

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Мурманский государственный технический университет»

Кафедра технологий
пищевых производств

ПРАКТИКУМ

по дисциплине «Холодильная технология пищевых производств»

Учебно-методическое пособие

Для обучающихся в высших учебных заведениях по направлениям:
16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения»;
19.03.03 и 19.04.03 «Продукты питания животного происхождения»

Мурманск
2021

Составители:

Дубровин Сергей Юлианович – профессор кафедры технологии пищевых производств, канд. техн. наук, доцент;

Глухарев Андрей Юрьевич – инженер кафедры технологии пищевых производств;

Петрова Ксения Николаевна – магистрант кафедры технологии пищевых производств

Рецензент – В.А. Гроховский, профессор кафедры технологий пищевых производств, д-р техн. наук.

Учебно-методическое пособие содержит теоретический материал и методические указания к выполнению практических и лабораторных работ по дисциплине «Холодильная технология пищевых производств»

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено кафедрой

«16» июня 2017 г. протокол № 14

Учебно-методическое пособие рассмотрено и переутверждено кафедрой

19 июня 2021 г., протокол № 13

Мурманский государственный
технический университет, 2021

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	6
Модуль 1. Технология охлажденной продукции.....	8
Практическая работа № 1	8
ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОХЛАЖДЕННОЙ ПРОДУКЦИИ.....	8
Теоретический материал к модулю 1.....	8
Лабораторная работа № 1	16
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРОДУКТА В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО СВОЙСТВ И ДОЗЫ ХЛАДАГЕНТА.....	16
Порядок выполнения работы	16
Вопросы для самоконтроля:.....	18
Рекомендуемая литература.....	18
Модуль 2. Технология мороженой продукции	20
Практическая работа № 2	20
ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МОРОЖЕНОЙ ПРОДУКЦИИ.....	20
Теоретический материал к модулю 2.....	20
Порядок проведения работы	25
Лабораторная работа № 2.....	26
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЛАГОУДЕРЖИВАЮЩИХ АГЕНТОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ВЛАГИ ПРОДУКТОМ ПОСЛЕ ЗАМОРАЖИВАНИЯ И ХОЛОДИЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ	26
Порядок проведения работы	26
Вопросы для самоконтроля:.....	28
Рекомендуемая литература.....	28
Определение водоудерживающей способности мышечной ткани(ВУС) методом прессования.....	29
Метод определения массовой доли воды высушиванием на приборе ВЧМ(прибор Чижовой).....	31

Определение числа пенетрации («усилия проникновения») фарша.....	32
Модуль 3. Технология соленой продукции.....	35
Практическая работа № 3	35
ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ.....	35
Теоретический материал к модулю 3	35
Порядок проведения работы	38
Вопросы для самоконтроля:.....	38
Рекомендуемая литература.....	38
Лабораторная работа № 3	41
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОСОЛА НА ВЫХОД И СКОРОСТЬ ПРОСАЛИВАНИЯ ПРОДУКЦИИ.....	41
Порядок выполнения работы	41
Вопросы для самоконтроля:.....	42
Рекомендуемая литература.....	43
Определение массовой доли поваренной соли в рыбе аргентометрическим методом	44
Модуль 4. Технология жировой продукции.....	45
Лабораторная работа № 4	45
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБРАБОТКИ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ ЦЕННОСТЬ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ ИРЫБНЫХ ЖИРОВ	45
Теоретический материал к модулю 4	45
Порядок проведения работы	47
Определение кислотного числа	49
Определение йодного числа.....	50
Модуль 5. Технология сушеной продукции.....	51
Практическая работа № 5	51
ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СУШЕНОЙ ПРОДУКЦИИ.....	51
Теоретический материал к модулю 5	51

Порядок выполнения работы	55
Высушивание продукта на приборе LABCONCOFreeZone (лиофильная сушилка)	57
Определение коэффициентов набухания и восстановления массы мышечной ткани рыбы.....	61

ПРЕДИСЛОВИЕ

Практикум составлен с целью приобретения студентами теоретических знаний и практических навыков по использованию холодильных технологий при производстве продуктов питания. При этом учитывается, что использование холода в пищевой промышленности не ограничивается только увеличением продолжительности хранения сырья или готовой продукции, но может также существенно повлиять на качество и биологическую ценность продуктов, производимых с использованием низких температур. Учитывая ориентированность подготовки кадров в МГТУ для предприятий рыбной промышленности, большинство примеров использования холодильных технологий ориентированы на производство продуктов питания из водных биологических ресурсов.

В учебно-методическом пособии изложены краткий теоретический материал, основные практические приемы и методы лабораторных исследований.

Практикум предназначен для усвоения и закрепления полученных теоретических знаний, предусмотренных учебным планом подготовки студентов, составленным на основе Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлениям: 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения»; 19.03.03 и 19.04.03 «Продукты питания животного происхождения».

Для удобства использования учебное пособие разделено на четыре модуля, объединяющих по темам практические и лабораторные работы.

Перечень лабораторных работ

№ л/р	Наименование лабораторных работ	Количество часов	Наименование темы по табл. 4
1.	Определение эффективности охлаждения продукта в различных средах в зависимости от его свойств и дозы хладагента	4	Модуль 2. Тема 2.2
2.	Определение эффективности использования влагоудерживающих агентов для снижения потерь влаги продуктом после замораживания и холодильного хранения	6	Модуль 2. Тема 2.3
3.	Изучение влияния температуры посола на выход и скорость просаливания продукции	4	Модуль 2. Тема 2.4
4.	Изучение влияния низкотемпературной фильтрации на биологическую ценность растительных масел и рыбных жиров	4	Модуль 2. Тема 2.4
Всего:		18	

Перечень практических работ

№ л/р	Наименование практических работ	Количество часов	Наименование темы по табл. 4
1.	Изучение технологии охлажденной продукции	4	Модуль 2. Тема 2.2
2.	Изучение технологии мороженой продукции	4	Модуль 2. Тема 2.3
3.	Изучение технологии соленой продукции	4	Модуль 2. Тема 2.4
4.	Изучение технологии жировой продукции	2	Модуль 2. Тема 2.4
5.	Изучение технологии сушеной продукции	4	Модуль 2. Тема 2.4
Всего:		18	

Модуль 1. Технология охлажденной продукции

Практическая работа № 1

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОХЛАЖДЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Цель работы:

Изучить технологию охлаждения при производстве продукции из гидробионтов

Задачи работы:

1. Изучить технологическую инструкцию по производству охлажденной рыбы.
2. Составить технологическую схему производства охлажденной продукции в соответствии с заданием.
3. Кратко обосновать выбор технологической схемы.

Теоретический материал к модулю 1.

Охлаждение - это процесс, основанный на принципе психроанабиоза, предусматривающий обработку рыбы холодом, при котором температура в толще ее тела понижается до криоскопической точки. Криоскопическая точка - температура начала кристаллообразования в мышечном соке рыбы, зависящая от концентрации в нем органических и неорганических веществ. Криоскопическая температура рыбы-сырца находится в пределах от минус 0,5 до минус 0,9 °С для пресноводных и от минус 0,9 до минус 2,6 °С - для морских рыб. При расчетах криоскопическая температура рыбы, не подвергавшейся изменению химического состава, принимается равной минус 1 °С.

Охлаждение может быть использовано как самостоятельный вид консервирования, позволяющий доставлять потребителю рыбу с высокими сенсорными качествами, так и в качестве вспомогательной технологической операции перед направлением сырья в обработку.

При изготовлении охлажденной продукции в соответствии с требованиями стандарта, рыба должна иметь температуру в пределах от минус 1 до плюс 5 °С. В этих условиях значительно снижается активность комплекса тканевых ферментов и замедляется жизнедеятельность большинства микроорганизмов, влияющих на автолитические и гнилостные превращения компонентов тканей рыбы, что позволяет увеличить продолжительность ее хранения.

Существующие способы охлаждения сырья водного происхождения по характеру охлаждающей среды разделяют на две группы: охлаждение в гомогенной среде (газ, жидкость) и в гетерогенной среде (водный лед). Из охлаждающих средств наибольшее распространение имеют воздух, вода, лед, растворы

различных солей. Кроме того, могут быть использованы аммиак, фреон, криогенные жидкости (азот, кислород, двуокись углерода), а также двуокись углерода твердая. В зависимости от вида охлаждающей среды применяются различные способы охлаждения рыбы:

- охлаждение воздухом;
- охлаждение льдом;
- охлаждение погружением в жидкие охлажденные среды (морская вода, льдоводяная смесь, растворы хлорида натрия и хлорида кальция, смеси растворов хлорида натрия и хлорида кальция);
- охлаждение криогенными жидкостями.

От свойств среды и процесса охлаждения зависит коэффициент теплоотдачи (α) приблизительные значения которого в рамках лабораторной работы могут быть взяты из таблицы 1.1.

Таблица 1.1

Значение коэффициента теплоотдачи (α) для различных сред

Среда и её состояние	α , Вт/(м ² ·К)
жидкость в покое (вода)	232...582
циркулирующая жидкость	2 000...4 000
воздух в покое	4,6...9,3
воздух в движении	13,4...29
дробленый лед	100...500
жидкий азот	5 000...10 000

На продолжительность процесса охлаждения продукта оказывают влияние его теплофизические характеристики, такие как удельная теплоемкость, коэффициенты теплопроводности и температуропроводности.

Удельная теплоемкость (C_o) и коэффициент теплопроводности (λ) продукта зависят от его температуры и химического состава. При упрощенных расчетах удельной теплоемкости продукта, имеющего положительную температуру, используют формулу (1.1):

$$C_o = C_B \cdot B + C_{c.v.}(1 - B), \text{ (кДж/кг} \cdot \text{К (1 ккал/кг} \cdot \text{градус))} \quad (1.1)$$

где: C_B – удельная теплоемкость воды 4,19 кДж/кг·К (1 ккал/кг·градус);

$C_{c.v.}$ – удельная теплоемкость сухих веществ для продуктов животного происхождения составляет 1,38...1,68 кДж/(кг·К), растительного происхождения - 0,71...1,36 кДж/(кг·К). Удельная теплоемкость сухих веществ в среднем составляет 1,42 кДж/кг·К (0,34 ккал/кг·градус);

B – массовая доля воды в рыбе, доли единицы.

Коэффициент теплопроводности рассчитывают по формуле (1.2):

$$\lambda = \lambda_B \cdot B + \lambda_{с.в.} \cdot (1 - B), \text{ (Вт/ м} \cdot \text{К)} \quad (1.2)$$

где: λ_B - коэффициент теплопроводности воды 0,6 Вт/м·К(0,52 ккал/м·ч·град);
 $\lambda_{с.в.}$ - коэффициент теплопроводности сухих веществ продукта, который в среднем для рыбы составляет 0,255 Вт/ м· К (0,22 ккал/м· ч· град);

B - массовая доля воды в рыбе, доли единицы.

Коэффициент температуропроводности (a) продукта рассчитывают по формуле (1.3):

$$a = \frac{\lambda}{C_0 \times \rho}, \text{ (м}^2\text{/с)} \quad (1.4)$$

где: λ – коэффициент теплопроводности продукта, Вт/ м · К;

C_0 – удельная теплоемкость продукта, кДж/кг · К;

ρ – плотность продукта, кг/м³.

Расчет продолжительности охлаждения продукта ведется при следующих условиях:

- теплофизические свойства охлаждаемого тела не меняются;
- температура охлаждающей среды (t_0) неизменна;
- коэффициент теплоотдачи от поверхности объекта постоянен;
- действие каких-либо дополнительных источников тепла или оттока тепла от продукта, не включенных в его теплоемкость, не учитывается.

Время охлаждения продукта может быть рассчитано на основании формул, представленных различными авторами: Д.А. Христовуло, Г.Б. Чижовым и др.

На практике широкое распространение получил упрощенный номографический способ расчета продолжительности охлаждения продукта.

Для проведения расчета необходимо определить безразмерную температуру (θ), которая может быть приблизительно вычислена по формуле (1.5):

$$\theta = \frac{\vartheta_1}{\vartheta_0} = \frac{t_{ц} - t_c}{t_{н} - t_c} \quad (1.5)$$

где: ϑ_1 – конечная избыточная температура продукта;

ϑ_0 – начальная избыточная температура продукта;

t_c – температура в центре продукта;
 t_n – начальная температура продукта;
 t_c – температура охлаждающей среды.

Определяем значение критерия Био - безразмерного коэффициента, который характеризует интенсивность теплообмена между поверхностью тела и окружающей средой и который можно рассматривать как отношение термического сопротивления тела к термическому сопротивлению теплообмена между окружающей средой и поверхностью тела. Физический смысл критерия Био заключается в том, что он характеризует отношение интенсивностей подвода теплоты в процессе теплоотдачи и отвода теплоты к внутренним слоям тела в результате процесса теплопроводности. Критерий Био (Bi) рассчитывают по формуле (1.6):

$$Bi = \frac{\alpha \times R}{\lambda}, \quad (1.6)$$

где: α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К);

R – полутолщина пластины или радиус цилиндра (шара), м.

По одной из номограмм (Приложение 1), в зависимости от геометрических размеров охлаждаемого тела, на основании критерия Био и безразмерной температуры определяют величину критерия Фурье (F_0).

В свою очередь, критерий Фурье характеризует соотношение между скоростью изменения тепловых условий в окружающей среде и скоростью перестройки поля температуры внутри рассматриваемой системы (тела), который зависит от размеров тела и коэффициента его теплопроводности. Критерий Фурье может быть рассчитан по формуле (1.7):

$$F_0 = \frac{\alpha \times \tau}{R^2}, \quad (1.7)$$

где: α – коэффициент теплопроводности продукта, м²/с;

R – полутолщина пластины или радиус цилиндра (шара), м;

τ – продолжительность процесса, с

Тогда продолжительность охлаждения может быть рассчитана по формуле (1.8):

$$\tau = \frac{F_0 \times R^2}{\alpha}, \quad (с) \quad (1.8)$$

где: α – коэффициент температуропроводности продукта, $\text{м}^2/\text{с}$;
 R – полутолщина пластины или радиус цилиндра (шара), м;
 F_o – критерий Фурье.

Температура охлажденной рыбы является основным фактором, определяющим предельно допустимый срок ее хранения.

Охлажденную рыбу высокого качества готовят из живой или уснувшей рыбы, перед охлаждением её сортируют по видам и размерам. Срок хранения охлажденной рыбы можно увеличить, если перед охлаждением удалить внутренние органы и жабры.

Психроанабиоз не прекращает полностью процессы порчи рыбы, а лишь замедляет их, поэтому в процессе хранения постепенно происходит ухудшение качества продукции.

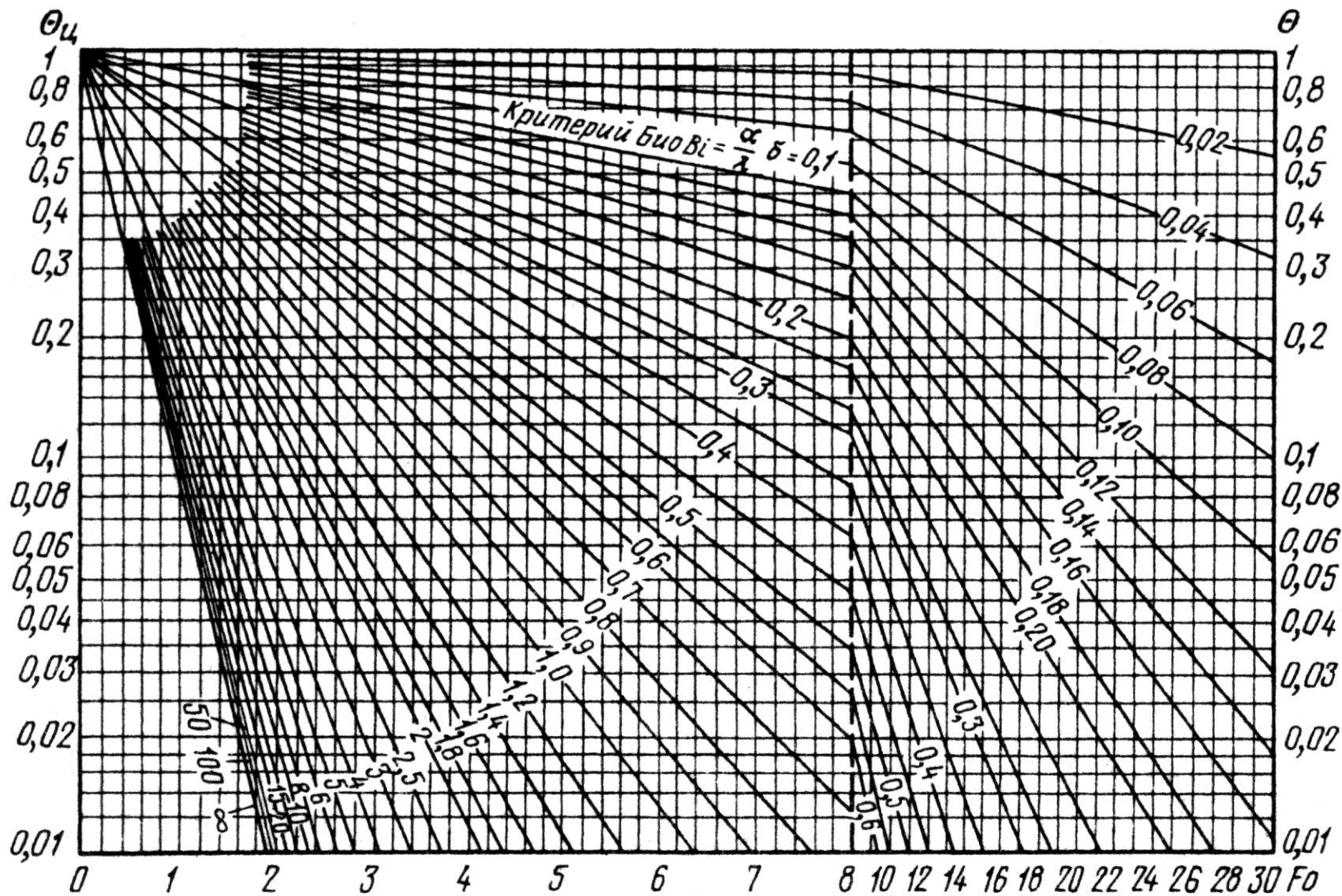
Дефекты охлажденной рыбы возникают в основном в результате посмертных изменений, протекающих в ее тканях и органах, поэтому предупреждение пороков сводится к максимальному торможению этих процессов. Для торможения бактериальных процессов, приводящих к порче охлажденной рыбы, большое значение имеет санитарное состояние производства (чистота помещений, тары, инвентаря и материалов).

К основным порокам охлажденной рыбы относятся:

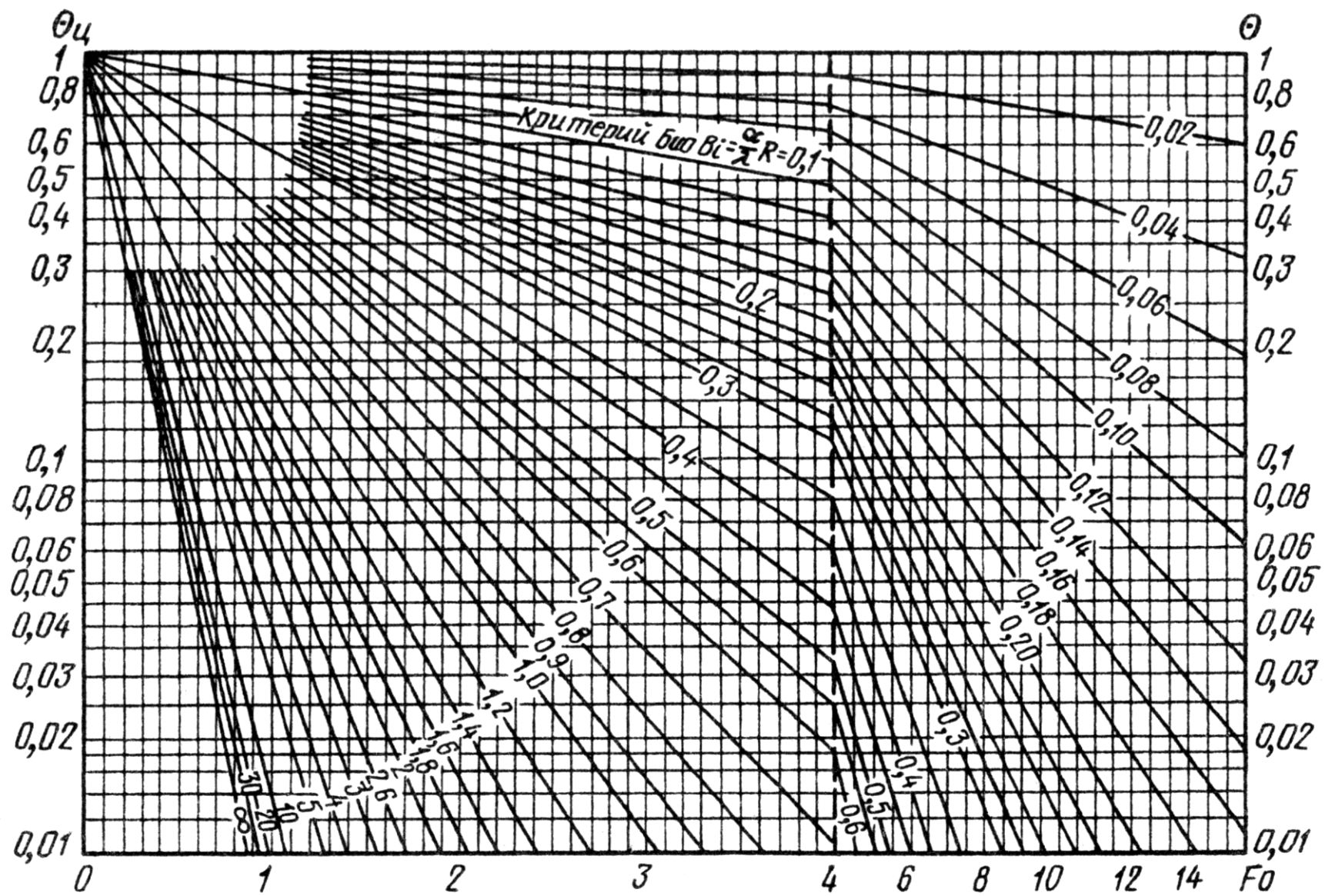
- механические повреждения;
- ослабевшая консистенция мышечной ткани;
- лопанец;
- кисловатый или гнилостный запах в жабрах;
- наличие слизи мутного цвета с непонятным запахом.

Механические повреждения рыба может иметь от кусков льда при хранении, а также в процессе погрузки и выгрузки рыбы при небрежном обращении и неправильном использовании средств механизации. Ослабевшая консистенция связана с задержкой рыбы в орудиях лова и на палубе судна до начала охлаждения. Лопанец возникает в процессе хранения рыбы вследствие ослабления и разрушения тонких стенок брюшной полости под влиянием автолиза. Появлению указанного дефекта способствует высокая активность ферментных систем сырья, механическое воздействие на рыбу, в том числе, крупных кусочков льда. Возникновение кислого или гнилостного запаха связано с воздействием психрофильной микрофлоры, интенсивно развивающейся при температуре около $0\text{ }^\circ\text{C}$, на азотистые вещества крови, содержащейся в жабрах, а также слизи, находящейся на поверхности рыбы.

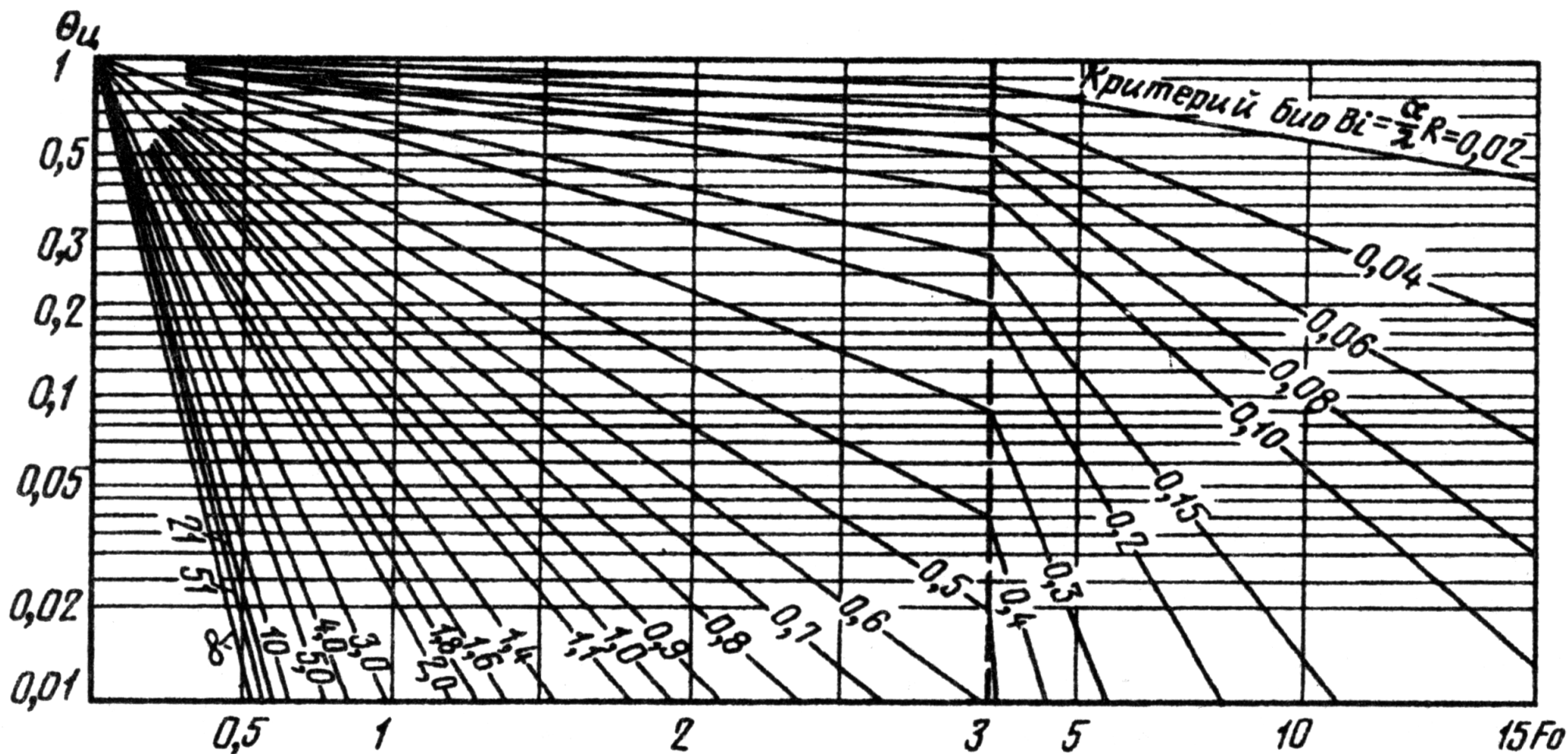
Номограмма безразмерной температуры для середины пластины.



Номограмма безразмерной температуры для оси цилиндра



Номограмма безразмерной температуры для центра шара



Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРОДУКТА В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО СВОЙСТВ И ДОЗЫ ХЛАДАГЕНТА

Цель работы: определить влияние применяемых сред на продолжительность охлаждения рыбы.

Задачи работы:

1. Выполнить эксперименты по охлаждению рыбы различными охлаждающими агентами.
2. Определить эффективность охлаждения рыбы в различных средах в зависимости от вида сырья.

Порядок выполнения работы

Работа проводится группами студентов по два-три человека. Каждая группа исследует определенный объект, выполняются все варианты охлаждения, указанные в табл. 1.1

Таблица 1.1

Варианты охлаждения рыбы

Способ охлаждения	Дозировка хладагента от масс рыбы, %
Водным льдом	50
Водным льдом	100
Льдowodяной смесью	50
Льдowodяной смесью	100
Воздухом в состоянии покоя	-

Примечание: соотношение льда и воды в льдowodяной смеси – 1 : 1

В качестве объектов исследований использовать следующие виды рыб: путассу, камбалу, сельдь.

Охлаждение рыбы

Приборы и материалы: бытовой холодильник, весы с точностью измерения ± 1 г, термоизолированные емкости для охлаждения рыбы, мелкодробленый лед, льдowodяная смесь, прибор для измерения температуры в теле рыбы.

Предназначенную для исследования рыбу в количестве не менее трех экземпляров для каждого варианта охлаждения взвешивают на весах, определяя ее массу с точностью ± 1 г.

Рассчитывают количество льда, необходимого для охлаждения рыбы в зависимости от варианта охлаждения. Определяют начальную температуру в теле рыбы.

На дно емкости для охлаждения насыпают слой мелкодробленого (размером не более 2х2х2 см) льда (1/3общей массы), затем укладывают рыбу и засыпают сверху оставшимся льдом.

При охлаждении рыбы льдоводяной смесью, рассчитывают ее количество, исходя из соотношения рыба:льдоводяная смесь. Определяют количество льда, необходимого для работы исходя из соотношения лед: вода 1:1. Определяют начальную температуру в теле рыбы.

На дно емкости для охлаждения насыпают мелкодробленый лед и заливают его охлажденной водой. Смесь перемешивают и погружают в нее рыбу.

При использовании воздуха в качестве охлаждающей среды, рыбу помещают на поддоне в бытовой холодильник, зафиксировав температуру воздуха в холодильной камере.

В процессе охлаждения рыбы фиксируют температуру ее тела через промежутки времени, указанные в таблице 1.2.

Результаты измерений заносят в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Изменение температуры в теле рыбы при ее охлаждении льдом

Охлаждающая среда	Дозировка хладагента от масс рыбы, %	Температура(°С) экземпляра рыбы в процессе охлаждения							
		№ экземпляра	Продолжительность охлаждения, мин						
			0	10	20	30	40	50	60
		1							
		3							
		3							
		Среднее значение							

По данным трех измерений в различных объектах, рассчитывают среднюю температуру рыбы.

Изменение средней температуры в теле рыбы изображают графически в системе координат t/τ .

По завершении измерений, каждая группа обменивается данными, которые заносятся в таблицу 1.3.

Таблица 1.3

Охлаждающая среда	Дозировка хладагента от масс рыбы, %	Температура, °С	Продолжительность охлаждения, мин						
			0	10	20	30	40	50	60
Водный лед	50	t_{cp1}							
Водный лед	100	t_{cp2}							
Льдowodяная смесь	50	t_{cp3}							
Льдowodяная смесь	100	t_{cp4}							
Воздух	-								

По данным таблицы строят графики в той же системе координат для каждого способа охлаждения.

На основании полученных результатов делают вывод о наиболее эффективном способе охлаждения и дозировки хладагента.

Оформление работы производится студентами индивидуально.

Вопросы для самоконтроля:

1. Раскройте понятия «процесс охлаждения» и «криоскопическая температура».
2. Какова цель холодильной обработки сырья водного происхождения?
3. В чем заключается суть консервирования рыбы холодом?
4. Назовите и обоснуйте факторы, определяющие эффективность охлаждения сырья.
5. Какие теплофизические характеристики применяются при расчете продолжительности охлаждения и в чем заключается их физический смысл?
6. Какие способы охлаждения сырья нашли широкое распространение в рыбной промышленности?
7. Каковы пути повышения эффективности охлаждения рыбы?
8. Перечислите и охарактеризуйте наиболее распространенные дефекты охлажденной рыбы.

Рекомендуемая литература

1. Технология рыбы и рыбных продуктов : учебник для вузов / [Артюхова С. А. и др.] ; под ред. А. М. Ершова. - [2-е изд.]. - Москва : Колос, 2010. -

1063 с.

2. Технология продуктов из гидробионтов/ [Артюхова С.А. и др.]; под ред. Т.М. Сафроновой и В.И. Шендерюка. – М.: Колос, 2001. 496 с.

3. ЭБС "Издательство "Лань".

Модуль 2. Технология мороженой продукции
Практическая работа № 2
ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МОРОЖЕНОЙ ПРОДУКЦИИ

Цель работы:

Изучить технологию замораживания при производстве продукции из гидробионтов.

Задачи работы:

1. Изучить технологические инструкции по производству мороженой рыбной продукции (рыбы, рыбного филе и фарша).
2. Составить технологическую схему производства мороженой продукции.
3. Кратко обосновать выбор технологической схемы.

Теоретический материал к модулю 2.

Замораживанием пищевых продуктов называют технологический процесс полного или частичного превращения в лед содержащейся в них влаги вследствие отвода тепла при понижении температуры ниже криоскопической.

Способ консервирования холодом основан на том, что при понижении температуры значительно снижается жизнедеятельность микроорганизмов и активность тканевых ферментов (протеолитических и липолитических), в результате чего замедляются биохимические реакции, протекающие в продукте.

В технологическом отношении замораживание обеспечивает высокую стойкость пищевых продуктов при последующем хранении благодаря:

1. превращению воды в лёд при замораживании, препятствующем питанию микроорганизмов и ухудшающем возможности диффузионного перемещения реагирующих веществ;
2. значительному понижению температуры среды и, как следствие, уменьшению кинетической энергии молекул, что действует угнетающе на микрофлору и активность ферментов;
3. увеличению концентрации веществ в тканевом соке рыбы при вымораживании части влаги, что влечет за собой высаливание белков и их денатурацию.

Качество мороженой продукции во многом зависит от скорости замораживания, особенно на этапе интенсивного кристаллообразования воды, а также от конечной температуры, до которой заморожен продукт.

Значения линейных скоростей замораживания принято подразделять на три группы (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Классификация скорости замораживания продуктов

Характеристика скорости замораживания	Скорость замораживания	
	м/с	см/час
Быстрое	$(1,4 - 5,6) \cdot 10^{-5}$	5-20
Среднее	$(2,8 - 14) \cdot 10^{-6}$	1-5
Медленное	$(2,8 - 28) \cdot 10^{-7}$	0,1-1

Линейную скорость замораживания (v) продукта рассчитывают по формуле (2.1):

$$v = \frac{R}{\tau}, (\text{м/с}) \quad (2.1)$$

где: R – полутолщина пластины или радиус цилиндра (шара), м;

τ – время замораживания, с.

Скорость замораживания оказывает влияние на размеры образующихся кристаллов льда и изменение концентрации веществ мышечного сока.

Для определения скорости замораживания необходимо знать не только геометрические форму и размеры продукта, но и время, за которое будет достигнута заданная температура.

Для расчета продолжительности замораживания могут быть использованы формулы, предложенные различными авторами: Р. Планком, Д.Г. Рютовым, В.Е. Куцаковой и др.

Классическим решением задачи о замораживании Международным институтом признано решение Р. Планка, полученное им в 1913 г. и существенно развитое им и другими исследователями в последующие годы.

Для упрощения задачи Р. Планком было сделано несколько допущений, которые приведены ниже:

1. Замораживанию подвергается физическое тело простой геометрической формы (пластина, шар или цилиндр) однородное по своим свойствам.
2. Теплоемкость замороженной части тела равна нулю.
3. Тело перед началом замораживания охлаждено до криоскопической температуры.
4. Льдообразование в теле происходит без переохлаждения при криоскопической температуре; теплофизические свойства замороженной части (коэффициент теплопроводности и удельная теплоемкость) не зависят от температуры.

5. Коэффициент теплоотдачи и температура охлаждающей среды не зависят от времени.

Формула Планка для простых тел имеет вид:

- для плоской неограниченной пластины при двустороннем замораживании (формула 2.2):

$$\tau = \frac{q \cdot \rho \cdot l}{t_{кр} - t_c} \left(\frac{1}{2\lambda} + \frac{1}{\alpha} \right), \text{ (с)} \quad (2.2)$$

где: q – теплота, выделяемая единицей массы тела при замораживании, кДж/кг;

ρ – плотность замораживаемого сырья, кг/м³;

l – половина толщины замораживаемого продукта, м;

$t_{кр}$ и t_c – температуры криоскопическая и замораживающей среды соответственно, °С;

λ – коэффициент теплопроводности продукта, Вт/м · К;

α – коэффициент теплоотдачи от продукта в замораживающую среду, Вт/м² · К.

- для длинного цилиндра радиусом R (м) (формула 2.3):

$$\tau = \frac{q \cdot \rho \cdot R}{2 \cdot (t_{кр} - t_c)} \left(\frac{R}{2\lambda} + \frac{1}{\alpha} \right), \text{ (с)} \quad (2.3)$$

- для шара радиусом R (м) (формула 4):

$$\tau = \frac{q \cdot \rho \cdot R}{3 \cdot (t_{кр} - t_c)} \left(\frac{R}{2\lambda} + \frac{1}{\alpha} \right), \text{ (с)} \quad (2.4)$$

Если замораживают продукт в упаковке, то необходимо учитывать термическое сопротивление в виде термических сопротивлений дополнительных слоев.

Теплота, выделяемая единицей массы тела при замораживании, может быть определена по формуле 2.5:

$$q = C_o \cdot (t_n - t_{кр}) + \omega \cdot W \cdot r + C_M (t_{кр} - t_{с.к.}), \text{ кДж/кг} \quad (2.5)$$

где: r – скрытая теплота льдообразования (334 кДж/кг), кДж/кг;

W – доля влаги в продукте, доли единицы;

ω – доля вымороженной влаги в продукте, доли единицы;

C_o и C_M – соответственно удельная теплоемкость незамороженного и условная теплоемкость замороженного продукта, кДж/кг · К;

$t_{н.к.}$, $t_{кр.}$, $t_{с.к.}$ – начальная, криоскопическая и средняя конечная температуры продукта, °С.

Количество вымороженной воды в продукте зависит от средней конечной температуры замораживания и рассчитывается по эмпирической формуле 2.6:

$$\omega = \frac{1,105}{1 + \frac{0,31}{\lg t_{с.к.}}}, \quad (2.6)$$

Средняя конечная температура, указывает на то, что в конце процесса замораживания, температура поверхности и центра продукта могут отличаться. При температуре продукта не выше минус 5 °С, зависимость этих температур носит линейный характер, в связи с чем средняя конечная температура ($t_{с.к.}$) может быть определена по формуле 2.7:

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

где: $t_{к.ц.}$ – температура в геометрическом центре продукта в конце процесса замораживания, °С;

$t_{п.к.}$ – температура поверхности продукта в конце процесса замораживания, °С.

Температура поверхности продукта в конце процесса замораживания зависит от температуры замораживающей среды и определяется по формуле 2.8:

$$t_{п.к.} = (0,8 \sim 1,0) \cdot t_c, \quad (2.8)$$

где: t_c – температура замораживающей среды, °С.

Коэффициент для расчета температуры поверхности продукта выбирается в зависимости от условий теплоотдачи. При воздушном замораживании его целесообразно принять близким к 0,8, а при плиточном или рассольном – близким к 1.

Теплоемкость незамороженного продукта (C_0) зависит от его химического состава и может быть рассчитана по формуле 2.9:

$$C_0 = C_B \cdot W + C_{с.в.} \cdot (1 - W), \quad \text{кДж/кг} \cdot \text{К} \quad (2.9)$$

где: $C_{с.в.}$ – удельная теплоемкость сухих веществ для продуктов животного происхождения составляет 1,38...1,68 кДж/кг·К, растительного происхождения – 0,71...1,36 кДж/кг·К;

C_B – удельная теплоемкость воды 4,19 кДж/кг·К;

W – доля влаги в продукте, доли единицы.

Условная теплоемкость мороженого продукта не включает теплоту фазового превращения воды в лед и может быть определена по эмпирической формуле 2.10:

$$C_M = C_o - \frac{0,415}{1 + \frac{0,369}{\lg(t_{c.п.})}}, \text{ кДж/кг}\cdot\text{К} \quad (2.10)$$

где: C_o —удельная теплоемкость не замороженного продукта, кДж/кг·К;
 $t_{c.п.}$ – средняя температура за процесс, °С.

Значение условной теплоемкости изменяется в течение всего процесса замораживания, так как часть воды постепенно превращается в лед при понижении температуры продукта. Поэтому при расчете условной теплоемкости используют среднюю температуру за процесс, которая рассчитывается как среднелогарифмическая и может быть определена по формуле (2.11):

$$t_{c.п.} = \frac{t_{c.к.} - t_{кр}}{\ln \frac{t_{c.к.}}{t_{кр}}}, \text{ } ^\circ\text{С} \quad (2.11)$$

где: $t_{кр}$, $t_{c.к.}$ —криоскопическая и средняя конечная температуры продукта, °С.

Коэффициент теплопроводности замороженных продуктов постепенно увеличивается с понижением температуры, так как теплопроводность льда больше теплопроводности воды. Коэффициент теплопроводности мороженых продуктов (λ_m) может быть рассчитан по эмпирической формуле 2.12:

$$\lambda_m = \lambda_o + \frac{0,669}{1 + \frac{0,148}{\lg t_{c.п.}}}, \text{ Вт/м}\cdot\text{К} \quad (2.12)$$

где: λ_o – коэффициент теплопроводности не замороженного продукта, Вт/м·К;
 $t_{c.п.}$ – средняя температура за процесс, °С.

Изменения, протекающие в тканях рыбы при замораживании и последующем холодильном хранении, могут привести к нежелательным последствиям, ухудшающим органолептические, реологические и другие свойства продукции.

К основным процессам, вызывающие изменение свойств тканей рыбы при замораживании и последующем хранении можно отнести следующие:

- механическое разрушение структуры мышечной ткани кристаллами льда;
- денатурация белков мяса рыбы под воздействием солевых растворов, концентрация которых увеличивается при вымораживании воды;

- автолиз макроэргических веществ (АТФ, КрФ, гликогена), приводящий к изменению свойств белков актомиозинового комплекса;
- ферментативный гидролиз;
- окисление липидов;
- сублимация влаги «усушка».

Уменьшению отрицательного влияния указанных процессов на качество мороженой продукции может способствовать не только применение современного оборудования, обеспечивающего высокую скорость замораживания, до относительно низких температур, упаковочных материалов, предохраняющих продукт от воздействия факторов окружающей среды, но и химических веществ, повышающих устойчивость белков к денатурации и влагоудерживающую способность тканей. Так, например, при производстве рыбного филе, фаршей применяются такие влагоудерживающие агенты (пищевые добавки), как: лактат натрия (Е 325), фосфат натрия (Е 339), малат натрия (Е 350), сорбит (Е 420), глицерин (Е 422), ксилит (Е 967) и другие, а также поваренная соль и сахар.

Кроме указанных веществ могут применяться гидроколлоиды (агар (Е 406), карраген (Е 407), альгинат натрия (Е 401), пектины (Е 440) и др.), обладающие значительной массой и высокой степенью поляризации молекул, что обеспечивает их способность связывать большое количество влаги. Так, например, 1 часть каррагена может связать от 20 до 120 частей воды.

Порядок проведения работы

Работа выполняется обучающимися индивидуально в соответствии с заданием, выданным преподавателем.

После ознакомления с технологической инструкцией составляется технологическая схема производства мороженой продукции и дается ее краткое обоснование.

Лабораторная работа № 2
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ВЛАГОУДЕРЖИВАЮЩИХ АГЕНТОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ
ВЛАГИ ПРОДУКТОМ ПОСЛЕ ЗАМОРАЖИВАНИЯ И
ХОЛОДИЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ

Цель работы: определить влияние влагоудерживающих агентов на качество мороженой продукции.

Задачи работы:

1. Выполнить эксперименты по изготовлению мороженого рыбного фарша с различными влагоудерживающими агентами.
2. Определить эффективность использования влагоудерживающих агентов для снижения потерь влаги после замораживания и холодильного хранения.

Порядок проведения работы

Работа выполняется подгруппами студентов по два-три человека. Каждая подгруппа получает индивидуальное задание. Для проведения исследования каждой подгруппой используется около 500 г охлажденной рыбы различных видов.

Полученная проба рыбы разделяется на филе с дообработкой для удаления костей и кожи. Филе дважды пропускается через мясорубку с диаметром отверстий 3-5 мм. Фарш тщательно растирается в фарфоровой ступке для получения однородной консистенции, и определяются его органолептические показатели в соответствии с ГОСТ 7631-2008 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей».

Из полученной пробы фарша отбирают навески для определения влагоудерживающей способности (ВУС), содержания воды и числа пенетрации.

ВУС фарша определяют методом прессования, массовая доля воды в пробе определяется по методу Чижовой, а число пенетрации - на приборе «Food-Checker» по методикам, изложенным в Приложениях 2.1, 2.2 и 2.3 соответственно. Результаты исследований заносят в таблицу 2.1.

Оставшийся фарш разделяется на две части, взвешивается с точностью ± 1 г, после чего в одну пробу (экспериментальный образец) вносится (в соответствии с заданием) химическое вещество (пищевая добавка), способствующее сохранению в процессе замораживания и холодильного хранения ВУС и других

показателей качества фарша. Другая часть фарша замораживается без добавления химических веществ (контрольный образец).

В качестве веществ, повышающих ВУС фарша, и, влияющих на его органолептические показатели, используются:

- полифосфаты;
- поваренная соль;
- глицерин;
- сахар и др.

Наименование вещества и его доза задается ведущим преподавателем.

После внесения химической добавки фарш тщательно перемешивается, переносится в полимерный пакет, маркируется и помещается в холодильную камеру для замораживания и холодильного хранения. Контрольный образец замораживается и хранится при тех же условиях, что и экспериментальный.

Через заданный преподавателем промежуток хранения, фарши извлекаются из морозильной камеры и подвергаются воздушному размораживанию. В дефростированном фарше определяются те же показатели, что и до замораживания. Результаты измерений заносятся в таблицу 2.1.

Таблица 2.1.

Исследование показателей качества фарша из мышечной ткани _____ до и после замораживания с внесенными добавками

(наименование вида рыбы)

Показатели	Характеристика объекта исследования			Вывод по изменению показателя
	Проба до замораживания	Образец после замораживания и холодильного хранения		
		контрольный	экспериментальный	
1	2	3	4	5
Количество влаги, выделившееся при размораживании, % от общей массы фарша	–			
Органолептические:				
– цвет				
– запах				
– консистенция				
Физико-химические:				
– ВУС, %				

– число пенетрации, г				
-----------------------	--	--	--	--

В заключение работы делается общий вывод о влиянии различных факторов (химический состав рыбы, температура замораживания и хранения, внесенные добавки) на изменение показателей качества рыбного фарша после холодильного хранения.

Вопросы для самоконтроля:

1. Раскройте понятия «процессы подмораживания и замораживания».
2. Как изменяется удельная теплоемкость и коэффициент теплопроводности рыбы при понижении температуры ее тела ниже криоскопической?
3. От чего зависит количество вымороженной воды в продукте при замораживании?
4. На чем основан принцип консервирования «криоанабиоз»?
5. Назовите и обоснуйте факторы, влияющие на изменение скорости замораживания.
6. Какие процессы, протекающие в мороженой продукции, приводят к ухудшению ее качества?
7. Каковы пути повышения эффективности охлаждения рыбы?
8. Перечислите и охарактеризуйте наиболее распространенные дефекты мороженой рыбы.

Рекомендуемая литература

1. Технология рыбы и рыбных продуктов : учебник для вузов / [Артюхова С. А. и др.] ; под ред. А. М. Ершова. - [2-е изд.]. - Москва : Колос, 2010. - 1063 с.
2. Технология продуктов из гидробионтов/ [Артюхова С.А. и др.]; под ред. Т.М. Сафроновой и В.И. Шендерюка. – М.: Колос, 2001. 496 с.
3. Применение пищевых добавок в переработке мяса и рыбы / Сарафанова Л.А. М.: Профессия, 2007.256 с.
4. ЭБС "Издательство "Лань".

Определение водоудерживающей способности мышечной ткани(ВУС) методом прессования

Метод основан на определении количества воды, выделяемой из мяса при легком прессовании, которая впитывается фильтровальной бумагой, образуя влажное пятно.

Проведение испытания

Определяют показатель ВУС фарша, как без добавок, так и с внесенным-структурообразователем. Навеску фарша около 0,3 г взвешивают на предварительно взвешенном полиэтиленовом кружке, с точностью взвешивания 0,005 г. Взвешенную навеску переносят на фильтровальную бумагу, размещенную на плексигласовой или стеклянной пластинке так, чтобы навеска фарша лежала в центре фильтровальной бумаги.

Сверху на полиэтиленовый кружок, накрывающий фарш, кладут плексигласовую или стеклянную пластинку, на которую ставят гирию массой 1 кг.

Выдерживают фарш под прессом точно 10 мин. По окончании прессования фильтр аккуратно освобождают от навески, очерчивают карандашом контур пятна вокруг прессованного мяса (S_2) и контур пятна, образовавшегося, из влаги, выделившейся из навески фарша (S_1).

Площадь влажного пятна (S) находят как разность:

$$S = S_1 - S_2 \quad (1)$$

Площадь пятен S_1 и S_2 следует определить по границе распространения с помощью миллиметровой бумаги.

Массовую долю связанной воды ВУС в мышечной ткани определяют по формуле:

$$ВУС = \frac{A - 0,0084 \cdot S}{m} \cdot 100 \quad (2)$$

где: A – содержание воды в высушенном образце, г;

0,0084 – содержание воды в 1 см² влажного пятна, г;

S – площадь влажного пятна, см²;

m – масса образца фарша, г.

Вычисление проводят до первого десятичного знака. Расхождение между параллельными определениями не должно превышать 1 %. Среднее значение определяется как среднее арифметическое из трех параллельных измерений.

Для расчета ВУС в мышечной ткани необходимо дополнительно определить содержание воды в исследуемой пробе. Массовая доля воды в пробе определяется по методу Чижовой (Приложение 2.2).

Метод определения массовой доли воды высушиванием на приборе ВЧМ(прибор Чижовой)

Метод основан на выделении воды из продукта при нагревании инфракрасными лучами и определении изменения его массы взвешиванием.

Прибор Чижовой нагревают до температуры обезвоживания исследуемого продукта (125 - 180 °С) в соответствии с установленным режимом.

Для изготовления бумажных пакетов лист бумаги размером 15-15 см складывают по диагонали пополам и края загибают в одну сторону на 1 см. При определении воды в жирных пробах (сельдь и др.) в бумажный пакет помещают дополнительно лист фильтровальной бумаги.

Заготовленные пакеты просушивают 1 -3,5 мин между нагретыми плитами прибора при температуре, при которой будет высушиваться навеска, и переносят на 5 мин в эксикатор для охлаждения. После этого пакеты взвешивают с абсолютной погрешностью не более 0,01 г.

Проведение анализа

Навеску анализируемой пробы 2 – 3 г, взвешенную с абсолютной погрешностью не более 0,01 г. помещают в предварительно высушенный и взвешенный пакет и распределяют ее шпателем равномерным тонким слоем по внутренней поверхности пакета. Шпатель вытирают о внутреннюю сторону пакета. Пакет с навеской складывают, помещают в прибор между плитами и выдерживают 3 - 5 мин. Пакет с высушенной навеской охлаждают в эксикаторе и взвешивают с абсолютной погрешностью не более 0,01 г.

Массовую долю воды (X) в процентах вычисляют по формуле:

$$X = \frac{(m_1 - m_2) \times 100}{(m_1 - m)}$$

где m - масса пакета, г;

m_1 - масса пакета с навеской до обезвоживания, г;

m_2 - масса пакета с навеской после обезвоживания, г.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не должны превышать 0,5 %.

Вычисление проводят до первого десятичного знака.

Определение числа пенетрации («усилия проникновения») фарша

Одним из наиболее часто используемых методов исследования структурно-механических свойств пищевого сырья и продукции является пенетрация (зондирование). Пенетрацией называется метод исследования структурно-механических свойств полутвердых и твердых продуктов путем определения сопротивления продуктов проникновению в них инденторов (конус, шар, игла, цилиндр) со строго определенными размерами, массой и материалом при точно определенной температуре и за определенное время.

Пенетрационный метод испытаний как наиболее простой и легко воспроизводимый широко используется в лабораторной практике для сравнительной оценки (часто в условных единицах) реологических свойств пищевых масс при введении в них различных добавок (улучшителей качества продукции или ускорителей того или иного технологического процесса), а также для изучения влияния какого-либо параметра технологического процесса (температуры, влажности, времени замеса и т. п.) на изменение консистенции продуктов.

На кафедре ТПП для оценки структурно-механических свойств пищевых продуктов (прочности, хрупкости, усилия резания, вязкости, пенетрации) используется японский прибор «FoodChecker».

Краткое описание прибора

«FoodChecker» (прочностномер, гелометр) модель 302-B представляет собой комплекс испытательного прибора и измерительного устройства (рис. 2.1.). Прибор укомплектован набором рабочих органов - инденторов и режущих насадок различной конфигурации и размеров.

На вертикальной стойке закреплён измерительный столик, куда помещается исследуемый образец. Столик перемещается в вертикальном направлении, образец приводится в контакт с рабочим органом, вследствие чего прилагаемая нагрузка передаётся с помощью электромагнитной схемы на измерительно-показывающее устройство: стрелочный и цифровой индикаторы. При необходимости, производится непрерывная регистрация показаний на бумажном носителе самописца.

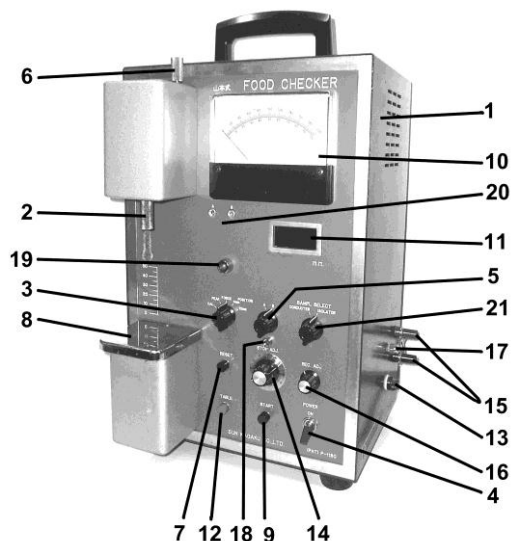


Рисунок 1 – Прочностомер (гелометр) «FoodChecker».

1 – корпус; 2 – держатель рабочего органа; 3 – переключатель калибровки; 4 – включатель электропитания; 5 – переключатель силы нажатия; 6 – регулятор силы нажатия; 7 – включатель возврата в исходное положение (сброс данных); 8 – стол-подъемник для контрольного образца; 9 – включатель функционирования прибора; 10 – стрелочный индикатор; 11 – цифровой индикатор; 12 – кнопка включения движения стола; 13 – гнездо предохранителя; 14 – регулятор нажатия и релаксации под нагрузкой; 15 – вывод записывающего устройства; 16 – регулятор выходного напряжения; 17 – регулятор чувствительности; 18 – индикатор компаратора; 19 – сигнальная лампочка; 20 – регулировка индикации в граммах; 21 – выбор контролирования образца.

По разработанной на кафедре методике с использованием японского прибора «FoodChecker» можно оценивать прочностные свойства пищевых продуктов методом пенетрации по величине «усилия проникновения» аналогично «числу пенетрации».

Принцип измерения пенетрации на приборе «FoodChecker» основан на методе автоматического внедрения индентора в образец исследуемого продукта на заданную глубину с фиксацией приложенной нагрузки. Измеряется усилие (г), необходимое для проникновения рабочего органа прибора (индентора) на заданную глубину погружения (4 или 10 мм) – «усилие проникновения», которое адекватно числу пенетрации.

В качестве индентора используются плунжеры со стальным шарообразным наконечником диаметром 4 или 8 мм, калиброванные по массе. Автоматическое передвижение стола с постоянной скоростью гарантирует постоянство длительности измерений. При проведении лабораторных работ измерения проводятся при комнатной температуре.

Для исследования используются образцы в виде измельчённых в фарш анализируемых продуктов с прочной структурой (рыба, мясо и т. п.) или непосредственно вязкопластичные продукты (фарши, пасты, тесто).

Проведение испытания

Подготовленный исследуемый образец помещают в кювету (контейнер), уплотняют с помощью шпателя так, чтобы кювета была заполнена доверху, а в продукте не осталось воздушных включений. С этой целью после наполнения контейнера рекомендуется исследуемый образец фарша подпрессовывать при минимальной нагрузке: поверхность фарша в кювете закрывают полиэтиленовым кружком и ставят сверху разновес массой 100 г. Продолжительность подпрессовки (3 минуты) контролируют с помощью песочных часов или «задатчика» времени.

Кювету с подготовленным образцом исследуемого продукта укрепляют на подвижном рабочем столе прибора. Тумблером 3 устанавливают глубину погружения плунжера¹. С помощью кнопки включения движения стола (12) вручную подводят образец продукта до соприкосновения плоскости образца с рабочим органом – плунжером с шарообразной насадкой. Тумблером функционирования прибора (9) рабочий стол автоматически приводится в движение. При движении стола прибора происходит проникновение плунжера в образец. При достижении заданной глубины погружения, стол прибора останавливается. В этот момент на стрелочной шкале прибора (10) фиксируется значение усилия проникновения – $P(\Gamma)$ (число пенетрации). Показание снимается по стрелочному индикатору прибора (10).

Измерения в каждом образце производят в трёх повторностях, за окончательный результат испытаний принимают среднее арифметическое трёх измерений.

Результаты измерений «усилия проникновения» (адекватного числу пенетрации) заносят в таблицу 2.1. Делается вывод о влиянии исследованных факторов на консистенцию продукта.

¹Глубину погружения (4 или 10 мм) и диаметр насадки плунжера (4 или 8 мм) подбирают экспериментально в зависимости от прочностных характеристик продукта.

Модуль 3. Технология соленой продукции
Практическая работа № 3
ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЛЕНОЙ ПРОДУКЦИИ

Цель работы:

Изучить технологию посола при производстве продукции из гидробионтов.

Задачи работы:

1. Изучить технологические инструкции по производству соленой рыбы.
2. Составить технологическую схему производства соленой продукции.
3. Кратко обосновать выбор технологической схемы.
4. Изучить влияние температуры посола на скорость просаливания и созревания продукции.

Теоретический материал к модулю 3

Посол рассматривается как комплекс технологических операций по консервированию рыбы поваренной солью, в результате которых происходят сложные массообменные и биохимические процессы в тканях рыбы.

Известно несколько видов классификаций процесса посола:

- по продолжительности процесса и степени завершенности;
- по способу посола;
- по степени насыщенности поваренной солью;
- по температуре, при которой происходит процесс и т.д.

В рамках данного модуля, учитывая основную цель изучаемой дисциплины, предлагается остановиться на рассмотрении влияния температуры посола на продолжительность процесса и качество продукции.

На практике, в зависимости от температуры при которой осуществляется процесс, принято посол подразделять на: теплый, охлажденный и холодный.

Теплый посол, как правило, проводится при температуре полуфабриката от + 5 до +15 °С, охлажденный – от – 1 до + 5 °С, холодный посол проводится при отрицательных температурах, часто просаливание совмещают с процессом дефростации мороженой продукции. Выбор температуры посола зависит от ряда факторов, ключевыми из которых являются удельная поверхность и жирность обрабатываемой рыбы, в некоторых случаях учитывают необходимость увеличения производительности цеха.

Процесс просаливания рыбы основан на явлениях осмоса и диффузии.

Известно, что коэффициент диффузии зависит от физических характеристик диффундируемого вещества и среды, в которую он диффундирует. То есть в случае посола коэффициент диффузии зависит от температуры и состояния мяса рыбы.

Для расчета коэффициента диффузии может быть использована эмпирическая формула (3.1), предложенная Александром Михайловичем Ершовым и Викторией Витальевной Димовой:

$$D = \xi \cdot (0,66 - 0,003Ж + 0,02t) \cdot 10^{-9}, \text{ м}^2/\text{с} \quad (3.1)$$

где Ж – жирность рыбы, %;

t – температура тузлука, оС;

ξ – коэффициент, учитывающий изменение диффузионных свойств рыбы по мере просаливания.

Если посол ведется до солености $S_n < 4,5$ % для жирных и средней жирности видов рыб или до $S_n < 7,5$ % для тощих видов рыб, то $\xi \approx 1$. При повышении указанных соленостей коэффициент принимают равным 0,91.

Величина коэффициента диффузии прямо пропорциональна значению температуры, при которой ведется процесс просаливания.

В свою очередь, продолжительность просаливания, рассчитываемая по формуле (3.2), обратно пропорциональна коэффициенту диффузии.

$$\tau = \frac{w \cdot B^2}{8 \cdot D} \cdot \ln\left(\frac{a \cdot C_p}{a \cdot C_p - C}\right), \quad (3.2)$$

где w – содержание влаги в долях единицы;

B – приведенная толщина рыбы;

($B = x \cdot H$, здесь x – коэффициент, учитывающий погрешности интегрирования и размерный состав рыбы, направляемой на посол, H – толщина рыбы, м);

Для рыб средних размеров (окунь, угорь, путассу и др.) значения коэффициента x равны 0,757.

Если солится филе и мелкая рыба (филе сайды, скумбрии, мойва и т.п.), то x равен приблизительно 0,573.

D – коэффициент диффузии соли, м²/с;

a – коэффициент, учитывающий уменьшение концентрации тузлука в пограничном слое у поверхности рыбы. При сухом и смешанном посолах коэффициент a принимается в пределах от 0,8 до 1,0, при использовании тузлучного посола подбор данного коэффициента осуществляется на основании эмпирических данных, представленных в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Значения коэффициента a при тузлучном посоле некоторых рыб

Наименование объекта	Содержание жира, %	Температура тузлука, °C	Значение a
филе сайры	1,3	18	0,66
окунь свежий неразделанный	7,0	18	0,41
мойва мороженая неразделанная	9,7	18	0,3
скумбрия мороженая филе	13,2	18	0,32
угорь мороженный	15,0	18	0,38
путассу свежеморож. неразделанная	2	9	0,67
путассу свежеморож. неразделанная	2	18	0,68
путассу свежеморож. неразделанная	2	25	0,88
путассу свежеморож. неразделанная	2	30	0,92

Выражение (3.2) справедливо, если $a_{Cr} > C$.

Таким образом, снижение температуры посола приведет к уменьшению значения коэффициента диффузии и, как следствие, увеличению продолжительности посола.

Процесс созревания соленой рыбы, при котором она теряет свойства характерные для сырья и приобретает специфические вкус и аромат, а также нежную консистенцию, основан на реакциях, катализируемых ферментными системами. Активность ферментов зависит от ряда факторов, немаловажным из которых является температура субстрата. Для большинства ферментных систем оптимальной является температура, лежащая в диапазоне от 30 до 40 °C. Увеличение температуры приводит к денатурации ферментов, являющихся катализаторами белковой природы. Инактивация ферментов, в свою очередь, ведет к остановке процесса созревания. Понижение температуры рыбы в процессе созревания обеспечивает уменьшение активности ферментов в результате снижения кинетической энергии молекул. При этом процесс созревания не останавливается, а лишь замедляется. Ферментные системы полностью не инактивируются даже при температуре минус 18 °C.

Другими словами, изменяя температуру процесса посола можно управлять не только скоростью просаливания (диффузии соли в мясо рыбы), но и процессом созревания продукта.

Порядок проведения работы

Работа выполняется обучающимися индивидуально в соответствии с заданием, выданным преподавателем.

После ознакомления с технологической инструкцией составляется технологическая схема производства соленой продукции и производится расчет в соответствии с заданием (приложение 3.1.ПР).

Вопросы для самоконтроля:

1. Какой принцип консервирования заложен в основу производства соленой продукции? Чем заключается его суть?
2. Как классифицируется готовая продукция по способу посола?
3. Как классифицируется готовая продукция по уровню солености?
4. Как классифицируется посола по температуре проведения процесса?
5. Как определить соленость рыбы и концентрацию соли в тканевом соке рыбы?
6. В чем суть процесса созревания соленой рыбы?
7. Какие факторы влияют на скорость процесса созревания?
8. Какие объективные показатели могут быть использованы при контроле степени созревания рыбы?
9. Какие факторы влияют на скорость просаливания рыбы?
10. Как влияют примеси поваренной соли на скорость просаливания и степень созревания соленой продукции?

Рекомендуемая литература.

1. Технология рыбы и рыбных продуктов : учебник для вузов / [Артюхова С. А. и др.] ; под ред. А. М. Ершова. - [2-е изд.]. - Москва : Колос, 2010. - 1063 с.
2. Технология продуктов из гидробионтов/ [Артюхова С.А. и др.]; под ред. Т.М. Сафроновой и В.И. Шендерюка. – М.: Колос, 2001. 496 с.

Задания
к практической работе № 3

1. Определить соленость продукции и продолжительность просаливания, если сельдь атлантическая жирностью 15 % в количестве 83 кг перемешивалась с поваренной солью в количестве 5 кг, загружалась в бочку вместимостью 100 дм³, заливалась тузлуком плотностью 1,2 г/см³ в количестве 10 дм³. Законченный посол осуществлялся при температуре около 0 °С, выход готовой продукции составил 95 %. Толщина сельди 3 см.

2. Определить концентрацию соли в продукте и продолжительность просаливания при температуре около 5 °С, если ерш морской жирностью 5 % в количестве 500 кг просаливался в ванной. Посол смешанный законченный. Масса поваренной соли 20 кг, тузлук плотностью 1,2 г/см³ залит в емкость в соотношении рыба/тузлук – 1:1 (по массе). Выход продукции – 90 %. Толщина ерша 2 см.

3. Определить соленость продукции и продолжительность просаливания, если из скумбрии атлантическая жирностью 20 % изготавливались пресервы специального посола. В банку вместимостью 1300 см³ укладывалась рыба в количестве 1140 г, предварительно перемешанная с солью и сахаром в количестве 60 г и 15 г соответственно. В банку заливался тузлук массой 75 г плотностью 1,2 г/см³ и 10 г 10 % раствора БКН. Законченный посол осуществлялся при температуре около 0 °С, выход готовой продукции составил 95 %. Толщина скумбрии 6 см.

4. Определить соленость продукта и продолжительность просаливания при температуре около 1 °С, если палтус черный жирностью 8 % в количестве 200 кг просаливался в ванной. Посол смешанный законченный. Масса поваренной соли 14 кг, тузлук плотностью 1,2 г/см³ залит в емкость в соотношении рыба/тузлук – 1:1 (по массе). Выход продукции – 93 %. Толщина палтуса 5 см.

5. Определить соленость продукта, концентрацию соли в тканевом соке рыбы и продолжительность просаливания при температуре около 0 °С, если теска атлантическая в количестве 1000 кг просаливалась сухим посолом в чане. Посол законченный. Масса поваренной соли 140 кг. Выход продукции – 90 %. Толщина трески 8 см.

6. Определит соленость и продолжительность просаливания камбалы при температуре около 5 °С, если к 100 кг рыбы жирностью 5%, добавлено 3 кг поваренной соли и тузлук плотностью 1,2 г/см³ в количестве 10 дм³. Посол законченный. Выход рыбы составил 90 %. Толщина камбалы 3 см.

7. Определит соленость и продолжительность просаливания зубатки пятнистой при температуре около 4 °С, если к 100 кг рыбы жирностью 3%, добавлены 5 кг поваренной соли и тузлук плотностью 1,2 г/см³ в количестве 15 дм³. Посол законченный. Выход рыбы составил 90 %. Толщина зубатки 10 см.

8. Определить соленость продукции и продолжительность просаливания, если из мойвы жирностью 15 % изготавливались пресервы специального

посола. В банку вместимостью 350 см³ укладывалась раба в количестве 310 г, предварительно перемешанная с солью и сахаром в количестве 22 г и 5 г соответственно. В банку заливался тузлук массой 10 г плотностью 1,2 г/см³ и 3 г 10 % раствора БКН. Законченный посол осуществлялся при температуре около 0 °С, выход готовой продукции составил 97 %. Толщина мойвы 1,5 см.

Лабораторная работа № 3
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОСОЛА НА ВЫХОД И
СКОРОСТЬ ПРОСАЛИВАНИЯ ПРОДУКЦИИ

Цель работы:

Изучить технологию посола при производстве продукции из гидробионтов.

Задачи работы:

1. Выполнить эксперименты по изготовлению соленой рыбы при различных значениях температуры.
2. Определить выход и скорость просаливания продукции.

Порядок выполнения работы

После ознакомления с технологической инструкцией составляется технологическая схема производства соленой рыбы.

Для выполнения работы учебная группа студентов делится на подгруппы по 2-3 человека. Каждая подгруппа получает индивидуальное задание. Для работы используют охлажденную или дефростированную рыбу одного вида приблизительно одного размера, поваренную пищевую соль, пресную воду и пресный лед. Каждая подгруппа студентов отбирает по три экземпляра рыбы и разделяет ее на филе. Один филейчик используется для определения содержания воды и поваренной соли в рыбе до начала посола. Мелкая рыба (длиной менее 20 см) в количестве 6 экземпляров используется для проведения эксперимента без предварительной разделки.

Определение содержания воды в пробе производят по методу Чижовой (Приложение 2.2).

Массовую долю поваренной соли в мясе рыбы определяют аргентометрическим методом (Приложение 3.1).

Оставшиеся пять филейчиков (5 экземпляров мелкой рыбы) маркируют метками, взвешивают с точностью ± 1 г и используют для проведения эксперимента.

Посол рыбы проводится различными способами: сухим, смешанным и тузлучным при комнатной температуре, а также смешанным и тузлучным с охлаждением льдом.

При использовании льда устанавливается весовое соотношение рыбы:лед – 2:1.

Каждая подгруппа рассчитывает необходимое количество поваренной соли (сухой и (или) в составе тузлука) и тузлука ($\rho = 1,2 \text{ г/см}^3$), с таким расчетом, чтобы концентрация соли в системе на начало просаливания составляла 12 %. При применении смешанного посола 50 % от расчетного количества соли добавляется в кристаллическом виде.

При проведении сухого посола на филейчики (экземпляры рыбы) равномерно наносится кристаллическая соль, после чего рыба укладывается в посольную емкость, остатки соли на подносе распределяются по поверхности рыбы. Аналогично поступают при использовании смешанного посола, предварительно налив в посольную емкость расчетное количество тузлука. В случае использования мокрого посола, рыба укладывается в посольную емкость и заливается тузлуком.

При использовании охлажденного посола расчетное количество льда равномерно распределяется по посольной емкости после закладки рыбы на просаливание.

Через 30 и 60 минут из посольной емкости извлекаются по одному филейчику (экземпляру рыбы), фиксируется изменение их массы, после чего они используются для определения массовых долей воды и соли.

Через 90 минут процесс посола завершают. По изменению массы оставшихся трех филейчиков (экземпляров рыбы) определяют выход соленой продукции, один из филейчиков (экземпляров рыбы) используют для определения массовых долей воды и соли.

На основании полученных результатов строятся графики зависимости изменения массы, содержания воды и соли в рыбе от времени просаливания. Данные по выходу соленой рыбы сопоставляются с нормами выхода соленой рыбы в нормативной документации.

Далее, студенты всех подгрупп обмениваются данными, полученными в ходе исследования, и, делается общий вывод о влиянии способа посола на выход и соленость рыбы.

Вопросы для самоконтроля:

11. Какой принцип консервирования заложен в основу производства соленой продукции? Чем заключается его суть?
12. Как классифицируется готовая продукция по способу посола?
13. Как классифицируется готовая продукция по уровню солености?
14. Как классифицируется посола по температуре проведения процесса?

15. Как определить соленость рыбы и концентрацию соли в тканевом соке рыбы?
16. В чем суть процесса созревания соленой рыбы?
17. Какие факторы влияют на скорость процесса созревания?
18. Какие объективные показатели могут быть использованы при контроле степени созревания рыбы?
19. Какие факторы влияют на скорость просаливания рыбы?
20. Как влияют примеси поваренной соли на скорость просаливания и степень созревания соленой продукции?

Рекомендуемая литература

1. Технология рыбы и рыбных продуктов : учебник для вузов / [Артюхова С. А. и др.] ; под ред. А. М. Ершова. - [2-е изд.]. - Москва : Колос, 2010. - 1063 с.
2. Технология продуктов из гидробионтов/ [Артюхова С.А. и др.]; под ред. Т.М. Сафроновой и В.И. Шендерюка. – М.: Колос, 2001. 496 с.

Определение массовой доли поваренной соли в рыбе аргентометрическим методом

Метод основан на титровании хлоридов в нейтральной среде раствором азотнокислого серебра в присутствии индикатора хромовокислого калия.

Из подготовленной (измельченной на мясорубке) пробы берут навеску 10 г в стакан или фарфоровую чашку, затем без потерь переносят в мерную колбу $V=200$ или 250 см^3 , смывая через воронку дистиллированной водой, имеющей $t = 75 \pm 5^\circ\text{C}$. Колбу доливают дистиллированной водой указанной температуры на $\frac{3}{4}$ объема и хорошо встряхивают, настаивают 30 минут, периодически встряхивая. Затем колбу охлаждают до комнатной температуры и доливают дистиллированной водой такой же температуры до метки и, закрыв пробкой, хорошо перемешивают содержимое. Содержимое колбы фильтруют через сухой складчатый фильтр или вату в сухой стакан или колбу.

После фильтрации отбирают пипеткой 10 см^3 фильтрата в две конические колбы, приливают 3-4 капли хромовокислого калия массовой концентрации 100 г/дм^3 и титруют $0,1 \text{ моль/дм}^3$ ($0,1 \text{ н}$) раствором азотнокислого серебра до перехода желтой окраски в оранжево-красную, не исчезающую в течение 10-15 с.

Массовую долю поваренной соли вычисляют по формуле:

$$X = \frac{V \times 0,00585 \times K \times V_1 \times 100}{m \times V_2}$$

где V – объем раствора азотнокислого серебра, израсходованного на титрование фильтрата, см^3 ;

V_1 – объем, до которого доведен раствор с навеской продукта в мерной колбе, см^3 ;

V_2 – объем фильтрата, взятый на титрование, см^3 .

m – масса навески продукта, г.

K – коэффициент поправки на точно $0,1 \text{ моль/дм}^3$ ($0,1 \text{ н}$) раствора азотнокислого серебра ($K=1 \pm 0,03$).

Вычисления проводят до второго десятичного знака, округляют до первого десятичного знака.

За результат принимают среднее арифметическое двух параллельных испытаний, допускаемое расхождение между которыми не должно превышать $0,1\%$.

Модуль 4. Технология жировой продукции

Лабораторная работа № 4

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБРАБОТКИ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ ЦЕННОСТЬ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ И РЫБНЫХ ЖИРОВ

Цель работы: определить биологическую ценность триглицеридов, имеющих разную температуру кристаллизации

Задачи работы:

1. Провести разделение фракций триглицеридов, имеющих различную температуру кристаллизации;
2. Определить показатели качества фракций триглицеридов до и после разделения при низких температурах.

Теоретический материал к модулю 4

При характеристике биологической ценности липидов в последнее время часто дополнительно используют понятие биологическая эффективность, под которым понимают отношение суммы полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) к сумме насыщенных жирных кислот (НЖК). Для высокоэффективных жиров такое отношение должно быть больше 0,3. Большинство липидов гидробионтов имеют значение биологической эффективности значительно выше единицы. Высокую биологическую эффективность имеют некоторые растительные масла, например, подсолнечное.

Установлено, что при ряде заболеваний основной причиной благоприятного действия жиров и масел, обладающих высокой биологической эффективностью, является их уникальный жирно-кислотный состав, а именно значительное количество в жире ω -3 жирных кислот, особенно арахидоновой, эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот. Эти кислоты принимают участие в образовании эйкозаноидов – группы соединений, регулирующих многие важные физиологические функции организма.

Под действием фермента циклооксигеназы из полиненасыщенных жирных кислот происходит образование лейкотриенов и соединений семейства простаноидов, состоящего из простагландина, простагландинов и тромбксана.

Роль простаноидов и лейкотриенов в организме чрезвычайно важна. Они модулируют секреторные функции организма, стимулируют реакции, направленные на сокращение и расслабление гладких мышц и контракильные способности клеток, обеспечивают расширение и сужение кровеносных сосудов, адгезионную и агрегационную способность тромбоцитов, сужение и расшире-

ние бронхов, влияют на скорость фильтрации в почках, на диурезис и другие функции почек, на выделение желудочного сока, перистальтику тонкого кишечника, выделение амилазы и инсулина поджелудочной железы, способствуют нормальному функционированию гипофиза и многое другое. Дефицит образования простаноидов и лейкотриенов приводит к постепенному ухудшению этих функций организма, в то же время избыточное постоянное и несбалансированное образование их может привести к различным патологическим изменениям в организме, например, воспалительным процессам, нарушению иммунных реакций, артритам, тромбозам, астме, псориазу, росту опухолей и др.

Учитывая тот факт, что температура плавления триглицеридов зависит от молекулярной массы и степени ненасыщенности жирных кислот (таблица 5.1), входящих в их состав, можно повышать биологическую ценность жировых продуктов, применяя холодильную обработку.

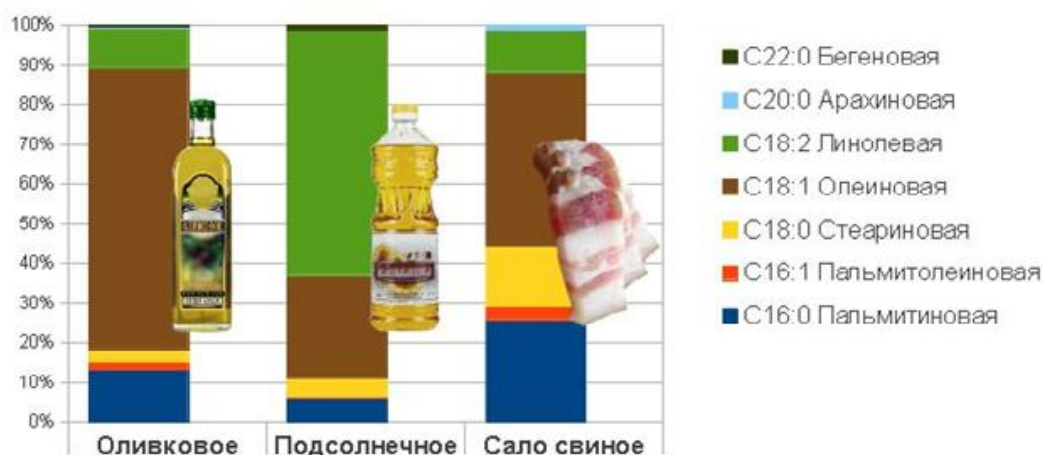
Таблица 5.1.

Зависимость температуры плавления от молекулярной массы и степени ненасыщенности жирных кислот

Кислота	Код	Мол.масса	$t_{пл}$, °C
Капроновая (гексановая) $C_5H_{11}COOH$	$C_{6:0}$	128,20	-3,4
Каприловая (октановая) $C_7H_{15}COOH$	$C_{8:0}$	144,21	16-16,7
Каприновая (декановая) $C_9H_{19}COOH$	$C_{10:0}$	172,17	31-31,6
Ундециловая (ундекановая) $C_{10}H_{21}COOH$	$C_{11:0}$	186,30	28-30,5
Лауриновая* (додекановая) $C_{11}H_{23}COOH$	$C_{12:0}$	200,32	43,6-44,5
Тридециловая (тридекановая) $C_{12}H_{25}COOH$	$C_{13:0}$	214,35	41,5
Миристиновая* (тетрадекановая) $C_{13}H_{27}COOH$	$C_{14:0}$	228,38	53,5-54,4
Пентадециловая (пентадекановая) $C_{14}H_{29}COOH$	$C_{15:0}$	242,40	52-54
Пальмитиновая (гексадекановая) $C_{15}H_{31}COOH$	$C_{16:0}$	256,43	62,5-64,0
Маргариновая (гептадекановая) $C_{16}H_{33}COOH$	$C_{17:0}$	270,46	60,0
Стеариновая (октадекановая) $C_{17}H_{35}COOH$	$C_{18:0}$	284,48	69,2-69,9
Нонадекановая (нонадециловая) $C_{18}H_{37}COOH$	$C_{19:0}$	298,51	68,6
Арахидиновая (эйкозановая) $C_{19}H_{39}COOH$	$C_{20:0}$	312,54	75,3
Бегеновая (докозановая) $C_{21}H_{43}COOH$	$C_{22:0}$	340,59	79,9-84
Олеиновая (октадеценная) $C_{17}H_{33}COOH$	$C_{18:1}$	282,47	13,4 и 16,3 (полиморфизм)
Эруковая (докозеновая) $C_{21}H_{41}COOH$	$C_{22:1}$	338,58	33,0-34,7
Линолевая (октадекадиеновая) $C_{18:2}$	$C_{18:2}$	280,45	от -5 до -5,2

$C_{17}H_{29}COOH$			
Линоленовая $C_{17}H_{27}COOH$	(октадекатриеновая) $C_{18:3}$	278,44	от -11 до -12,8
Арахидоновая $C_{19}H_{31}COOH$	(эйкозантетраеновая) $C_{20:4}$	304,47	-49,5
Клупанодоновая $C_{21}H_{33}(OH)COOH$	(докозантетраеновая) $C_{22:4}$	330,51	от -100,0 до -11,3

Жирнокислотный состав растительных масел и животного жира



Степень ненасыщенности жирных кислот, как свободных, так и входящих в состав соединений, например, триглицеридов, фосфолипидов и др. может быть оценена путем определения показателя «йодное число».

Йодное число – это количество йода в граммах, вступившее во взаимодействие со 100 г жира. Йодное число характеризует количество двойных связей в молекулах жирных кислот липидов. Чем выше йодное число, тем выше неопределенность жирных кислот и, как следствие, их биологическая ценность.

На биологическую ценность липидов также оказывают влияние биологически активные вещества, например, жирорастворимые витамины, алкилглицерол, сквален и др.

Порядок проведения работы

Для выполнения работы учебная группа студентов делится на подгруппы по 2-3 человека. Каждая подгруппа получает индивидуальное задание. Для работы используют рыбные жиры и жидкие при нормальных условиях растительные масла. Объем исследуемой пробы должен составлять не менее 100 см³.

В пробе жира определяют кислотное и йодное числа. Методики определения кислотного и йодного чисел приведены в Приложениях 5.1 и 5.2, соответственно.

Далее пробы устанавливаются в холодильные камеры, и температура продукта доводится до значения, заданного преподавателем. Охлажденный продукт количественно быстро переносится в центрифужную пробирку. В лабораторной рефрижераторной центрифуге пробирки уравниваются и проба разделяется при частоте вращения 1000 об/мин в течение 5 мин. Температура центрифугирования задается в соответствии с температурой, при которой осуществлялась кристаллизация жировых продуктов. После извлечения из центрифуги, жидкая и кристаллическая части продукта разделяются декантированием, и в каждой определяется кислотное и йодные числа.

На основании полученных результатов делается вывод об изменении качества и биологической ценности жира до и после низкотемпературной обработки.

Определение кислотного числа

Метод основан на взаимодействии свободных жирных кислот, содержащихся в 1 г жира, с гидроксидом калия.

В коническую колбу вместимостью 250 см³ отвешивают с абсолютной погрешностью не более 0,01 г 2-4 г жира, приливают 30-50 см³ нейтрализованной (по фенолфталеину) смеси спирта с этиловым эфиром (1:2) и перемешивают взбалтыванием. В полученный раствор прибавляют 1 см³ спиртового раствора фенолфталеина 10 г/дм³ и при постоянном взбалтывании быстро титруют раствором гидроксида натрия 0,1 моль/дм³ до появления слабо-розовой окраски, устойчивой в течение 30 с.

Кислотное число исследуемого жира (КЧ) в мг КОН/г жира вычисляют по формуле:

$$KЧ = \frac{5.61 \cdot K \cdot V}{m}$$

где V - объём раствора гидроксида натрия 0,1 моль/дм³, израсходованный на титрование, см³;

K – коэффициент пересчета на точный раствор 0,1 моль/дм³ щелочи;

5,61 – количество гидроксида калия, соответствующее 1 см³ точного раствора 0,1 моль/дм³, мг;

m – масса исследуемого жира, г.

Определение йодного числа

Метод основан на взаимодействии йода с непредельными жирными кислотами.

В колбу с притертой пробкой отвешивают с абсолютной погрешностью не более 0,0001 г 0,08 - 0,12 г жира.

Для растворения жира в колбу приливают 3 см³ этилового эфира, свободного от перекисей, и добавляют из бюретки 25 см³ 0,2 моль/дм³ солянокислого раствора хлористого йода.

Колбу плотно закрывают пробкой, перемешивают и оставляют стоять 5—10 мин, затем вносят 10 см³ раствора йодистого калия 100 г/дм³, 50 см⁵ дистиллированной воды и выделившийся йод титруют раствором тиосульфата натрия 0,1 моль/дм³ до светло-желтой окраски.

После этого в колбу прибавляют 1 см³ свежеприготовленного раствора крахмала 10 г/дм³, 2—3 см³ хлороформа, свободного от перекисей, и продолжают титрование до полного исчезновения синего окрашивания.

Одновременно проводят контрольное определение без навески жира.

Йодное число (ЙЧ) в г йода на 100 г жира вычисляют по формуле:

$$\text{ЙЧ} = \frac{0,01269 \cdot K \cdot (V - V_1) \cdot 100}{m}$$

где 0,01269 — количество йода, соответствующее 1 см³ раствора тиосульфата натрия 0,1 моль/дм³, г;

K - коэффициент пересчета на точный раствор тиосульфата натрия 0,1 моль/дм³;

V - объем раствора тиосульфата натрия 0,1 моль/дм³ израсходованный в контрольном анализе, см³;

V_1 - объем раствора тиосульфата натрия 0,1 моль/дм³, израсходованный в рабочем анализе, см³;

m - навеска жира, г.

Модуль 5. Технология сушеной продукции
Практическая работа № 5
ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СУШЕНОЙ ПРОДУКЦИИ

Теоретический материал к модулю 5

Сушкой называют процесс удаления влаги из материала.

Пищевые продукты, в том числе рыба, являются сложными системами, в которых влага находится в связанном и свободном состоянии.

Согласно широко распространенной классификации форм связи воды с материалом, предложенной академиком Петром Александровичем Ребиндером, различают химическую, физико-химическую и механическую формы связи воды.

Химическая форма связи является наиболее прочной; она влияет на химическую природу вещества и нарушается с большим трудом, например при прокаливании. При обычной тепловой сушке рыбы связанная вода не удаляется, так как обладает наибольшей энергией связи с материалом.

Физико-химическая форма связи менее прочна; она обеспечивается адсорбцией (присутствием в структурах гелей) и осмосом.

Адсорбционно-связанная вода - это вода, связывание которой происходит за счет большой поверхности и свободной поверхностной энергии коллоидных тел, характеризующихся высокой дисперсностью частиц. По экспериментальным данным 1 г сухой массы белков животного происхождения связывает от 0,15 до 0,41 г воды. Количество адсорбционно-связанной влаги в рыбе составляет около 5...8 % (на сырое вещество). Эта влага при сушке удаляется в последнюю очередь из-за значительной величины энергии связи влаги.

Осмотически связанная влага. По теории Сергея Михайловича Липатова в пищевых продуктах концентрация растворимых фракций органических веществ внутри клетки выше, чем на поверхности, и вода с внешней поверхности клеток путем осмоса проникает внутрь клеток и образует осмотически связанную влагу. Энергия ее связи с материалом невелика. Поэтому при сушке этот вид влаги удаляется вместе с влагой макрокапилляров.

Механически связанная влага (капиллярная влага) - это влага, заполняющая капилляры и открытые поры тела, а также влага смачивания. Влага микрокапилляров заполняет капилляры, средний радиус которых менее 10^{-7} м.

Жидкость может заполнять любые микрокапилляры не только при непосредственном соприкосновении с ним, но и путем сорбции из влажного воздуха. Вода микрокапилляров при сушке удаляется в последнюю очередь вместе с

адсорбционной влагой из-за значительной величины энергии связи с материалом.

Влага макрокапилляров находится в капиллярах, средний радиус которых больше 10^{-7} м. Энергия связи с материалом влаги макрокапилляров близка к энергии связи свободной воды, поэтому она удаляется при сушке в первую очередь вместе с влагой, удерживаемой силами поверхностного натяжения.

При сушке происходят следующие процессы:

- испарение влаги с поверхности высушиваемого материала;
- передвижение влаги из внутренних частей высушиваемого продукта к его поверхности;
- обмен тепла между сушильным агентом и высушиваемым продуктом.

Сушка продукции может осуществляться естественным и искусственными способами.

1. Естественная сушка – это сушка за счет энергии солнечных лучей, основным компонентом которых является инфракрасное излучение (ИК). Она осуществляется на открытом воздухе или под навесом с естественной или принудительной вентиляцией.

Искусственная сушка в зависимости от способов передачи тепла осуществляется конвективным, кондуктивным, радиационным и комбинированным методами. Широкое распространение получило активное вентилирование.

2. Конвективная сушка сводится к использованию нагретого воздуха и в настоящее время имеет достаточно широкое распространение. В качестве энергоносителя применяют пар, электрические нагреватели. Конвективная сушка основана на разности парциальных давлений пара сушильного агента и пара, находящегося над поверхностью высушиваемого материала. Чем выше разность парциальных давлений, тем интенсивнее процесс сушки.

Парциальное давление представляет собой давление только одного компонента газовой смеси.

3. Кондуктивная (контактная) сушка основана на передаче теплоты материалу при соприкосновении с горячей поверхностью. Воздух при этом способе служит только для удаления водяного пара из сушилки и является влагопоглотителем. Горячая поверхность чаще всего обогревается водяным паром, температура которого выше 100°C , поэтому слои материала, контактирующие с горячей поверхностью, могут достичь этой температуры и происходят местные

перегревы. Из-за этого степень растворимости сухих продуктов, полученных по данному способу, составляет 80...85 %. Обязательное условие при данном способе сушки – хороший контакт материала с греющей поверхностью.

4. Микроволновая сушка основана на воздействии на обезвоживаемый продукт интенсивного электромагнитного поля сверхвысоких частот (СВЧ). Под действием СВЧ поля молекулы воды (диполи) начинают совершать колебательные и вращательные движения, ориентируясь с частотой поля по его электрическим линиям. Движение молекул - это и есть тепловая энергия. Чем больше воды в заданном объеме, чем больше молекул участвует в этом движении, тем больше тепловой энергии выделяется. Таким образом, разогрев происходит во всем объеме продукта, причем более влажные участки получают больше энергии. За счет этого происходит удаление влаги, сушка продукта, и, одновременно, - выравнивание влажности в объеме продукта. Причем температура вне объекта остается низкой, нагревается только сам объект.

5. Сублимационная сушка, называемая также вымораживанием, молекулярной, или лиофильной.

Отличительной особенностью сублимационного обезвоживания является то, что процесс протекает при отрицательной температуре; высушиваемый продукт предварительно замораживают, а удаление влаги происходит за счет сублимации – фазового перехода из твердого состояния в парообразное минуя жидкое.

Принцип сублимационной сушки основан на том физическом факте, что при значениях атмосферного давления ниже определенного порога - т.н. «тройной точки»(рис. 4.1) (для чистой воды: 0,006 атм (611,657 Па) при 0,01°C (273,16°K)) вода может находиться только в двух агрегатных состояниях - твердом и газообразном, переход воды в жидкое состояние в таких условиях невозможен. И если парциальное давление водного пара в окружающей среде ниже чем парциальное давление льда, то лед продукции прямо переводится в газообразное состояние, минуя жидкую фазу.

Преимущества сублимационной сушки:

- образование развернутой пористой структуры;
- отсутствие усадки, сохранение первоначальной формы и размеров;
- быстрая и полная регидратация высушенного продукта;
- низкое влагосодержание, длительные сроки хранения при нерегулируемой температуре окружающей среды;

- минимизация деградиционных реакций, таких как денатурация протеинов, ферментативные реакции;
- отсутствие затрат на низкотемпературное хранение высушенных продуктов;
- снижение транспортных расходов.

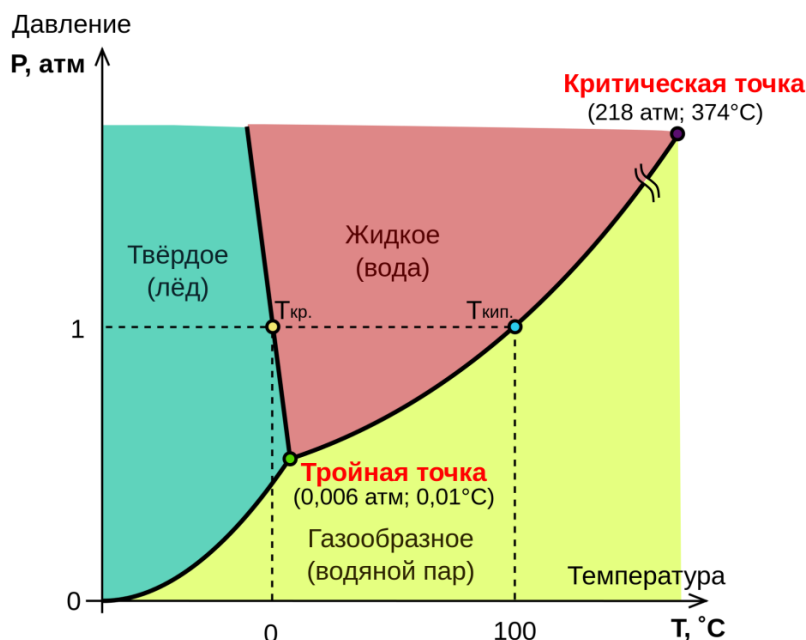


Рис. 4.1. Влияние давления и температуры на агрегатное состояние воды

6. Акустическая сушка производится путем воздействия на обезвоживаемый продукт интенсивных ультразвуковых волн.

Принципиальная особенность способа заключается в том, что сушка продуктов протекает без повышения температуры продуктов. Именно поэтому это единственный способ сушки, пригодный для сушки термочувствительных и легко окисляющихся материалов.

7. Инфракрасная (радиационная) сушка основана на поглощении инфракрасного излучения (длина волны более 800 нм.) облучаемым телом, что приводит к увеличению теплового движения атомов и молекул, что и вызывает его нагревание. За счет проникновения ИК-излучения в продукт на 5...12 мм создается температурный градиент, который из продукта способен успешно удалять влагу. На эту глубину проникает небольшая часть энергии излучения, но температура слоя, лежащего на расстоянии 6...7 мм от поверхности материала, растет значительно интенсивнее, чем при нагреве конвективным способом.

Инфракрасное излучение определенной длины волны активно поглощается водой, содержащейся в продукте, но не поглощается тканью высушиваемого

продукта, поэтому удаление влаги возможно при невысокой температуре (40...60°C), что дает возможность практически полностью сохранить витамины, биологически активные вещества, естественный цвет, вкус и аромат подвергающихся сушке продуктов.

Порядок выполнения работы

Для проведения исследования каждой подгруппой используется охлажденная рыба одного вида.

Полученная проба рыбы разделяется на обесшкуренное филе с дообработкой для удаления костей. Филе разрезается на бруски с ориентировочными размерами 40×5×5 мм.

Отдельно берется навеска обесшкуренного филе для определения массовой доли влаги на приборе Чижовой (приложение 2.2).

По три бруска мышечной ткани, взвешивают с абсолютной погрешностью не более 0,01 г, помещают на противни, застеленные пергаментом, для последующего обезвоживания в сушильном шкафу при температурах 60 и (или) 90 °С, а также на стеклянные чашки Петри для удаления влаги на приборе LABCONCOFreeZone (лиофильная сушилка). Высушивание в лиофильной сушилке осуществляется по методике, изложенной в Приложении 4.1.

Пробы высушивают до остаточной влажности не более 10%, рассчитав конечную массу продукта по методике, изложенной ниже.

Пример расчета процесса обезвоживания.

Допустим, что масса трех брусков составила 60 г, а масса противня 100 г. Массовая доля влаги в пробе, определенная на приборе Чижовой, равна 80 %. Тогда, массовая доля сухих веществ в пробе – 20 %, что соответствует 12 г. Учитывая, что остаточная влажность в пробе 10 %, то масса навески после высушивания должна быть равной:

$$12 \text{ г} - 90\%$$

$$X - 100 \%$$

$$X = 13,3 \text{ г.}$$

где X – масса высушенной навески (без учета массы противня).

Таким образом, масса противня с продуктом в конце высушивания составит $100 + 13,3 = 113,3$ г.

При достижении указанной остаточной влажности, пробы извлекаются из сушильных шкафов и помещаются в эксикатор для охлаждения, а пробы, из-

влеченные из лиофильной сушилки, помещаются в эксикатор для достижения температуры 20 ± 3 °С. После достижения заданной температуры пробы взвешиваются и рассчитывается остаточная массовая доля воды в навеске. Высушенные пробы используются для определения коэффициентов набухания и восстановления массы продукта в соответствии с методикой, изложенной в приложении 4.2.

Результаты измерений оформляют в виде таблицы 4.1.

Таблица 4.1.

Результаты измерений

Вид объекта, условия обезвоживания	m_0	m_1	m_2	W_0	W_1	K_n	K_v	τ

где m_0 – масса пробы до высушивания, г;

m_1 – масса пробы после высушивания, г;

m_2 – масса пробы после набухания, г;

W_0 – массовая доля воды в пробе до высушивания, %;

W_1 – массовая доля воды в пробе после высушивания, %;

K_n – коэффициент набухания, доли единиц;

K_v – коэффициент восстановления массы продукта, доли единиц;

τ – время высушивания продукта, ч.

Высушивание продукта на приборе LABCONCOFreeZone (лиофильная сушилка)

В процессе лиофилизации замороженная вода и другие растворители удаляются из образцов путем прямого испарения без образования жидкой фазы. В основе процесса сублимации лежит поглощение замороженным образцом тепла, и прямая возгонка льда, минуя жидкую фазу. Водяные пары попадают в коллектор, где отдают тепло и конденсируются.

Краткое описание прибора.

Лиофильная сушилка «FreeZone» компании «Labconco» с ёмкостью конденсатора 1 литр, модели 7740030, представляет собой комплекс вакуумного насоса (рис.1) соединенного, посредством вакуумного шланга, с лиофильной сушилкой (рис.2) и сушильной камерой (рис. 3).



Рисунок 1 – Вакуумный роторный лопастной насос «Labconco».



Рисунок 2 – Лиофильная сушилка «FreeZone» компании «Labconco» с ёмкостью конденсатора 1 литр, модели 7740030.



Рисунок 3 – Прозрачная сушильная камера

Панель управления лиофильной сушилкой с описанием ее функций представлена на рис.4.

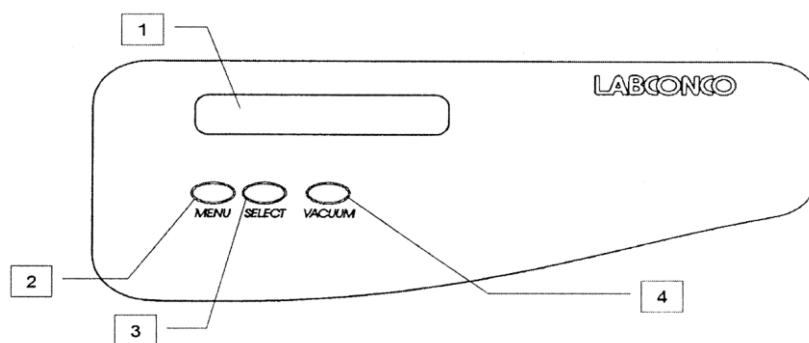


Рисунок 4 – Панель управления лиофильной сушилкой.

1 – ЖК – дисплей– отображает основные рабочие параметры, параметры установок и сообщения о неполадках.

2 – Кнопка «меню». Используется для смены режима отображения на дисплее рабочих и установочных параметров.

3 – Клавиша выбора. Используется для выбора параметров установок.

4 – Вакуумный переключатель. Используется для запуска вакуумного насоса в ручном режиме.

5 – Основной переключатель. Включает и выключает лиофильную сушилку (не представлен на рисунке).

Давление на дисплее может быть представлено в мБар, паскалях (Па) или торах, а температура в °С или °F.

Проведение испытания

Снимают сушильную камеру с лиофильной сушилки (**Внимание! На сушильной камере стоит незакрепленный колпак с впускным вентиляем! Если он не снят, то в первую очередь снимают его!**). Помещают подготовленные исследуемые образцы для высушивания на полки рабочей зоны. Затем сушильную камеру помещают обратно – непосредственно над 3-дюймовым отверстием (7,6 см) в крышке лиофильной сушилки, таким образом, чтобы не было свободных зазоров между краями уплотнителя крышки лиофильной сушилки и краями сушильной камеры, устанавливают обратно колпак. Нажимают клавишу ON (вкл) основного переключателя, расположенного на правой боковой стенке корпуса лиофильной сушилки. Нажатие этой клавиши запускает систему охлаждения. На дисплее появится надпись:

MANU VAC HI mBar
WAIT COLLECTOR: XXX

Когда температура коллектора достигнет $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, на дисплее (1) появится надпись:

MANU VACUUM HI mBar
READY COLLECTOR: $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$

Нажимают вакуумный переключатель (предварительно перекрывают впускной вентиль на колпаке сушильной камеры), включается вакуумный насос (4), а на экране (1) появляется надпись:

MANU VACUUM 0,050 mBar
RUN COLLECTOR: $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$

На дисплее будет отображаться реальная температура коллектора. Пока вакуум не достигнет величины 5 мБар^2 , на дисплее будет гореть обозначение «HI». При достижении вакуумом значения 5 мБар или ниже на дисплее начнет отображаться его реальное значение.

В конце работы лиофильную сушилку останавливают и размораживают. Прежде всего, нажимают на вакуумный переключатель, выключается вакуумный насос, затем удаляют вакуум из рабочей камеры открыв впускной вентиль. После этого отключают морозильную установку основным переключателем.

Для размораживания снимают столик с полками и крышку рабочей камеры, чтобы теплый комнатный воздух быстрее растопил лед на спирали морозильной камеры.

² 1 бар = 100 000 Па

Промывают камеру коллектора водой (не позволяя воде попасть в входной вакуумный порт в верхней задней стенке камеры) и насухо вытирают.

Внимание. Не пытайтесь механически скалывать лед со спирали морозильника, это может повредить ее. Во избежание поломок вакуумного насоса НИКОГДА не включайте его, если в камере коллектора осталась вода.

Определение коэффициентов набухания и восстановления массы мышечной ткани рыбы

Метод основан на определении изменения массы продукта за счет набухания при погружении в воду.

Навеску анализируемой высушенной пробы в виде фрагментов мышечной ткани массой от 5 до 10 г, взвешенную с абсолютной погрешностью не более 0,01 г, помещают в кристаллизатор, наполненный дистиллированной водой с температурой 20 ± 2 °С. При необходимости обеспечивают полное погружение пробы в воду с помощью пригнета, не допуская спрессовывания продукта. Время набухания пробы составляет 15 минут. После истечения указанного времени пробу мышечной ткани извлекают из кристаллизатора и помещают на сито для стекания излишков влаги. Пробу выдерживают на сите в течение 15 минут. После истечения указанного времени пробу взвешивают с абсолютной погрешностью не более 0,01 г.

Коэффициент набухания (X) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{m_1 - m_0}{m_0}$$

где: m_0 – масса навески высушенного продукта до погружения в воду, г;

m_1 - масса навески продукта после погружения в воду, г.

Определение коэффициента восстановления массы продукта

Коэффициент восстановления массы продукта (X) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{m_1}{m_u}$$

где: m_1 - масса навески продукта после погружения в воду, г;

m_u - масса навески продукта до высушивания (исходная), г.