значительного количества продукта, например, птицы. К преимуществам данных методов относятся: высокий коэффициент теплоотдачи от воды к

продукту (значительно сокращается продолжительность размораживания по сравнению с размораживанием на воздухе), одновременная мойка продукта, легкая механизация. К их недостаткам относят экстракцию азотистых и минеральных веществ, набухание тканей, а также большой расход воды и дополнительные затраты на ее очистку. Указанные недостатки устраняются при описанном выше воздушном размораживании.

Температура воды не должна превышать 20 °С. Вода должна соответствовать требованиям стандартов на питьевую воду. Продолжительность размораживания продуктов в воде в зависимости от их размеров составляет от 1 до 4 ч. Более эффективен способ размораживания орошением водой, чем погружением.

Для интенсификации процесса размораживания продуктов в воде применяют подачу пара под давлением, циркуляцию воды, смесь воды и воздуха в виде пульсирующей струи.

При размораживании конденсирующимся паром под вакуумом насыщенный водяной пар при пониженном давлении расширяется и, конденсируясь на холодной поверхности, обогревает ее выделяющейся теплотой. Вакуум в камере размораживания позволяет поддерживать достаточно низкую температуру, при которой свойства продукта хорошо сохраняются. Например, при температуре конденсации 20 °С необходимо поддерживать в камере размораживания давление $2,3 \cdot 10^{-3}$ МПа.

Преимущества: отсутствуют перегрев продукта, потери массы, бактериальное загрязнение, снижается расход воды, увеличивается скорость размораживания (приблизительно в 3 раза по сравнению с размораживанием на воздухе. Это связано с тем, что конденсация насыщенного пара на холодной поверхности продукта при пониженном давлении способствует увеличению коэффициента теплоотдачи в 7–9 раз по сравнению с воздушной средой), сохраняются вкусо-ароматические свойства продукта. Недостатки: для этого способа характерна сложность технического обеспечения процесса и периодичность действия устройства, высокая энергоемкость.

Размораживание инфракрасным излучением основано на использовании лучистого (радиационного) теплообмена между излучателем и облучаемым продуктом. Этот способ позволяет достигать высоких скоростей нагрева, так как поверхностная плотность потока излучения в десятки раз превышает плотность теплового потока при конвективном размораживании. Однако под действием излучения быстро нагревается поверхность продукта, в то время как внутренние слои являются еще замороженными, что отрицательно сказывается на качестве продукта. Этот способ размораживания предпочтительнее использовать в комбинации с другими.

Размораживание путем контакта с греющей поверхностью эффективно

только для продуктов, имеющих ровную плоскую поверхность. Такое размораживание происходит быстро у поверхности, но значительно медленнее во внутренних слоях, возможны перегревы поверхности.

Размораживание кристаллизирующейся водой основано на использовании теплоты, которая выделяется при льдообразовании на поверхности продукта. Замороженный продукт погружают в непроточную воду температурой 0–1 °С. На его поверхности образуется корочка льда, которая по мере отепления постепенно увеличивается, достигая 30 % от массы продукта. Продолжительность такого размораживания больше, чем при обычном способе в циркулирующей воде, однако при его проведении уменьшаются набухание тканей и потеря экстрактивных веществ, обсемененность продукта, расход воды.

Вторая группа. Способы объемного размораживания

В зависимости от того, какие электрические свойства продукта используют при осуществлении объемного нагрева, различают размораживание электрическим током и диэлектрическое размораживание.

Способы объемного размораживания с использованием электрического тока и энергии электромагнитного поля обеспечивают наиболее быстрое размораживание продуктов и их высокое качество. К недостаткам электроконтактного размораживания относят большой расход электроэнергии и воды. Что касается размораживания в переменном электромагнитном поле (ПЭМП), то недостатками этого способа являются возможность локального перегрева продукта при отеплении выше криоскопической температуры (минус 2 – минус 1 °С), неравномерность размораживания продуктов неправильной геометрической формы.

Способы объемного размораживания по сравнению с поверхностными являются более эффективными: продукция получается высокого качества, отсутствуют усушка, окисление липидов, вымывание азотистых веществ, сокращается длительность процессов.

При размораживании электрическим током через замороженный продукт, обладающий определенной электропроводимостью, пропускают переменный электрический ток промышленной частоты, который вызывает его нагрев (эффект Джоуля-Ленца). Мороженный продукт помещают в медленно циркулирующую воду, в результате чего его температура повышается, а электрическое сопротивление уменьшается. Затем с двух сторон подводят два электрода и пропускают через них переменный ток напряжением 10–40 В и силой 10–20 А. Продолжительность размораживания составляет 4–5 мин для продуктов массой 10–12 кг.

Преимущества метода: высокая скорость размораживания, хорошее качество продукта, отсутствие усушки, равномерность прогрева по всей толщине. Недостатки: большой расход электроэнергии и воды, опасность

поражения рабочих электрическим током, сложность аппаратов. Кроме того, одновременно с размораживанием происходит разложение (электролиз) электролитов (солей, кислот и т.д.), содержащихся в жидкой фазе продукта.

При диэлектрическом размораживании продукт помещают в ПЭМП и размораживают как диэлектрик. В зависимости от диапазона частот электромагнитного излучения различают сверхвысокочастотное (СВЧ), высокочастотное (ВЧ) и низкочастотное (НЧ) размораживание.

Размораживание в СВЧ-печи

Теперь о самом современном, наиболее эффективном способе размораживания быстрозамороженных продуктов – СВЧ-печи. При размораживании с помощью микроволн используют частоты от 915 до 2450 МГц. При СВЧ-, ВЧ- или НЧ- размораживании продукт помещают в ПЭМП конденсатора, к которому подают переменное напряжение строго выбранной частоты (обычно 25–50 МГц). Во всех продуктах содержатся дипольные молекулы, или частицы, в которых электрические заряды пространственно разделены. Если дипольную частицу поместить в электромагнитное поле, то она начнет поворачиваться, чтобы расположиться вдоль силовых линий. Если же направление этих линий изменить, то и частица изменит свою ориентацию. В ПЭМП направление магнитных силовых линий меняется несколько тысяч раз в секунду, поэтому диполи начинают колебаться. За счет кинетической энергии движения молекул появляется ток смещения, теплота выделяется во всем объеме продукта и он быстро нагревается. Глубина проникновения электромагнитных колебаний зависит от их частоты и диэлектрических характеристик продукта.

Наибольшее применение находит размораживание в электромагнитном СВЧ-поле, которое обеспечивает высокое качество продукта, отсутствие усушки и набухания, высокую скорость размораживания, прогрев по своей толщине продукта. Следует помнить, что тепловой эффект размораживания токами СВЧ с увеличением толщины продукта снижается. Кроме того, еще недостаточно изучены изменения пищевых веществ при СВЧ-обработке и их влияние на организм человека (имеются данные о нежелательном превращении цис-изомеров жирных кислот в транс-формы).

Использование СВЧ-обработки имеет некоторые особенности. СВЧ-печи особенно рекомендуются для размораживания и разогрева чувствительных к нагреванию продуктов. Размороженный и разогретый в СВЧ-печи продукт в наибольшей мере сохраняет вкус, аромат, цвет, запах и консистенцию; кроме того, до минимума снижается потеря сока. Продолжительность обработки тоже минимальна. Объемное поглощение продуктом СВЧ-энергии позволяет от 5 до 60 раз сократить время на оттаивание с нескольких часов до нескольких минут.

Одна существенная особенность: в СВЧ-печи нельзя размораживать продукты в металлической посуде или в таре, имеющей металлические

включения. При размораживании в полиэтиленовых пакетах надо удалить из упаковки все металлические предметы (зажимы, фольгу и пр.). Лучше всего для этой цели использовать прозрачные, т.е. стеклянные кастрюли, фаянсовые тарелки, чашки, полимерную тару, бумажную и картонную упаковку.

Не обращайтесь во вред преимущества СВЧ-размораживания: интенсивное внутреннее выделение теплоты при излишнем перегреве может вызвать образование пара, который способен порвать кожу или оболочку продукта. Поэтому после короткого воздействия СВЧ-энергией надо дать продукту «отдохнуть», т.е. предусмотреть его выдержку на воздухе при комнатной температуре в течение 2–3 мин. Кроме быстроты процессов и высокого качества подаваемых на стол продуктов, СВЧ-обработка обладает еще одним преимуществом: она подавляет деятельность микроорганизмов, отрицательно влияющих на сохранность продуктов.

Для объяснения процесса размораживания в СВЧ-поле необходимо рассмотреть отдельные его аспекты, обусловленные физико-химическими свойствами пищевых продуктов.

Вода, содержащаяся в межклеточном пространстве и клетках пищевых продуктов, находится в виде ассоциированных молекул. Кристаллическая решетка льда обладает высокой прочностью благодаря полярности образующих её молекул. Из-за значительной потенциальной энергии каждой молекулы на разрушение кристаллов льда необходимо затратить значительную энергию. Лед, образующийся в пищевых продуктах при их замораживании, представляет собой вязкопластичную упругую среду со скачкообразными изменениями физико-механических свойств на межфазовых границах – пластолед, обуславливающий прочность и другие свойства продукта (твёрдого тела). Пластолед имеет неоднородную макроструктуру: большие кристаллы льда с включениями вещества продукта образуют отдельные зерна, между которыми остаются локальные зоны растворов различных солей, такие же зоны расположены внутри ледяных зерен. Насыщенные растворы сохраняются до минус 40 °С. Некоторые минеральные соли, имеющиеся в соке продукта, при низких температурах выпадают в осадок.

При размораживании пищевых продуктов образующаяся влага должна распределяться так же, как и до замораживания. Однако полностью восстановить характер распределения влаги не удастся, так как способность волокон и клеток продукта к влагоудержанию после замораживания ухудшается.

В результате этого при размораживании из продукта выделяется часть содержащейся в нем влаги и теряется часть питательных веществ и минеральных солей. Особенно ярко это проявляется в интервале температур от минус 5 до 0 °С, так как в данном интервале соли, выпавшие в осадок при замораживании и хранении, растворяются. В этот период разрушаются зерна льда, в которых находились соли, поэтому процесс размораживания должен проводиться

наиболее интенсивно.

Диэлектрические характеристики замороженных пищевых продуктов заметно отличаются от диэлектрических характеристик льда. Это объясняется наличием в замороженном продукте насыщенных растворов солей, молекулы воды которых, обладая достаточной подвижностью, имеют период релаксации, соизмеримой с частотой поля. Кроме того, плавление льда в микро- и макрокапиллярах продукта происходит при температуре минус 7 – минус 5 °С, вследствие чего влага микрокапилляров высвобождается и активно взаимодействует с переменным электрическим полем. По мере повышения температуры (от минус 5 до 0 °С) с электрическим полем начинают взаимодействовать периферийные слои адсорбционносвязанной влаги вплоть до мономолекулярного слоя. Их связь с твердым скелетом продукта уменьшается и соответственно возрастает ε'' (коэффициент поглощения).

При размораживании от начальной температуры минус 18 °С средний темп нагрева в диапазоне температур от минус 18 до минус 5 °С составляет 0,19–0,23 К/с. Начиная с минус 5 °С, темп нагрева увеличивается до 0,7–1,0 К/с, т.е. в 3–4 раза. Таким образом, при размораживании пищевых продуктов удается зону температур минус 5–0 °С проходить за короткое время, что коренным образом отличает этот процесс от традиционного.

Уровень удельной СВЧ-мощности не должен превышать 1,0–1,5 кВт на 1 кг продукта.

Способы определения продолжительности размораживания

Процесс размораживания протекает в соответствии с обратной кривой замораживания: температура продукта вначале возрастает до точки таяния льда, затем остается постоянной и в конце процесса повышается до требуемой.

При определении продолжительности размораживания предполагается, что отсутствуют тепловыделения в области продукта лежащей глубже границы раздела, а все тепло, выделяемое при движении границы раздела, отводится к внешней среде через замороженный слой, теплоемкость которого равна 0.

Э. Альмаши предложил вычислять продолжительность размораживания по двум стадиям: продолжительность первой стадии (от t_n до $t_{кр}$) рассчитывается на основании уравнения теплопроводности для условий простого нагревания по типу формулы Фикина для охлаждения, второй (от $t_{кр}$ до t_k) – по методу элементарных тепловых балансов.

Г. Д. Кончаков согласившись с расчетом продолжительности первой стадии процесса размораживания, предложил продолжительность второй стадии рассчитывать исходя из скорости продвижения границы раздела. Он получил формулу для расчета продолжительности второй стадии размораживания равнозначную формуле Р. Планка.

Г. Б. Чижовым было предложено продолжительность первой стадии

размораживания принять равной 30 % от продолжительности второй стадии. Таким образом, в окончательном виде формула для расчета продолжительности размораживания имеет следующий вид:

$$\tau_{раз} = \frac{g\rho\Phi l}{t_0 - t_{кр}} \left(\frac{l}{2\lambda_0} + \frac{1}{\alpha} \right) m, \quad (26)$$

где g – количество теплоты, подведенной к единице продукта, кДж/кг; ρ – плотность продукта, кг/м³; Φ – коэффициент формы, для пластины 1, для цилиндра 1/2, для шара 1/3; l – полутолщина продукта, м; t_0 – температура среды, °С; $t_{кр}$ – криоскопическая температура продукта, °С; λ_0 – коэффициент теплопроводности размороженного слоя продукта, Вт/(м·К); α – коэффициент теплоотдачи от продукта к среде, Вт/(м²·К); m – множитель, учитывающий продолжительность первой стадии, $m = 1, 3$.

В этой формуле вместо разности ($t_0 - t_{кр}$) можно брать разность ($t_k - t_n$), где t_k – конечная температура размораживаемого продукта, °С; t_n – начальная температура размораживаемого продукта, °С.

Наиболее часто применяемые способы размораживания

Наиболее часто применяются следующие способы размораживания продуктов:

- размораживание на воздухе при комнатной температуре;
- размораживание в плюсовой камере холодильника при температуре от 2 до 6 °С;
- размораживание в воде (холодной, нагретой, кипящей);
- размораживание в духовке или печи при температуре от 40 до 60 °С;
- размораживание с одновременной кулинарной обработкой на плите или на открытом огне;
- быстрое объемное размораживание с помощью сверхвысокочастотного (СВЧ) нагрева.

Выбор способа размораживания зависит от вида продукта и его последующей обработки. Универсальным и наилучшим следует считать размораживание СВЧ нагревом. При быстром размораживании в микроволновой печи лучше всего сохраняются питательные и вкусовые качества. Однако некоторые продукты с целью лучшего сохранения вкуса и экономии электроэнергии рекомендуется начинать размораживать в плюсовой камере холодильника, а не на открытом воздухе.

Повторная заморозка нежелательна. Конечно, иногда приходится размороженные продукты замораживать повторно. Это допускается, но качество их будет несколько ниже (мясо – более сухое). Если было проведено размораживание, то лучше продукты довести до готовности, а уже их заморозить по всем правилам.

Мясо можно размораживать при комнатной температуре, в холодильной камере или микроволновой печи. Размораживание мяса на глубину 1 см от поверхности происходит в холодильной камере за 3–4 ч, на воздухе при комнатной температуре за 2–2,5 ч, а в духовке при 50 °С за 30 мин. Куски мяса весом 500 г размораживаются в холодильной камере за 5–6 ч. При размораживании в микроволновой печи мясо прогревается равномерно по всему объему куска, общее время на размораживание и приготовление блюда сокращается в десятки раз.

Большие куски мяса и крупную птицу, не помещающуюся в посуду, рекомендуется размораживать на воздухе, в плюсовой камере холодильника или под струей проточной воды. Лучше размораживать в холодильной камере, не вынимая из упаковки.

Не рекомендуется размораживать распакованное мясо в воде, поскольку при этом будут вымываться соки и питательные вещества.

Однако любое замороженное мясо, кроме свинины, предпочтительнее подвергать кулинарной обработке (варка, тушение и т.д.), если это возможно, на слабом огне без размораживания, немного увеличив время доведения его до готовности. Это лучший способ для нарезанного тонкими кусочками мяса, шницелей, мелкой вырезки, котлет, азу, бефстроганов, небольших цыплят и т.п.

Быстрозамороженные мясные полуфабрикаты и готовые блюда можно размораживать и разогревать на газовой или электрической плите, а также в духовке при 150–220 °С (для выпеченных изделий – 230 °С). Наибольшую скорость и наилучшее качество продуктов дает применение СВЧ-печей.

Порционное мясо и птицу можно использовать для приготовления традиционными методами без предварительного размораживания. Готовые замороженные блюда перед употреблением нужно немного «доприготовить».

Птицу перед приготовлением нужно обязательно полностью разморозить.

Быстрозамороженные готовые блюда разогревают обычно до 70 °С с предварительным размораживанием или без него. Способ разогревания зависит от состава блюда, размера порции и вида упаковки. Единого универсального метода размораживания и разогрева для всего достаточно широкого ассортимента готовых блюд нет. Продукты, упакованные в алюминиевую фольгу или в полимерную пленку, удобно и быстро разогревать в частично заполненной водой кастрюле, под крышкой (разумеется, после удаления упаковки). Некоторые быстрозамороженные готовые блюда можно разогревать в жире или в масле. Из наиболее простых способов размораживания с одновременным разогревом следует упомянуть непосредственный разогрев в посуде без воды на открытом огне. К сожалению, такой способ эффективен не для всех быстрозамороженных блюд. Так, блюда с нарезанным мясом перед подогревом лучше частично разморозить.

ЗАДАНИЕ

1. Разморозить выданные образцы замороженных продуктов тремя наиболее распространенными способами: на воздухе, в воде и в СВЧ-печи в соответствии с требованиями, изложенными в п. 3 раздела «ход работы».

2. Построить графики изменения температуры во времени при размораживании.

3. Рассчитать расход теплоты и продолжительность процесса. Сравнить расчетные данные с экспериментальными.

4. Сделать выводы о влиянии способа размораживания на качество продукта.

ХОД РАБОТЫ

1. Сырье и материалы, оборудование, приборы, реактивы, необходимые для работы на одну группу студентов из 3–4 человек (в лаборатории обычно занимается 10–12 человек, следовательно, 3–4 группы):

- Продукты замороженные с температурой минус 18 °С (мясо, птица, мясные полуфабрикаты (котлеты, тефтели) – на одну группу один вид продукта) – масса каждого образца 150–200 г, необходимо по три образца на группу.

- Термометры с диапазоном измерения минус 20–20 °С – 3 шт.

- Ножи или пробойники (дрель).

- Посуда для проведения процесса размораживания: тарелки 2 шт. для размораживания на воздухе и в СВЧ-печи (для последнего способа без рисунка), миска или кастрюля 1 шт. для размораживания в воде.

- Весы технические. Фильтровальная бумага.

- Пакеты полимерные тонкие – 1 шт.

- СВЧ-печь – 1 шт.

2. Получив образцы продуктов, необходимо сделать в них отверстия как можно ближе к их геометрическому (термическому) центру на половину толщины под термометры (так, чтобы конец термометра был полностью помещен в продукт и как можно точнее отражал температуру), взвесить их и распределить по видам размораживания.

Таблица 8

№ образца	Масса тары	Масса образца до	Масса образца после	Изменение массы, г	% отклонений
-----------	------------	------------------	---------------------	--------------------	--------------

		размораживани я	размораживани я		
1					
2					
...					

3. Размораживание проводить тремя способами: на воздухе, в воде и в СВЧ-печи:

- Провести замер температуры окружающего воздуха.
- Для размораживания на воздухе образец со вставленным в него термометром поместить на тарелку и проводить замеры температуры продукта через каждые 15 мин.
- Провести замер температуры воды, используемой для размораживания.
- Для размораживания в воде образец со вставленным в него термометром поместить в миску (кастрюлю) с водой и проводить замеры температуры продукта через каждые 10 мин (фаршевые изделия помещать в воду упакованными в полимерные пакеты).
- При размораживании в СВЧ-печи продукт поместить на тарелку без рисунка, замерить его начальную температуру, подвергнуть СВЧ-обработке на режиме размораживания в течение 10 с, вынуть из СВЧ-печи и замерить температуру. Если продукт еще заморожен (температура ниже минус 1 °С), повторить процесс до полного размораживания (не допуская проваривания). Записать время в минутах, потребовавшееся для проведения процесса.

4. После окончания процесса размораживания (для всех способов) образцы аккуратно промокнуть фильтровальной бумагой от излишков воды или выделившегося тканевого сока и взвесить. Определить потери массы продукта при размораживании по формуле

$$\Delta_m = \frac{m_{\text{до размораживания}} - m_{\text{после размораживания}}}{m_{\text{до размораживания}}} \cdot 100\% . \quad (27)$$

5. Построить графики изменения температуры во времени при размораживании разными способами. Сравнить полученные данные.

6. Рассчитать расход теплоты и продолжительность процесса размораживания на воздухе и в воде. Сравнить расчетные данные с экспериментальными.

7. Определить качество полученной размороженной продукции, оценив следующие показатели: внешний вид, запах, консистенция. Сделать вывод о соответствии их требованиям стандартов.

При определении внешнего вида обращают внимание на механические повреждения. Цвет мяса должен быть свойственным данному виду.

Определение запаха размороженной продукции проводят пронюхиванием поверхности, мяса на поперечном срезе в средней, наиболее мясистой части, проведением пробной варки. Запах размороженного мяса должен быть свойственным данному виду, без постороннего запаха.

Консистенция размороженного мяса характеризуется таким признаком, как упругость, не допускается мягкая, мажущая консистенция.

Результаты работы оформить в виде нижеприведенной таблицы 9.

8. Сделать выводы о влиянии способов размораживания на органолептические и физико-химические показатели (изменение массы) мороженой продукции. Сравнить скорость размораживания в зависимости от вида мяса и способа размораживания.

Таблица 9

№ п/п	Показатель	Метод определения	Описание		Соответствие образца стандарту
			По стандарту	Образца	
1	Внешний вид				
2	Цвет				
3	Консистенция				
4	Запах				

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

1. Дайте определение понятию термина «размораживание».
2. В табличной форме перечислите основные преимущества и недостатки способов размораживания (таблица 10).

Таблица 10 – Способы размораживания

Способ размораживания	Преимущества	Недостатки
На воздухе		
В воде		
...		

3. Опишите принцип СВЧ нагрева пищевых продуктов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Что происходит при размораживании продуктов?
2. Какие способы размораживания существуют?
3. Перечислите наиболее часто используемые способы размораживания.
4. Как происходит размораживание продуктов в СВЧ-поле?
5. Какие способы наиболее применимы к быстрозамороженным продуктам?
6. Какие требования безопасности предъявляются к СВЧ-размораживанию?
7. Как рассчитать расход теплоты на размораживание и продолжительность процесса?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

а) Основная

1. Биохимия мяса и молока: учеб. пособие / сост. В. В. Родин, В. А. Эльгайтаров; Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2007. – 120 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=138873> (дата обращения: 08.12.2020). – ISBN 978-5-9596-0393-9. – Текст: электронный.
2. Крахмалева, Т. М. Пищевая химия: учеб. пособие / Т. М. Крахмалева, Э. Ш. Манеева; Оренбургский государственный университет. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2012. – 154 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259224> (дата обращения: 08.12.2020). – Текст: электронный.

б) Дополнительная

3. Мезенова, О. Я. Современные биотехнологии продуктов животного происхождения: учеб. пособие для студентов направления 260100.68 – Технология продуктов питания, обучающихся по магистер. прогр. 260116.68 – Биотехно-логия продуктов живот. происхождения: в 2 ч. / О. Я. Мезенова; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2010. – Ч. 1. – 344 с.
4. Мезенова, О. Я. Технология и качество продуктов питания на основе сырья животного происхождения: учеб. пособие по дисц.: "Технология продуктов питания с задан. составом и свойствами на основе сырья живот. происхождения" для студентов специальности 240902.65 – Пищ. биотехнология и "Технология продуктов из сырья живот. происхождения" для студентов направления 240700.62 – Биотехнология / О. Я. Мезенова, Л. С. Байдалинова, Н. С. Сергеев; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2012. – 257 с.
5. Переработка продукции растительного и животного происхождения / А. В. Богомолов, Ф. В. Перцевой, О. Н. Сафонова. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2001. – 336 с.
6. Семенов, Б. Н. Технология производства продукции из животного сырья: учеб. пособие: в 2 ч. / Б. Н. Семенов, А. М. Ершов, Н. Н. Рулев. – Мурманск: МГТУ, 1999. – Ч. 1: Производство охлажденной продукции. – 94 с.
7. Семенов, Б. Н. Технология производства продукции из животного сырья: учеб. пособие: в 2 ч. / Б. Н. Семенов, А. М. Ершов, Н. Н. Рулев. – Мурманск: ГК РФ по рыболовству; МГТУ, 1999. – Ч. 2: Производство подмороженной и мороженой продукции. – 160 с.

8. Технология мяса и мясопродуктов: учеб. / А. А. Соколов, А. С. Большаков, Д. В. Павлов. – 2-е изд., перераб. – Москва: Пищевая промышленность, 1970. – 740 с.
9. Технология производства продукции из животного сырья: учеб. пособие / Б. Н. Семенов [и др.]; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2001. – 323 с.
10. Химический состав пищевых продуктов: справ.: в 2 кн. / ред. И. М. Скурихин, М. Н. Волгарев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Агропромиздат, 1987. – Кн. 2: Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов. – 359 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Пояснение к пользованию номограммой

При оценке длительности охлаждения *на основе номограмм* (представлены номограммы для центра продукта, поскольку на практике наиболее часто требуется оценить длительность охлаждения продукта в его центре), решение задачи сводится к последовательному определению величин:

$$\theta_{(r,\tau)} = \frac{t_{(r,\tau)} - t_c}{t_H - t_c},$$

(точка **A**) (или $(1 - \theta)$ на номограммах) и кривой, соответствующей величине критерия Био

$$Bi = \frac{\alpha \cdot R}{\lambda_{пр}}.$$

Пересечение горизонтальной линии с кривой Bi даёт точку **B**. Перпендикуляр на линию, соответствующую критерию Фурье

$$Fo = \frac{a \cdot \tau}{R^2}$$

приводит к точке **C**. Из величины числа Фурье (Fo) находится длительность охлаждения продукта. Последовательность нахождения величин отражена на номограмме для поверхности шара.

Номограмма для оценки температуры поверхности шара (пример)

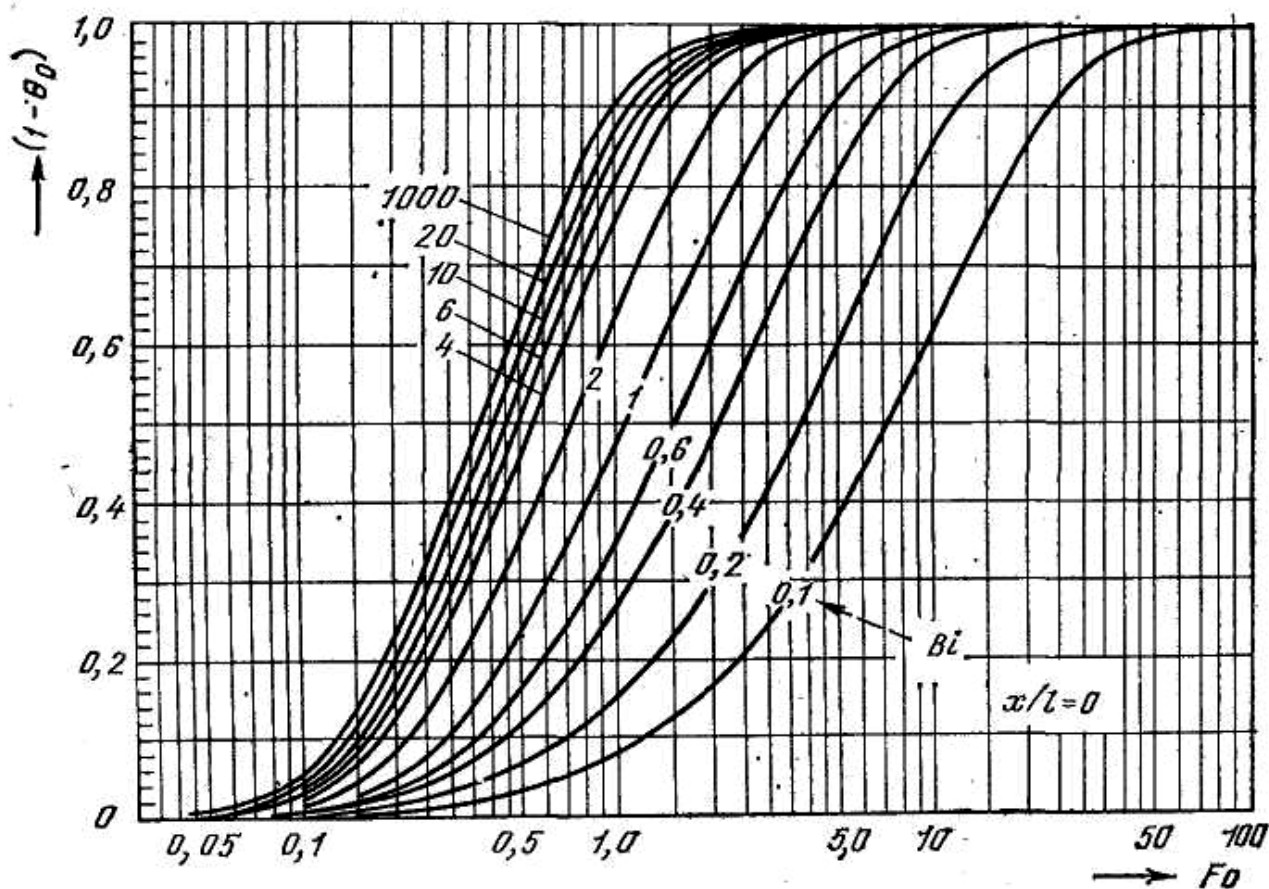
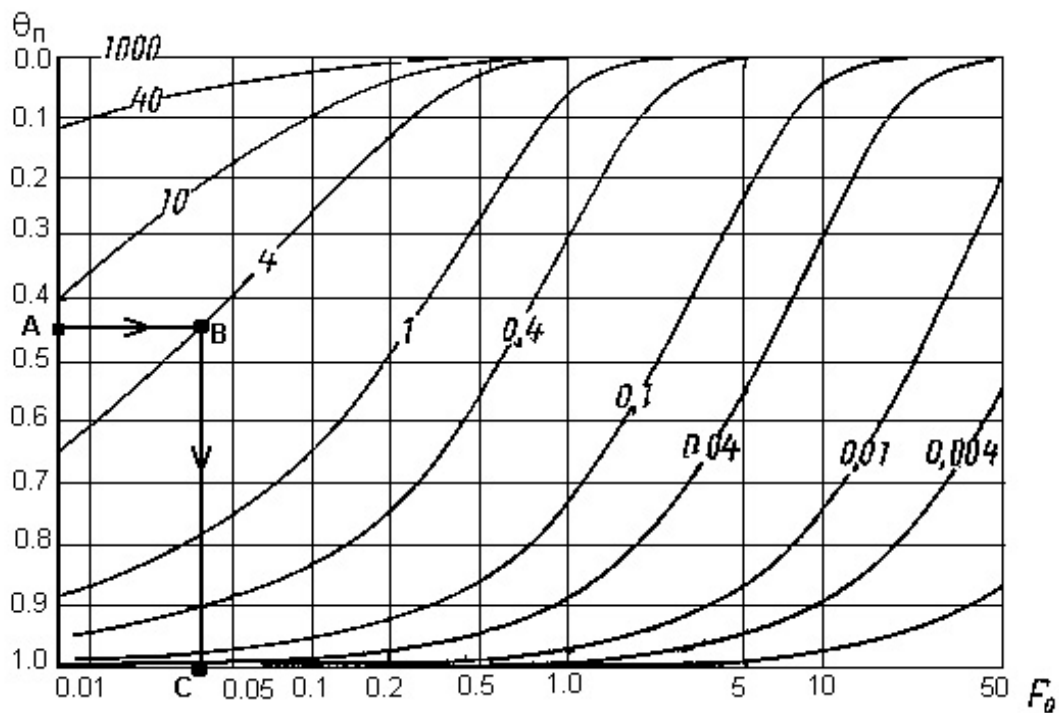


Рисунок П.1 – Безразмерная температура в средней плоскости пластины

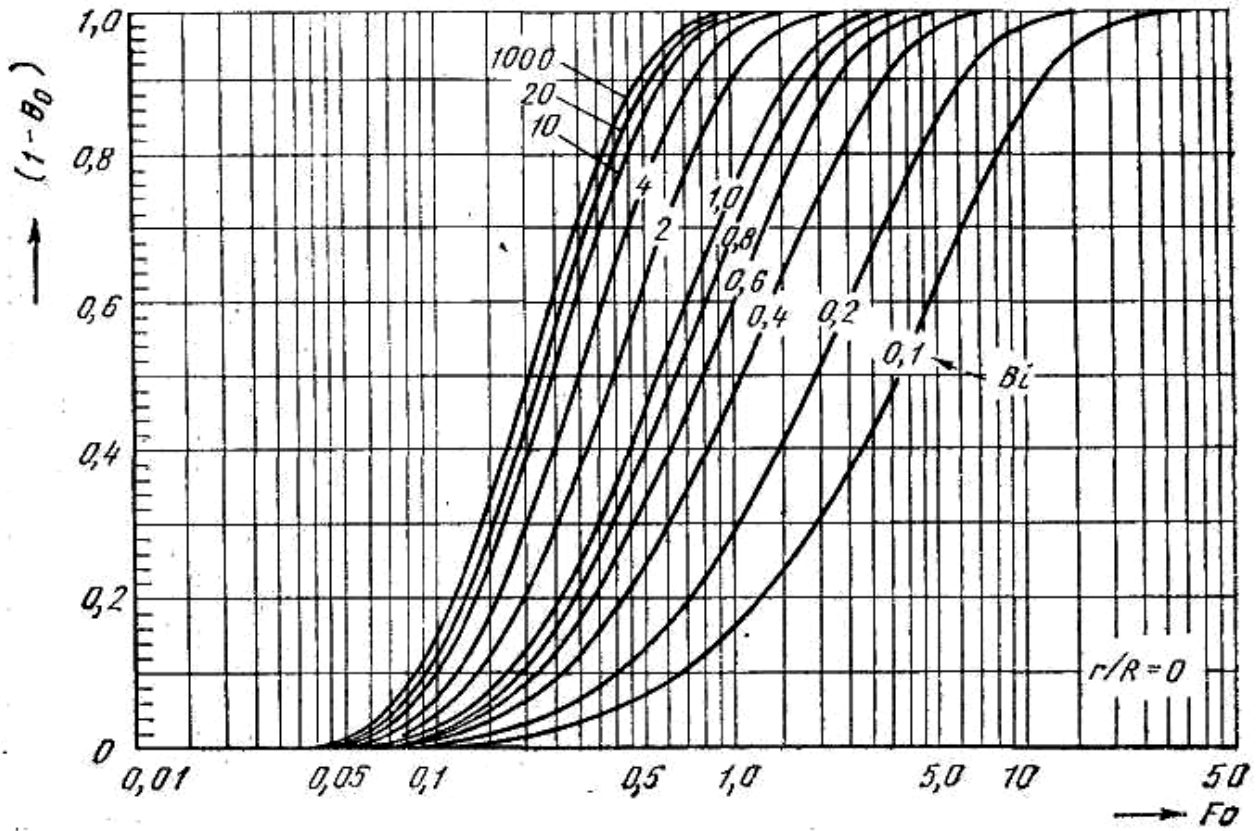


Рисунок П.2 – Безразмерная температура на оси цилиндра

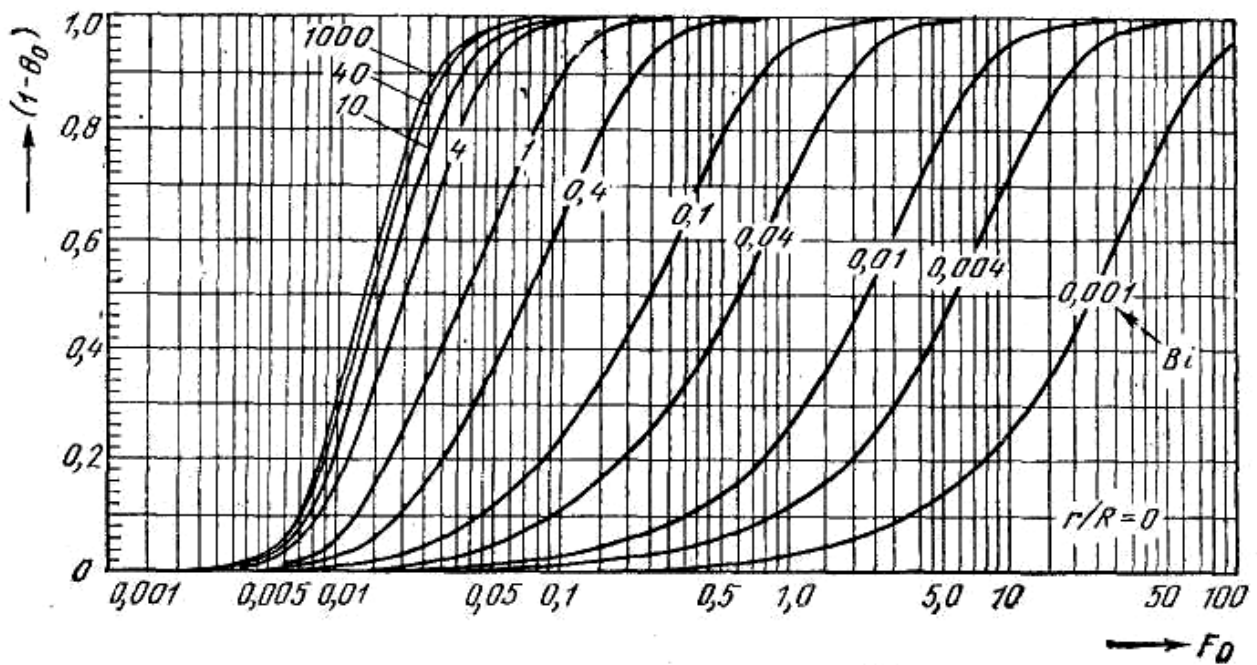


Рисунок П.3 – Безразмерная температура в центре шара

Локальный электронный методический материал

Ольга Николаевна Анохина

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МЯСА И МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

Часть 1. ТЕХНОЛОГИЯ ОХЛАЖДЕННОЙ И МОРОЖЕНОЙ ПРОДУКЦИИ

Редактор Е. Билко

Уч.-изд. л. 3,9. Печ. л. 3,2

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1