

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
имени И. Т. Трубилина»

Факультет перерабатывающих технологий

Кафедра технологии хранения и переработки
животноводческой продукции

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА
ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ
ИЗ ЖИВОТНОГО СЫРЬЯ
(Часть 2)**

Методические указания

к выполнению практических работ по теме:

«Физико-химические и структурно-механические свойства мяса и
мясопродуктов» для обучающихся по направлению подготовки
19.04.03 Продукты питания животного происхождения

Краснодар
КубГАУ
2019

Составители: Н. Н. Забашта, А. А. Нестеренко

Научные основы повышения эффективности производства пищевых продуктов из животного сырья (Часть 2) : метод. указания к выполнению практических работ / сост. Н. Н. Забашта, А. А. Нестеренко. – Краснодар : КубГАУ, 2019 – 40 с.

Методические указания включают: теоретическую часть, цель работы, особенности техники выполнения работы, порядок оформления отчета о выполнении работы, контрольные вопросы и библиографический список, технику безопасности и предназначены для практических занятий по теме: «Функционально-технологические свойства мяса и их количественно определяемые показатели».

Предназначены для обучающихся по направлению подготовки 19.04.03 Продукты питания животного происхождения.

Рассмотрено и одобрено методической комиссией факультета перерабатывающих технологий Кубанского госагроуниверситета, протокол № 1 от 18.09.2019.

Председатель
методической комиссии

Е. В. Щербакова

- © Забашта Н. Н., Нестеренко А. А., составление, 2019
- © ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ.....	4
1 ОБЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ	5
1.1 Физические свойства	6
1.2 Функционально-технологические свойства.....	11
1.3 Структурно-механические свойства	14
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦВЕТНОСТИ МЯСА	
И МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ	17
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦВЕТНОСТИ ТВЕРДЫХ	
ЖИВОТНЫХ ЖИРОВ.....	21
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ	
СВОЙСТВ	24
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	36

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Обучающиеся могут быть допущены к работе в лаборатории после того, как пройдут первичный инструктаж установленной формы.

При выполнении анализов все, находящиеся в лаборатории, должны быть одеты в халаты. В процессе работы не допускается захламленности рабочего места. Категорически запрещается принимать пищу за лабораторным столом, пробовать на вкус реактивы, пить из химической посуды, оставлять какое – либо вещество в посуде без соответствующей надписи. При включении электроприборов необходимо сначала получить инструктаж у преподавателя или лаборанта. Используемая в лаборатории стеклянная посуда – стаканы, колбы – не должны иметь сколов и трещин. При перемешивании стеклянной палочкой нужно избегать ударов по стенкам сосуда, что может привести к трещинам. Нельзя нагревать химическую посуду без асбестовой сетки.

Работать с концентрированными веществами следует в защитных очках, резиновых фартуках и перчатках, чтобы избежать ожогов при попадании на кожу. При работе с концентрированной серной кислотой ее необходимо вливать по стеклянной палочке в воду, а не наоборот.

Разлитые щелочи и кислоты необходимо нейтрализовать немедленно, а затем тщательно смыть водой. Точные дозы концентрированных кислот, щелочей и других агрессивных жидкостей отмеривают пипеткой с резиновой грушей или пипеткой с предохранительным шариком. Для нейтрализации щелочей применяют растворы борной или 8%-ной уксусной кислот, для нейтрализации кислот – 5%-ный раствор пищевой соды.

1 ОБЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ

В технологических процессах продукты подвергаются внешним воздействиям, интенсивность которых зависит от сопротивляемости сырья, т. е. его физических характеристик. Величины сопротивляемости особенно важны при проведении процессов с использованием высококонцентрированных источников энергии (инфракрасный и высокочастотный нагревы, высокоскоростная механическая обработка, ультразвук, обработка давлением и др.).

Характеристика продукта складывается из комплекса физических свойств. Поэтому отдельные свойства, например, электропроводность, не отражают поведения материала даже в простейшем процессе электроконтактного нагрева. В этом случае для эффективного решения технологических задач необходимо знание динамики изменения структурно-механических, биохимических и других свойств.

Всестороннее изучение свойств сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, т.е. одновременное исследование структурно-механических, физико-химических, электрических, биохимических, микробиологических, гистологических и других характеристик необходимо при обязательной оценке пищевой ценности. Только путем сопоставления и совместного рассмотрения полученных данных можно получить ответ о возможности применения на практике новых способов обработки имеющего столь сложный состав и пищевое назначение животного сырья.

Комплексное исследование свойств мясопродуктов необходимо в обосновании новых физических способов обработки, позволяющих интенсифицировать, а в некоторых случаях и механизировать пассивные технологические процессы.

Особо важное значение приобретает изучение взаимосвязи и взаимовлияния, казалось бы, различных на первый взгляд характеристик. Так, нежность мяса принято характеризовать совокупностью механических свойств. В то же время изменение механических параметров мяса при его хранении зависит от тангенса угла диэлектрических потерь при частотах порядка 10^4 – 10^5 Гц. Установлена взаимосвязь между структурно-механическими и электрофизическими ($\operatorname{tg} \delta$ и ϵ) свойствами животного жира. При этом наблюдается полная аналогия характерных точек фазовых превращений при изменении температуры. Такие аналогии значительно облегчают исследование комплексных характеристик продукта, так как позволяют на основе знания одних

свойств делать прогнозы о характере изменения других, а также создавать приборы контроля и управления с обратной связью, основываясь, например, на измерении неэлектрических величин электрическими способами.

Использование комплекса физических методов позволяет по-новому решать ряд технологических проблем на более высокой ступени организации и интенсификации процессов, получить новые высококачественные продукты.

Физические свойства мясопродуктов лежат в основе разработки моделей взаимодействия энергетического поля с продуктом, создания безотходных технологий, высокопроизводительного оборудования, гибких автоматизированных производств, а также систем автоматического проектирования (САПР). Значительные различия численных значений физических величин обусловлены чрезвычайной сложностью строения и состава мяса, а также их нестабильностью вследствие биологического происхождения (порода, пол, возраст животного, степень автолиза, введение в мясопродукт различных ингредиентов при последующей обработке и т. д.). Эти различия достаточно велики. Они проявляются в ходе технологического процесса, когда продукт также претерпевает большие изменения. Так, пластические свойства мясного фарша в процессе термической обработки в результате коагуляционно-денатурационных изменений становятся упругими, в процессе посола резко увеличивается электропроводность и т. д.

Очень важно установить закономерности между численными значениями свойств и качественными показателями продукции, как конечными, так и на отдельных стадиях технологического процесса, применяя соответствующие методы исследования.

1.1 Физические свойства

Мясо и мясопродукты за счет сложности микроструктуры имеют большую оптическую плотность. Поглощение и рассеивание излучения определяются в основном четырьмя процессами: резонансным поглощением излучения молекулами сухого вещества, а также молекулами структурной и связанной влаги; рассеиванием излучения, обусловленным флуктуациями плотности вещества, а также рассеиванием на молекулах белков, полисахаридов и т. д., ионах; рассеиванием излучения на взвешенных коллоидных частицах, клетках, частицах пигментов и пр.; рассеиванием на оптических неоднородностях – капиллярах, порах.

Оптические характеристики могут быть спектральными и интегральными. В первом случае они характеризуют явления при определенной длине волны излучения λ , во втором – для длин волн $\lambda = 0 \div \infty$. Для аналитических целей используют спектральные характеристики, для инженерной практики – интегральные характеристики.

Структура пищевых продуктов в большинстве случаев такова, что отражение от них является в основном диффузным (рассеянным во все стороны). Отражательную способность продукта возможно изучать при помощи коэффициента отражения (ρ_λ), который показывает отношение светового потока (F_2), отраженного исследуемым образцом, к световому потоку (F_1), упавшему на образец:

$$\rho_\lambda = F_2 / F_1 . \quad (1)$$

Таким образом, определение коэффициента отражения сводится к определению отношения двух отсчетов по шкале измерительного прибора (гальванометра).

При исследовании диффузноотражательных образцов в качестве эталонов используют диффузноотражательные поверхности с известным спектральным коэффициентом отражения, например, свеженапыленный оксид магния (полный коэффициент отражения 0,97–0,98).

Оптические свойства мяса играют весьма важную роль в оценке цветности. Объективно измерение цвета мяса служит для оценки его пригодности как сырья для переработки; качества готового продукта; правильности хода технологических процессов; дополнения или контроля правильности органолептических оценок.

В технологических исследованиях объективное измерение цвета чаще всего применяют в качестве второй по важности, после измерения активной кислотности, качественной проверки испытуемого образца. В исследованиях процессов, связанных с сохранением окраски (например, посол мяса), оно выдвигается на первое место.

Мясо имеет специфический цвет благодаря пигменту миоглобину. Все нормальные мышцы содержат миоглобин, но количество его различно. Большая реактивность миоглобина проявляется в посмертный период, вследствие чего он может давать производные различного цвета.

Кроме миоглобина и его производных, на цвет мяса влияет ряд других факторов, таких как системы ахроматические и слабо поглоща-

ющие светлые лучи (внутриклеточный жир, соединительная ткань), кислотность, изменяющаяся в период посмертного окоченения, поверхностная дегидратация и т. п.

Для определения цвета продуктов в отраженном монохроматическом свете используют универсальный монохроматор УМ-2 и спектрофотометры. Измерение коэффициентов отражения при 627, 635 и 650 нм дает возможность установить образование метмиоглобина.

Отношение оптических плотностей при длинах волн D_{545}/D_{650} и D_{582}/D_{652} в некоторых случаях (хранение в неправильных условиях, например, смена температур) может указывать на изменения в окраске мяса. Величины D_{545} и D_{582} являются мерой интенсивности окраски мяса.

По отражению поверхности образца можно определять интенсивность окраски различных видов мяса, а также некоторых колбасных и других продуктов.

Неоднородность в строении мышечных волокон мяса ведет к различному поглощению звука отдельными элементами, т. е. наблюдается анизотропия затухания звука. Основными характеристиками акустического поля являются частота колебаний, скорость звука, амплитуда, волновое и удельное акустическое сопротивление среды, звуковое давление, интенсивность звука.

Удельное акустическое сопротивление является важным параметром – характеризует свойства среды по отношению к проходящей через нее волне

$$\rho c = p / u, \quad (2)$$

где ρ – плотность среды, кг/м³;

c – скорость звука, м/с;

p – звуковое давление, МПа;

u – колебательная скорость, м/с.

Энергия звуковых колебаний, проходящая нормально к поверхности продукта через единицу площади за одну секунду, является интенсивностью звука:

$$I = p^2 / \rho c. \quad (3)$$

Интенсивность оценивают по отношению к величине предела слышимости человеческого уха, т. е. определяют силу звука (в дБ).

$$1 \partial B = 10 \lg (I/I_n), \quad (4)$$

где I_n – предел слышимости, Вт/м² ($I_n = 10^{-12}$ Вт/м²).

Поглощение звука в жидкостях обусловлено вязкостью среды, а также теплопроводностью. Полный коэффициент поглощения

$$\alpha = \alpha_r + \alpha_e, \quad (5)$$

где α_r и α_e – коэффициенты поглощения, обусловленные соответственно вязкостью и теплопроводностью среды.

Распространение звуковых волн в среде сопровождается потерями на рассеивание, которые внешне проявляются в повышении температуры среды (таблица 1).

Таблица 1 – Относительное повышение температуры продуктов при распространении звуковых волн

Продукт	Относительное повышение температуры, °С	Продукт	Относительное повышение температуры, °С
Яичный альбумин	1,0	Жир	12,5
Коагулированный яичный белок	1,0	Печень	4,5
Яичный желток	5,5	Мозги	4,75

Примечание. Относительное повышение температуры яичного белка принято за единицу. Продолжительность обработки продуктов ультразвуком 30 с; $f = 750$ кГц; $W = 100$ Вт.

Аномальные отклонения коэффициента поглощения обнаружены при ультразвуковой обработке ряда органических и биологических жидкостей. Эти отклонения вызываются объемной вязкостью, являющейся функцией изменения объема в местах сжатия и расширения жидкости. При этом характер молекулярного поглощения энергии зависит от продолжительности восстановления равновесия молекулярных процессов за один полупериод колебания. Исключение составляет костная ткань, которая в диапазоне частот 500 кГц – 2 МГц не дает отклонений от классической теории.

Показатели поглощения и глубина проникновения для некоторых животных тканей при обработке на частоте 1 МГц приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Акустические характеристики животных тканей

Продукт	α , м ⁻¹	1/ α , м	Продукт	α , м ⁻¹	1/ α , м
Вода	0,03	30,0	Печень	17	0,06
Плазма крови	0,7	1,3	Почки	22	0,05
Кровь	2,0	0,5	Жировая ткань	13	0,08
Скелетные мышцы	20-25	0,045	Костная ткань (при частоте 800 кГц)	302	0,0033

Коэффициент поглощения зависит от частоты ультразвукового поля – линейно возрастает с увеличением частоты независимо от вида ткани. При ультразвуковом облучении суспензий коэффициент поглощения линейно возрастает с увеличением концентрации. Кроме того, он зависит от диаметра частиц суспензии. Характерно, что наиболее резкое затухание колебаний наблюдается при размерах частиц 1–10 мкм. Анизотропия поглощения ультразвука особенно сильно проявляется у тканей, состоящих из чередующихся слоев с различными свойствами (шкура, жировые прослойки и др.). В этом случае характер затухания акустической энергии зависит от направления ультразвука – вдоль или поперек слоев. Акустические характеристики различных животных тканей представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Удельное акустическое сопротивление животных тканей

Ткань	Температура, °С	Скорость звука $c \cdot 10^3$, м/с	Плотность ρ , кг /м ³	Удельное акустическое сопротивление ρc , Па·с/м
Мышечная ткань (говядина)	16–20	1,575–1,578	1033–1048	1,79
Жировая ткань (свинина)	16–20	1,444	930	1,32
Мозговая ткань (свинина)	16–20	1,506	1026	1,55
Печень	16–20	1,553	1064	1,63
Кость (плотная масса)	16–20	3,37	185	6,23

1.2 Функционально-технологические свойства

Мясное сырье многокомпонентно, вариабельно по составу и свойствам, что приводит к значительным колебаниям в качестве готовой продукции. В связи с этим особенно важное значение приобретает информация о функционально-технологических свойствах различных видов основного сырья и его компонентов, влиянии вспомогательных материалов и внешних факторов на характер их изменения.

Под функционально-технологическими свойствами (ФТС) мясного сырья понимают совокупность показателей, характеризующих уровни эмульгирующей, водосвязывающей, жиро-, водопоглощающей и гелеобразующей способностей, структурно-механические свойства (липкость, вязкость, пластичность и т. д.), сенсорные характеристики (цвет, вкус, запах), величину выхода и потерь при термообработке различных видов сырья и мясных систем. Перечисленные показатели имеют приоритетное значение при определении степени приемлемости мяса для производства пищевых продуктов.

Под функциональными свойствами изолированных белков принято понимать широкий комплекс физико-химических характеристик, определяющих их поведение при переработке и хранении, обеспечивающих желаемую структуру, технологические и потребительские свойства готовых продуктов.

Физическая структура и свойства не подвергнутого термической обработке мясного фарша близки к классическим эмульсиям.

В классическом определении под эмульсией понимают дисперсные системы с жидкой дисперсионной средой и жидкой дисперсной фазой, диспергированные в коллоидном состоянии. Жир – неполярное вещество и плохо (0,5 %) растворимо в воде. Однако при определенных условиях (наличие эмульгаторов и стабилизаторов, высокие температуры, ультразвуковые и импульсные воздействия) в системах жир – вода могут образовываться водо-жировые эмульсии прямого (жир в воде) и обратного (вода в жире) типа (рисунок 1).

Стойкость эмульсий во многом зависит от наличия в системе эмульгаторов – веществ, имеющих в составе полярные и неполярные группы.

В мясной эмульсии, образуемой в результате интенсивного механического измельчения тканей, дисперсная система состоит из дисперсной фазы – гидратированных белковых мицелл и жировых частиц различных размеров и из дисперсионной среды – раствора белков и

низкомолекулярных веществ. В мясной эмульсии белок и вода образуют матрицу, которая окружает жир, т. е. колбасный фарш – эмульсия жира в воде, при этом солерастворимые белки являются эмульгаторами и стабилизаторами эмульсии (рисунок 2).

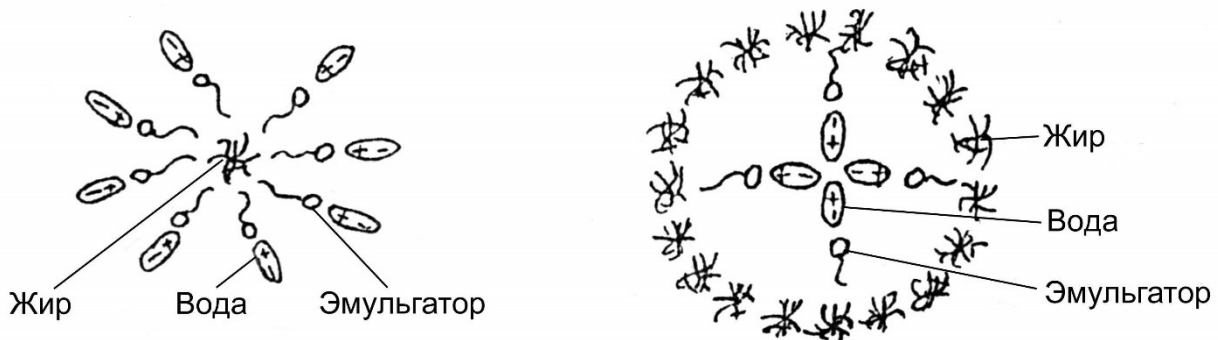


Рисунок 1 – Водно-жировые эмульсии

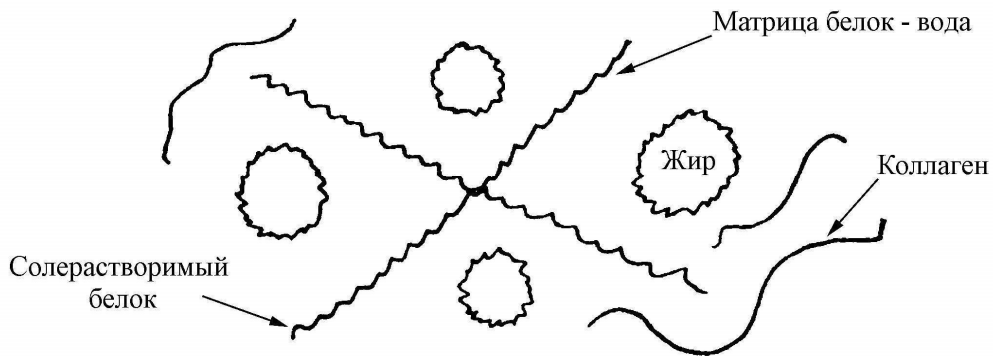


Рисунок 2 – Эмульгаторы и стабилизаторы эмульсии

По убыванию величины эмульгирующей способности (ЭС) белки мышечных волокон располагаются в последовательности: актин (без NaCl), миозин, актомиозин, саркоплазматические белки, актин в растворе соли молярной концентрацией 0,3 моль/дм³.

Подобного рода мясные эмульсии относят к коагуляционным структурам, частицы которых связаны силами межмолекулярного взаимодействия в единую пространственную сетку (каркас). Сопоставление ЭС различных высокомолекулярных веществ показывает, что во всех случаях они стабилизируют эмульсии, образуя трехмерные сетчатые структуры с близкими геометрическими свойствами. Стабилизация эмульсий, обусловленная особыми структурно-механическими свойствами адсорбционных межфазных слоев, может привести к повышению устойчивости этих дисперсных систем вплоть до полного фиксирования. Такая стабилизация носит универсальный характер и

необходима при получении высокоустойчивых, особенно концентрированных эмульсий.

При технологической обработке мясного сырья со свойствами белков связано взаимодействие белок – белок (гелеобразование); белок – вода (набухание, водосвязывающая способность, растворимость); белок – липиды (жиропоглощающая и жиросодерживающая способности), а также поверхностно-активные свойства – образование и стабилизация пен и эмульсий.

Мясные фарши – сложная гетерогенная система, функциональные свойства которой зависят от соотношения тканей, содержания в них специфических белков, жиров, воды, морфологических компонентов.

В составе мяса мышечная ткань оказывает значительное влияние на ФТС, так как состоит из комплекса белков, имеющих структурные отличия. В аспекте функциональных свойств при получении мясопродуктов совокупность мышечных белков ответственна за эффективность образования мясных эмульсий. Количественное содержание белка в системе, его качественный состав, условия среды определяют степень стабильности получаемых мясных систем, влияют на уровень водосвязывающей, жиропоглощающей и эмульгирующей способности, структурно-механические и органолептические характеристики.

Преобладающий количественно в мышечной ткани (54–60 %) и наиболее важный функциональный белок – миозин. Его молекулы имеют выраженную ферментативную активность, легко взаимодействуют между собой и актином, обладают высокой водосвязывающей, гелеобразующей и эмульгирующей способностью.

На характер взаимодействия в системе «белок – вода» оказывают влияние такие факторы, как растворимость белковых систем, концентрация, вид, состав белка, степень нарушения нативной конформации, глубина денатурационных превращений, рН системы, наличие и концентрация солей в системе. Знание и направленное применение особенностей связывания влаги различным белоксодержащим сырьем позволяет прогнозировать и регулировать выход продукта, уровень потерь влаги при термообработке, органолептические характеристики и т. д.

Влагоудерживающая способность (ВУС), как и растворимость, одновременно зависит от степени взаимодействий как белков с водой, так и белка с белком, и поэтому от конформации и степени денатура-

ции белка. В связи с этим, тепловая обработка оказывает сильное влияние на влагоудерживающую способность белков, что, в свою очередь, сказывается на массовом выходе готовых изделий.

В реальных многокомпонентных мясных системах поведение белка как основного стабилизирующего компонента рецептуры рассматривают во взаимосвязи как с другими компонентами (жир, вода, минеральные вещества, морфологические элементы), так и с изменяющимися в процессе технологической обработки сырья условиями среды.

При изготовлении вареных колбас, сосисок, сарделек, мясных хлебов для направленного регулирования ФТС мясных фаршевых систем используют, кроме поваренной соли, пищевые фосфаты – смеси различных солей фосфорной кислоты в количестве 0,3–0,4 % к массе фарша. Фосфаты действуют как синергисты поваренной соли, вызывая изменение величины рН среды, повышая ионную силу растворов и, связывая ионы кальция в системе актомиозинового комплекса, обеспечивают интенсивное набухание мышечных белков, увеличивают уровень водосвязывающей, влагоудерживающей и эмульгирующей способности.

Особенно эффективно использование фосфатов при переработке размороженного и тощего мяса, сырья с признаками PSE. В последние годы в связи с увеличением объемов мясного сырья с нарушениями нормального хода автолиза возникла необходимость расширения диапазона рН фосфатных препаратов, используемых в отечественной промышленности, с 6,9–7,0 до 9,0.

Экспериментально установлено, что вареные колбасы имеют в среднем приемлемое качество и удовлетворительную органолептическую оценку при устойчивости фаршевой эмульсии не ниже 85 %, влагоудерживающей способности – приблизительно 85 % общего содержания влаги в фарше, или около 90–92 % связанной влаги в сыром фарше и жирудерживающей способности – на уровне 95 % содержания жира в фарше.

1.3 Структурно-механические свойства

Структурно-механические (реологические) свойства характеризуют поведение мяса и мясопродуктов в условиях напряженного состояния, основными показателями которого при приложении силы являются напряжение, величина и скорость деформации. В зависимости

от характера приложения усилий свойства делятся на сдвиговые (касательные напряжения), компрессионные (нормальные напряжения растяжения-сжатия) и поверхностные на границе раздела с другим материалом (нормальные и касательные).

В реальных условиях имеет место сочетание всех свойств, в то же время в зависимости от направленности процесса превалирует одно из них.

Сдвиговые реологические свойства: предельное напряжение сдвига (θ_0 , Па), вязкость эффективная ($\eta_{эф}$, Па·с) и пластическая (η , Па·с), период релаксации (τ_p , с) – наиболее полно отражают внутреннюю сущность объекта, поэтому их принято считать основными. С их помощью рассчитывают течение продуктов в трубах, рабочих органах машин и аппаратов, определяют необходимые усилия для перемещения продукта, оценивают качество продукта, обосновывают оптимальные технологические условия процесса.

К основным компрессионным (объемным) свойствам относятся модуль упругости (E , Па), равновесный модуль (E_R , Па), период релаксации деформации при постоянном напряжении (τ_σ , с), относительная деформация (ϵ). Эти параметры необходимы для расчета процессов шприцевания, формования, дозирования и течения по трубопроводам пластично-вязких продуктов. Объемные свойства можно также использовать для оценки качества пластично-вязких (фарши) и упругоэластичных (колбасные изделия) продуктов.

Особое место среди структурно-механических характеристик занимают поверхностные свойства (адгезия, коэффициент внешнего трения и др.). Они характеризуют усилие при взаимодействии между поверхностями контакта при нормальном отрыве или сдвиге. Для пищевых материалов различают три основных вида отрыва: адгезионный, когезионный и адгезионно-когезионный, или так называемый смешанный отрыв.

Поверхностные характеристики необходимы для выбора и разработки новых видов контактирующих материалов с продуктом для оборудования, тары, трубопроводов и т. д., поверхности которых должны обладать малой адгезией и минимальным сопротивлением при движении продукта. Кроме того, величины поверхностных свойств частично могут характеризовать консистенцию продукта.

Структурно-механические свойства отражают внутреннее строение (структуру) и состав вещества. Наиболее полно они характеризуют структуру, которая может быть коагуляционной и конденсационно-

кристаллизационной. Для мясопродуктов наиболее распространен коагуляционный тип структуры, которая является следствием взаимодействия между частицами вещества на основе сил Ван-дер-Ваальса через дисперсионную среду. Структурам такого типа присуща тиксотропия, т. е. способность восстанавливать свои свойства после снятия напряжения или даже после разрушения. Очевидно, что структурно-механические свойства коагуляционных систем значительно зависят от содержания воды, размеров частиц и прослоек, их физико-химических свойств. Для технологии представляется важной зависимость структурно-механических свойств от изменения размеров частиц, например при измельчении мяса в процессе приготовления колбасного фарша и других факторов. С помощью приборов и оценки структурно-механических свойств мясных фаршей возможно контролировать любую технологическую стадию и управлять качеством продукции.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Определение цветности мяса и мясных продуктов

Цель и задачи работы: приобрести практический навык в определении цветности мяса и мясных продуктов. В задачи работы входит освоение методики определения цветности на монохроматоре путем снятия спектральных характеристик и расчета оптической плотности по коэффициенту отражения.

Методические указания

Для исследования цветности мяса и мясных продуктов в отраженном свете используют монохроматор УМ-2 с лампой накаливания напряжением 12 В, мощностью 40 Вт и ахроматическим конденсором с фокусным расстоянием 90 мм. Напряжение стабилизируют феррорезонансным или электронным стабилизатором.

Монохроматор при снятии спектров отражения используют в комплекте со специальной приставкой, снабженной кольцевым селеновым фотоэлементом, эталоном сравнения и кюветами для измеряемых образцов диаметром 30 мм. Селеновый фотоэлемент воспринимает отраженный свет от эталона или измеряемого образца. Возникший поток измеряется зеркальным гальванометром.

Свет, прошедший через входную щель, попадает на объектив коллиматора и параллельным пучком проходит через дисперсирующую призму. Под углом 90° к падающему пучку света помещается выходная труба монохроматора. При повороте призмленного столика на различные углы относительно падающего пучка света получают в выходной щели свет различной длины волны, проходящий через призму в минимуме отклонения.

Патрубок со щелью можно вынуть и заменить патрубком зрительной трубы со сменными окулярами. Первый патрубок применяют для выполнения измерений, второй – для градуировки прибора.

Вследствие того, что фокусное расстояние объектива для каждой длины волны изменяется, при помощи маховичка осуществляется фокусировочное движение; зависимость фокусировки от длины волны дается в аттестате прибора.

Сменные фильтры в револьверной оправе предназначены для того, чтобы освещение указателя при работе в каждой области спектра производилось светом той же длины волны.

В качестве источника света при исследовании используют лампы накаливания; при градуировке применяют неоновую и ртутную лампы, прилагаемые к монохроматору.

Для измерений в отраженном свете к монохроматору необходимо специальное приспособление. Это может быть фотометрическая сфера или приставка с кольцевым селеновым фотоэлементом, которая более проста в изготовлении.

В качестве эталона используют молочное стекло с известным коэффициентом отражения, калиброванное по окиси магния, или свежеприготовленную окись магния.

Объекты исследования: образцы мышечной ткани различных анатомических участков разных видов животных и птиц разных сроков хранения, мясные продукты кулинарной готовности.

Материалы, реактивы, оборудование: миллиметровая бумага, монохроматор (или спектрофотометр), ртутно-кварцевая лампа СВДШ-250.

Подготовка проб

При определении цвета на монохроматоре УМ-2 мышечную ткань нарезают на ломтики толщиной 4-5 мм перпендикулярно к направлению мышечного волокна. Из нарезанных ломтиков остро отточенным пробником вырезают образцы. Диаметр пробника должен быть равен диаметру кюветы (30 мм). Вырезанные образцы помещают в чашки Петри, закрывают и выдерживают в темноте не менее 10 мин. Небольшая выдержка образцов на воздухе необходима для превращения миоглобина в оксимиоглобин, а гемоглобина – в оксигемоглобин. В пределах от 10 мин до 4 ч пробы пригодны для измерения.

Для определения интенсивности окраски из каждой пробы мяса делают 4–5 срезов. В последующем среднее арифметическое измерения 4–5 срезов от каждой пробы является окончательным результатом определения. Для выполнения измерения образцы осторожно, не касаясь поверхности, переносят в кюветы, которые закрепляют в приставке.

При работе на спектрофотометре образцы готовят аналогично, используя пробник диаметром 48–50 мм (диаметр кювет 48 мм). Образцы помещают в металлические кюветы для измерения отражения.

Ход работы

Для снятия спектральных кривых, характеризующих цветность исследуемого образца, измерения делают в широкой области спектра через 2–3 нм в участках, где наблюдаются характерные изменения спектральной кривой, и через 5–10 нм в менее характерных участках. Для определения интенсивности окраски измерение производят при одной, двух или трех длинах волн.

Ширину входной и выходной щелей можно изменять для разных длин волн, подбирая наиболее пригодные. Однако определенные затруднения в работе связаны с тем, что измерения на монохроматоре проводят в темном помещении. Постоянные щели значительно упрощают работу: приемлемая ширина выходной щели 0,1 мм и входной 0,2 мм при работе с приставкой с кольцевым селеновым фотоэлементом, высота 12 мм.

За 10 мин до начала определений включают источник света (лампу накаливания), лампочку осветителя гальванометра и осветительные лампочки на корпусе монохроматора. Перед выходной щелью устанавливают кювету с эталоном, снимают отсчет по шкале гальванометра. Затем на место кюветы с эталоном ставят кювету с испытуемым образцом и снова делают отсчет. После определения при одной длине волны микрометрическим винтом поворачивают барабан, устанавливают нужную длину волны и снова определяют отражение света эталоном и образцом.

При работе с шаровой приставкой и фотоэлектронным умножителем удобна ширина выходной щели 0,1 мм, а выходной такая же или меньше; ее подбирают после включения блока питания с гальванометром и установки эталона против отверстия шара.

В зависимости от отклонения светового указателя гальванометра ширину щели увеличивают, начиная примерно с 0,02 мм, до тех пор, пока указатель гальванометра не остановится на делении шкалы, примерно 60–68. При вычислении коэффициента отражения предварительно из показаний, полученных для образца и эталона, вычитают показание, полученное для черного тела.

На основании характера спектральной кривой того или иного продукта выбирают 2–3 длины волны, при которых в дальнейшем производят измерение для определения интенсивности окраски (например, интенсивность окраски говяжьего мяса определяют при длинах волн 545, 582 и 650 нм).

Коэффициент отражения ρ_λ вычисляют путем деления числа, полученного при измерении образца, на число, полученное при измерении эталона для одной и той же длины волны и одних и тех же условий измерения. Получают коэффициент отражения по отношению к эталону. Зная отражение эталона, вводят поправку. Например, если коэффициент отражения эталона равен 0,85, то поправочный множитель будет 1,176.

Коэффициенты отражения, выраженные в процентах, переводят в оптическую плотность по формуле:

$$D = \lg \frac{100}{\rho_\lambda}. \quad (1)$$

Результаты выражают в оптической плотности при длине волны 545 нм (D_{545}) и при длине волны 582 нм (D_{582}), а также в виде отношения

$$\frac{D_{545}}{D_{650}} \text{ и } \frac{D_{582}}{D_{650}}. \quad (2)$$

Оформление результатов

Результаты оформляют в виде кривых отражения (или изменения оптической плотности). Затем делают вычисления и по результатам формулируют заключение по работе, сопоставляя данные с визуальной оценкой продуктов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦВЕТНОСТИ ТВЕРДЫХ ЖИВОТНЫХ ЖИРОВ

Цель и задачи работы: приобрести практический навык определения цветности животных жиров в отраженном свете на фотометре ФТ-2.

Методические указания

Метод основан на фотометрическом измерении отражательной способности образцов жира. Перед началом работы фотометр включают в сеть для прогрева (примерно на 10 мин), после чего проверяют коэффициент яркости градуировочной пластины, являющейся промежуточным эталоном (если коэффициент яркости пластины был установлен не более, чем за 3 дня до опыта, то пользуются имеющимися данными; если перерыв больше, то проверку делают вновь). Затем заполняют кювету исследуемым жиром и производят определение.

В этом методе белизна образцов условно характеризуется величиной «монохроматического» коэффициента яркости в зеленой части спектра, т.е. в области высокой видимости (измерение со светофильтром с длиной волны 510 нм). Второе число показывает отношение отражения в двух участках спектра и как бы характеризует желтизну образца. Чем меньше отношение и выше показание при 510 нм, тем белее образец.

Пример. У образца 1 отражение света при светофильтре $\lambda_{эф} = 410$ нм равно 47,1 %, при $\lambda_{эф} = 510$ нм – 57,4 %, отношение отражений 1,22; у образца 2 – соответственно 72,2 %; 73,5 %; 1,02. Следовательно, образец 2 обладает большей белизной, чем образец 1.

Объекты исследования: твердые животные жиры разных видов.

Материалы, реактивы, оборудование: спектрофотометр, лопатки из плексигласа.

Подготовка проб

При определении цветности твердых животных жиров в отраженном свете на фотометре образец жира должен иметь температуру около 20 °С.

Его помещают в кювету из плексигласа и лопаточкой из того же материала выравнивают поверхность (глубина кюветы 6 мм, диаметр 30 мм). Если за 1–3 приема поверхность становится ровной, жир удаляют из кюветы и заменяют новой порцией того же образца. Многократное выравнивание поверхности в некоторых случаях может повлиять на достоверность результатов.

Если исследуют легкоплавкий жир, который при указанной температуре имеет жидкую консистенцию, можно с некоторой степенью погрешности наполнить кювету жиром непосредственно после охлаждения в холодильнике. Все операции необходимо выполнять очень быстро.

Ход работы

При измерении цветности свиного жира подготовленную кювету с исследуемым образцом помещают в кассету для отражающих образцов. Ручку «светофильтры» ставят против цифры, соответствующей светофильтру с эффективной длиной волны 410 нм, и проводят определение так, как это указано для отражающих образцов. После записи отсчета ручку переводят на цифру, соответствующую светофильтру с эффективной длиной волны 510 нм, и аналогично производят измерения, устанавливая прибор на нуль по показаниям градуировочной пластины для светофильтра с длиной волны 510 нм, снова снимают и записывают отсчет со шкал трех правых ручек прибора.

Результаты, характеризующие цветность свиного жира, записывают в виде двух чисел, одно из которых является результатом измерения отражательной способности образца со светофильтром с эффективной длиной волны 510 нм, другое представляет собой отношение отражательной способности образца, измеренной со светофильтром $\lambda_{\text{эф}} = 510$ нм, к отражательной способности образца, определенной со светофильтром $\lambda_{\text{эф}} = 410$ нм.

Поскольку в процессе холодильного хранения говяжий жир иногда приобретает зеленоватую окраску, представляет интерес определение наличия зеленоватого оттенка дополнительно к оценке интенсивности окраски как естественного, так и позеленевшего жира.

При определении интенсивности окраски говяжьего жира измерения производят со светофильтром с эффективной длиной волны 460 нм или 475 нм.

Кювету из плексигласа с образцом жира помещают в кассету для отражающих образцов. Ручку «светофильтры» ставят против цифры, соответствующей светофильтру с эффективной длиной волны 460 нм, или против ручки, соответствующей светофильтру $\lambda_{эф} = 475$ нм, и измеряют, как указано выше. Полученный на шкалах трех правых ручек отсчет характеризует интенсивность окраски образца.

Различные образцы говяжьего жира характеризуются примерно следующими величинами отражения, %: интенсивно желтый 38, желтый 47, светло-желтый 54.

Для определения наличия в образце зеленоватого оттенка измерения проводят с двумя светофильтрами: с $\lambda_{эф} = 460$ нм и $\lambda_{эф} = 440$ нм или $\lambda_{эф} = 475$ нм и $\lambda_{эф} = 440$ нм. Метод определения такой же, как для свиного жира.

Оформление результатов

Результаты выражают отношением показаний, полученных со светофильтрами 460/440 или со светофильтрами 475/440. В первом случае образцы жира с зеленоватым оттенком характеризуются отношением больше единицы, а желтые – меньше единицы, во втором случае – зеленоватые образцы больше 1,10, желтые – меньше 1,10.

В таблице 1 приведены возможные показания при определении зеленоватого оттенка в ряде образцов говяжьего жира.

Таблица 1 – Пример определения цветности говяжьего жира

Образец жира	$\frac{\rho_{460}}{\rho_{460}}$	$\frac{\rho_{475}}{\rho_{440}}$
	$\frac{\rho_{460}}{\rho_{440}}$	$\frac{\rho_{475}}{\rho_{440}}$
Желтый	0,98	1,07
Желтый со слабым зеленоватым оттенком	1,01	1,11
Зеленый	1,05	1,15

После снятия спектральных кривых и расчетов делают выводы и формулируют заключение, сопоставляя данные с результатами визуальной оценки анализируемых жиров.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Цель и задачи работы: приобрести практический навык определения основных структурно-механических свойств мяса, мясных продуктов, вторичных ресурсов отрасли. В задачи работы входит анализ усилий среза, сдвиговых свойств по уровню предельного напряжения сдвига и поверхностных свойств по уровню адгезии и липкости модельных мясных фаршей.

Методические указания

Лабораторная работа состоит из нескольких этапов, каждый из которых может использоваться независимо, или в совокупности.

Метод определения усилий среза основан на измерении усилия, необходимого для разрушения образца путем среза в камере постоянного объема. Усилие среза определяют на приборе ПМ-3, принципиальная схема которого показана на рисунке 1.

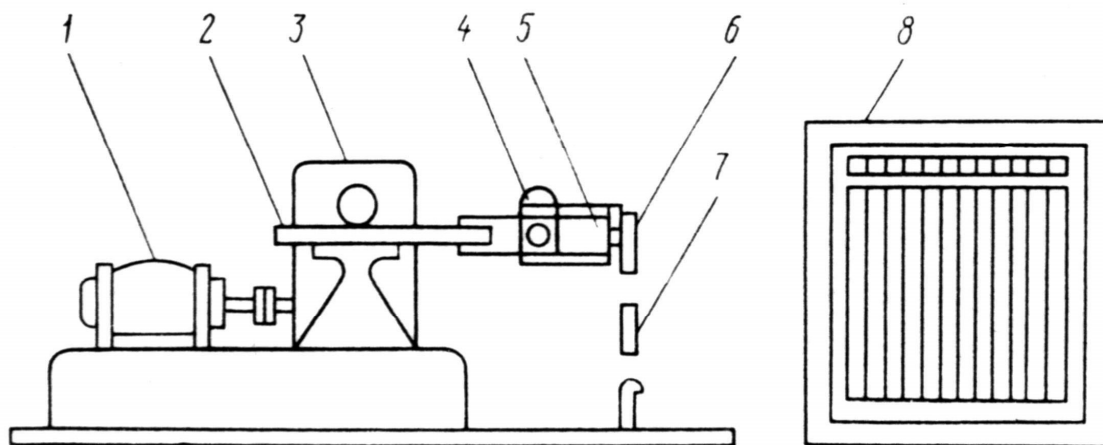


Рисунок 1 – Прибор ПМ-3

Показатель характеризует прочность и жесткость системы, которые тесно связаны с качественным составом белков в мясе и стадиями автолиза мышечной ткани.

О реологических характеристиках мясных фаршей и готовых продуктов можно судить на основе определения предельного напряжения сдвига. Указанный показатель позволяет оценить прочность структуры и консистенцию продукта.

Сдвиговые свойства проявляются при касательном смещении слоев продукта, который может представлять собой жидко- или твердообразную систему, а также «твердое» тело, т. е. неразрушенную среду (целые ткани мяса, кость, сыр, твердый жир и пр.). Приборы для измерения величин свойств последних систем имеют определенную специфику.

Конические пластометры получили широкое распространение в реологических исследованиях из-за простоты устройства и надежности в работе. Устройство приборов такого типа показано на рисунке 2. Предельное напряжение сдвига определяют по глубине погружения конуса.

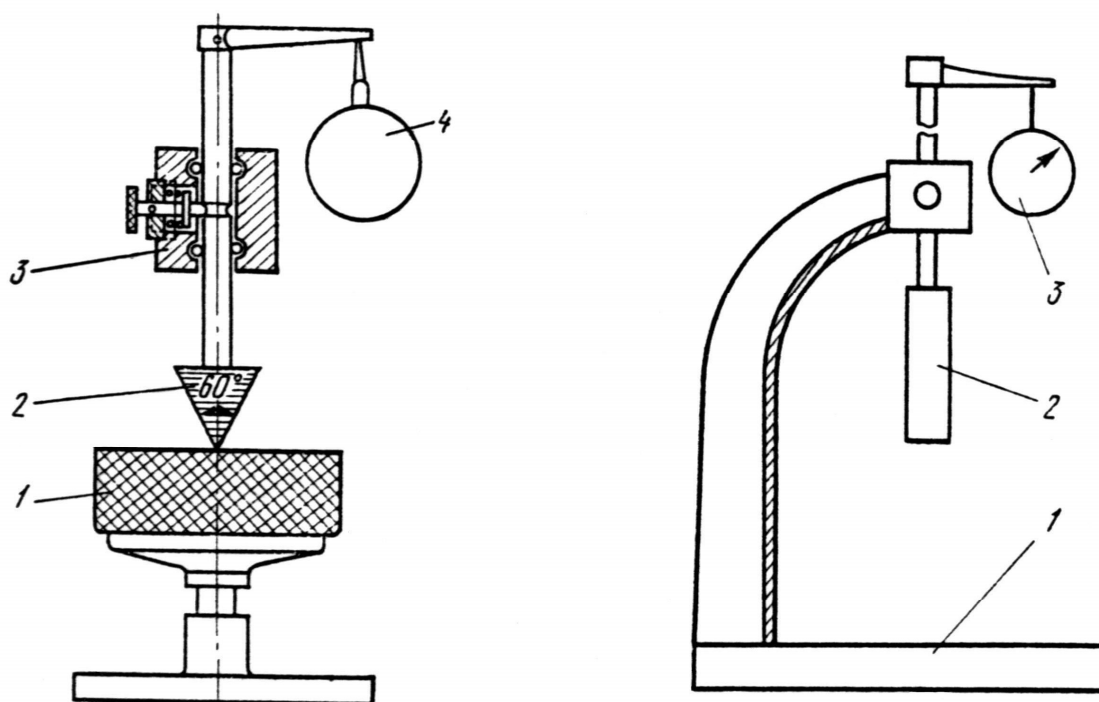


Рисунок 2 – Конические пластометры

Сдвиговые свойства можно определять на вискозиметрах различных марок и модификаций. Ротационные вискозиметры – первичные, теоретически обоснованные приборы, позволяющие получить практически однородные поля напряжений и деформаций при сколь угодно малых и гигантских деформациях сдвига (при любых значениях скорости сдвига). При исследовании структурно-механических свойств с помощью ротационных вискозиметров особо важное значение приобретают верный учет и выбор размеров рабочих органов прибора, математической модели для обобщения экспериментальных данных, влияния торца цилиндра на показания прибора, толщины градиентного слоя и величины градиента скорости.

Принципиальные схемы ротационных вискозиметров показаны на рисунке 3. Они могут иметь одну геометрическую форму: коаксиальные цилиндры (рисунок 3, а), сферы или полусферы (рисунок 3, б), два конуса (рисунок 3, в), две плоскопараллельные пластины (рисунок 3, г), два плоских кольца (рисунок 11, д) или два конических кольца (рисунок 3 к).

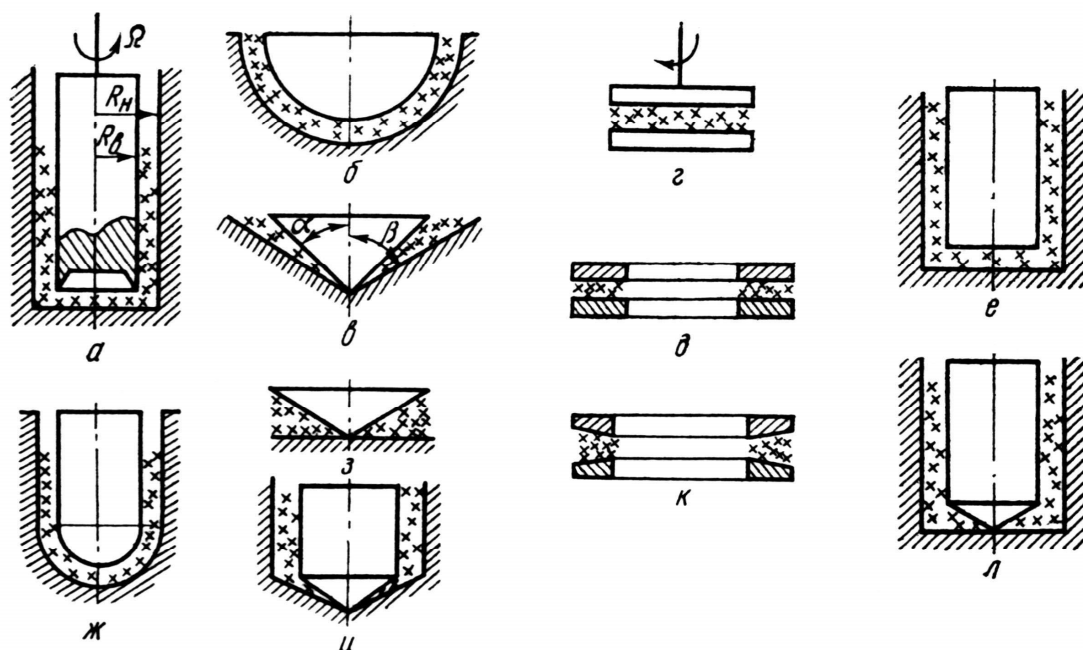


Рисунок 3 – Принципиальные схемы ротационных вискозиметров

Часто рабочий зазор или рабочий орган может быть комбинированным, т. е. состоять из нескольких различных поверхностей: цилиндр - диск (рисунок 3, е), цилиндр - полусфера (рисунок 3, ж), конус - диск (рисунок 3, з), цилиндр - конус (рисунок 3, и), цилиндр - конус - диск (рисунок 3, л) и прочие. Между рабочими поверхностями находится исследуемый продукт, сила сопротивления внутри которого при вращении одной из поверхностей измеряется.

Вискозиметры различают по конструктивным особенностям и способу привода одного из цилиндров. Прибор «Реотест-2» – структурного ротационного вискозиметра, который используется как для определения динамической вязкости ньютоновских жидкостей, так и для проведения глубоких реологических исследований неньютоновских жидкостей. Им можно измерить следующие показатели текучести: структурную вязкость, дилатацию, пластичность (предел текучести), тиксотропию.

Для измерения вязкости жидкостей используют капиллярные вискозиметры. Теория капиллярной вискозиметрии основывается на том,

что поток в приборе ламинарный, скольжение на стенке отсутствует, скорость сдвига в точке зависит от нагружения в той же точке.

Жидкообразные продукты не имеют предельного напряжения сдвига, их течение начинается при сколь угодно малых напряжениях сдвига. Обычно, за исключением истинно вязких жидкостей, эти продукты имеют слабую структурную сетку и обладают аномалией течения. Один и тот же продукт в зависимости от интенсивности механического воздействия, влажности (массовой доли сухих веществ) или температуры часто может переходить из одной группы в другую (жидкообразные – твердообразные). Реологические свойства жидкообразных продуктов имеют самостоятельное значение для расчета машин и аппаратов, а также позволяют дать глубокую оценку процессов, связанных с переработкой животного сырья и продуктов, оценкой их качества.

В лабораторной практике технохимического контроля качества некоторых продуктов мясной промышленности, в частности, растворов желатина, клея получил распространение капиллярный вискозиметр Энглера.

Вискозиметр (рисунок 4) состоит из двух вставленных один в другой металлических сосудов 3 и 7. Внешний сосуд 7 является термостатирующей баней (Б), куда наливают воду или минеральное масло. Для равномерного поддержания температуры жидкость в сосуде 7 перемешивают мешалкой 5. Внутри резервуара 3 опускают термометр 1. На внутренней поверхности резервуара имеются три указателя уровня 6, которые находятся в одной плоскости и служат отметкой для измерения объема жидкости и контроля вертикального положения прибора. Правильным считается положение, когда все три указателя уровня 6 будут едва видны над поверхностью жидкости. В нижней части сосудов имеется сточное отверстие 8 для слива испытуемой жидкости, которое закрывается стержнем 2, проходящим через крышку 4 прибора. Для приема сливаемой жидкости имеется измерительная колба 9 с двумя отметками: одна – на объеме 100 см^3 , другая – 200 см^3 .

Метод основан на определении отношения времени истечения испытуемого продукта при заданной температуре ко времени истечения того же объема воды при $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Измерение вязкости позволяет охарактеризовать реологические свойства клеевых и желатиновых растворов, которые зависят от молекулярной массы и формы молекул продуктов деструкции коллагена,

степени их гидратации. Эти факторы влияют на процесс гелеобразования при охлаждении водных растворов желатина, прочность студней, их температуру плавления.

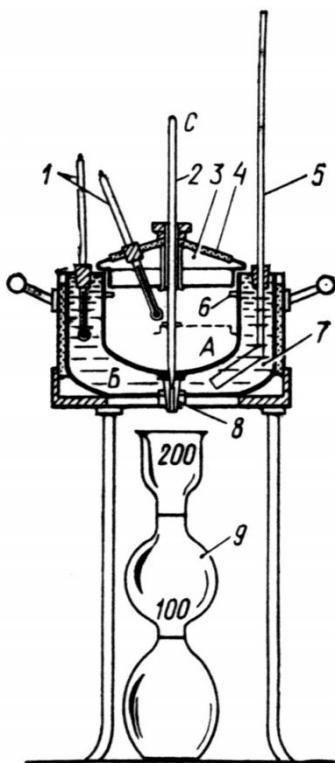


Рисунок 4 – Вискозиметр

Общим для всех приборов этого типа является наличие капилляра, устройства для измерения расхода или объема жидкости и системы, обеспечивающей создание гидростатического давления. В качестве капилляра можно использовать трубку диаметром от долей до 2–3 мм для измерения вязкости ньютоновских и не очень вязких неньютоновских жидкостей. Получаемые результаты, как правило, инвариантны, т. е. не зависят от диаметра трубки.

Наиболее простые, традиционные и вместе с тем универсальные капиллярные вискозиметры Оствальда и Уббелюде имеют капилляр и два полых шарика для жидкости. Движущая сила процесса истечения – перепад давлений – в вискозиметре Оствальда обусловлена разностью высот жидкости, в вискозиметре Уббелюде – вакуумом или давлением в одном колене трубки. При измерениях приборы обычно помещают в водяную баню.

Имеются и другие конструкции вискозиметров такого типа.

Для точного измерения весьма важно правильно подготовить пробу, учитывая особенности конструкции и эксплуатации прибора.

Особое место среди структурно-механических свойств занимают такие поверхностные свойства как липкость (адгезия). Они характеризуют усилие взаимодействия между поверхностями конструкционного материала и продуктом при нормальном отрыве или сдвиге. При этом для большинства мясных и молочных продуктов липкость (адгезия) обуславливает величину усилия внешнего трения.

Липкость – это физическое явление, возникающее при соприкосновении тел. Обнаруживается она при разделении этих тел как усилие, противодействующее разделению (отрыву). Исследование липкости как характеристического свойства сырья и продуктов в технологии мяса имеет большое значение. Например, исследование липкости колбасного фарша позволяет определить оптимальное время куттерования. В практике – это свойство мяса оценивают обычно по прилипаемости фарша к поверхности руки. Таким же образом по состоянию поверхности мяса можно с известным правдоподобием оценить его водосвязывающую способность. Липкость исследуют также объективными методами – измеряя усилие, необходимое для отрыва от испытываемой поверхности соответственно подобранной пластины. Мерой липкости является величина усилия, приходящаяся на единицу поверхности контакта. Липкость связана с другими явлениями и свойствами продуктов: адгезией, когезией, вязкостью и поверхностным трением. Адгезия проявляется в виде усилия, действующего на границе двух соприкасающихся фаз, и зависит от величины притяжения, действующего между частицами обеих фаз.

Качественно адгезию можно охарактеризовать двумя способами: нарушением контакта одновременно на всех участках площади (рисунок 5 а, г, д) или же путем последовательного отрыва отдельных участков – расслаиванием, отдиранием (рисунок 5 б, в). Оба способа определения адгезионной прочности нашли практическое применение. При первом методе разрушающую нагрузку прилагают в направлении как перпендикулярном к плоскости контакта поверхностей, так и параллельном ей и обычно относят к единице площади поверхности контакта. При втором методе определяют силу, необходимую для расслаивания склейки, ее относят к единице длины. Очень часто адгезию, определяемую при расслаивании, характеризуют не силой, а работой, которую необходимо затратить на отделение адгезива от субстрата.

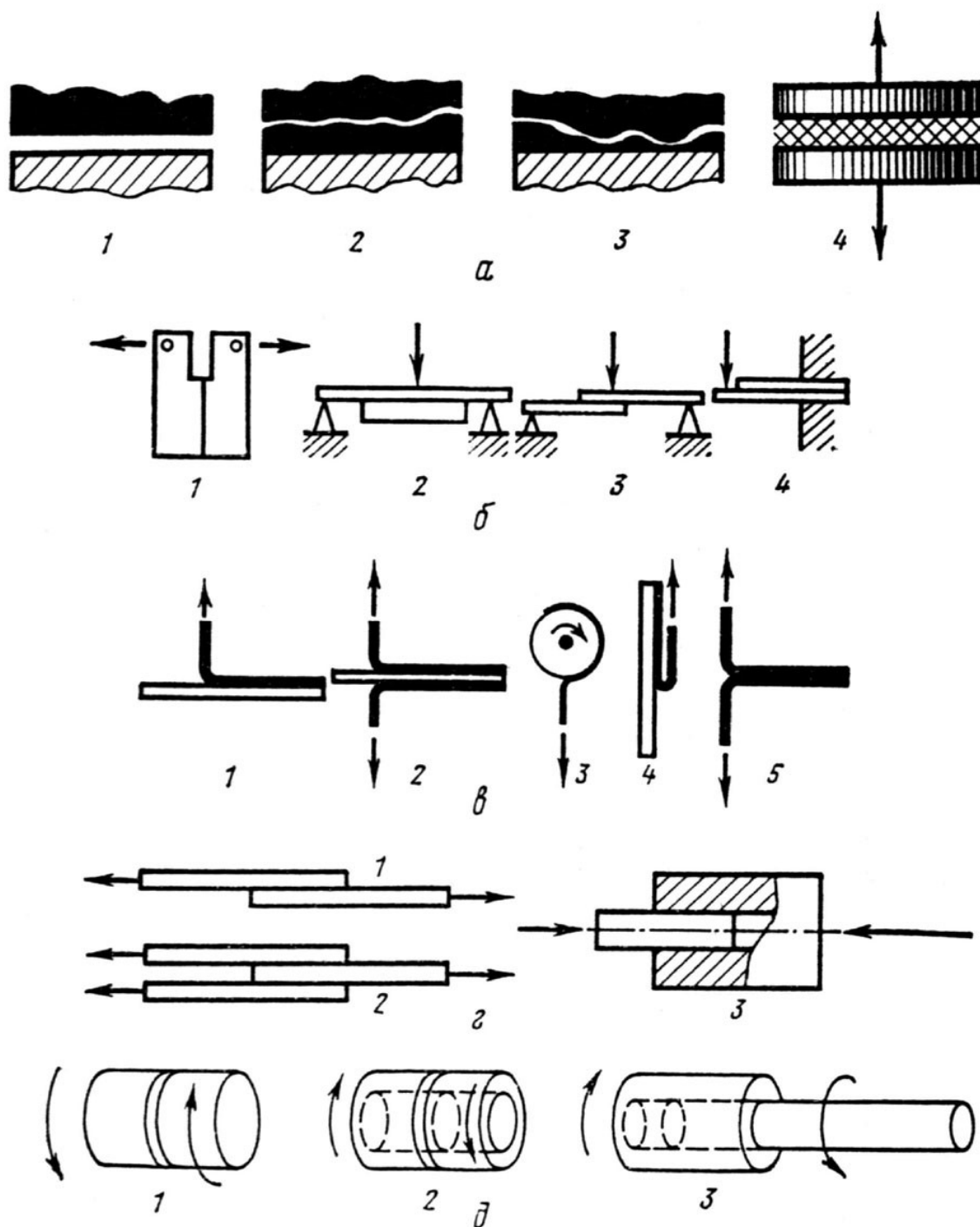


Рисунок 5 – Качество адгезии

Объекты исследования: мясо (в кусках), мясные фарши, растворы клея и желатина, кровь и ее фракции.

Материалы, реактивы, оборудование: нож, мясорубка, конический пластомер, ротационный вискозиметр, вискозиметр Энглера, лабораторная установка для определения адгезионных свойств, прибор для определения липкости.

Подготовка проб

Для определения усилий среза образцов на приборе ПМ-3 на специальном устройстве для вырезания образцов легким нажимом ломтика сырого или вареного продукта на вращающийся трубчатый нож вырезают ровный цилиндрический образец диаметром 10 мм. Полученный образец извлекают с помощью выталкивателя.

Для определения сдвиговых свойств мышечной ткани на коническом пластомере вырезают образцы ткани вдоль и поперек мышечных волокон, по форме и размеру соответствующие кювете прибора, на установках другого типа – соответствующие размерам кюветы используемой установки.

Для определения сдвиговых свойств мясных продуктов на ротационных вискозиметрах и адгезионных свойств на различных лабораторных установках готовят мясной фарш, последовательно измельчая мясо разных видов животных на волчке (мясорубке), куттере, гомогенизаторе или другой машине тонкого измельчения. Диаметр отверстий решетки и продолжительность тонкого измельчения – по заданию преподавателя.

При исследовании реологических свойств крови убойных животных рекомендуется дать сравнительную оценку вязкости цельной крови и ее фракций, для чего цельную стабилизированную кровь рекомендуется разделять на фракции плазмы и форменных элементов сепарированием или центрифугированием в течение 5–8 мин при частоте вращения барабана $25\text{--}42\text{ с}^{-1}$.

Для исследования реологических свойств клея и желатина готовят стандартные растворы: желатина – с массовой долей 10 %, клея – с массовой долей 15 %.

Ход работы

1. Определение усилий резания

Для определения усилия резания включают прибор ПМ-3 тумблером ВК в электросеть. Рукояткой выводят стрелку прибора на нуль и совмещают отверстия в пластине рабочего органа и смещающегося хомута. Подготовленный образец мяса осторожно помещают в образовавшееся цилиндрическое отверстие, вставляют прижимные пластины с ножевой поверхностью на конце в направляющие для срезания излишков мяса и фиксирования образца. Нажатием кнопки «пуск» приводят в движение привод рабочего органа, смещающаяся пластина которого производит срез образца.

Усилие, необходимое для среза образца, передается на тензобалку и через тензодатчик фиксируется в виде пика на ленте потенциометра.

Оформление результатов

Экспериментально полученные данные оформляют в виде таблицы:

Наименование и характеристика образца	Усилие среза
---------------------------------------	--------------

2. Определение сдвиговых свойств на коническом пластомере

Прибор устанавливают по уровню с помощью трех винтов в станине. Готовят модельный материал соответствующей консистенции. Помещают исследуемый образец в кювету прибора. Выравнивают металлической линейкой поверхность модельного фарша так, чтобы масса, находящаяся в сосуде, была вровень с его краями. Кювету с исследуемым образцом устанавливают на столик прибора и поднимают вверх до соприкосновения поверхности с острием конуса. Для значительных перемещений ослабляют стопорный винт механизма подъема столика и свободно перемещают столик; для точной регулировки положения поверхности материала относительно острия конуса пользуются микрометрической гайкой. Контролируют и при необходимости устанавливают нулевое положение индикатора. Нажимают пусковую кнопку, включают секундомер и, слегка придерживая штангу в начальный момент, производят погружение конуса. По мере погружения конуса в материал через каждую минуту фиксируют глубину погружения рифленого конуса по индикатору. Следует считать, что погружение заканчивается через 3–5 мин, так как по истечении этого времени конус погружается на незначительную глубину, чем практически можно пренебречь. Длительность погружения 180–300 с соответствует наибольшему периоду релаксации используемых для исследования материалов.

Для каждого исследуемого образца следует выполнить 5–6 измерений.

Фиксируют величину угла при вершине конуса, константы конуса K , м/кг; массу штанги, конуса и дополнительного груза $m_{\text{общ}}$, кг (при его наличии).

В случае использования дополнительного груза строят тарировочную кривую пружины индикатора в виде зависимости между массой грузов и вызываемых ими перемещений штока индикатора

$$m_{инд} = f(h_{инд}). \quad (1)$$

Для каждого значения величины перемещения штока индикатора $h_{инд}$ определяют соответствующую массу грузов $m_{инд}$. Расчетное значение массы грузов для формулы определяют из соотношения:

$$m = m_{общ} - m_{инд} \quad (2)$$

Для каждого образца вычисляют величины предельного напряжения сдвига (θ , Па) при фиксированной длительности погружения по формуле

$$\theta = K \cdot \frac{m}{h^2} = K \cdot \frac{m_{общ} - m_{инд}}{h^2}. \quad (3)$$

Находят среднее арифметическое значение предельного напряжения сдвига для каждого из вариантов исследуемых образцов по формуле

$$\theta = \frac{\sum \theta_i}{i}, \quad (4)$$

где i – количество измерений.

Оформление результатов

Для каждого варианта исследуемого образца строят график зависимости глубины погружения конуса прибора от длительности погружения.

Экспериментальные величины и расчетные данные вносят в таблицы рекомендуемых ниже форм:

Угол при вершине конуса 2α , град	Константа конуса K, м/кг	Общая масса $m_{общ}$, кг	Масса грузов сопротивления пружины $m_{инд}$, кг	Действительная масса m, кг

Наименование и характеристика образца	Длительность погружения конуса, с	Глубина погружения h, м	Предельное напряжение сдвига θ , Па	Среднеарифметическое значение предельного напряжения сдвига θ_0 , Па
1	30			
	60			
	120			
	180			
	240			

3. Определение адгезионных свойств модельных фаршей

3.1. Для определения адгезионных свойств модельных фаршей используют лабораторную установку.

Основным элементом лабораторной установки являются технические весы 4, над одной из тарелок которых устанавливают скамеечку 1 так, чтобы они не соприкасались. На скамеечку помещают испытуемый образец и прикрывают его измерительной плиткой, которую прикрепляют к коромыслу весов прочной ниткой. На другой тарелке весов помещают стакан. Над весами устанавливают бутылку Мариотта с водой.

Испытуемый образец помещают на скамеечку лабораторной установки и накрывают его измерительной пластиной. Пластину нагружают заданное время грузом с определенной массой. Груз снимают, открывают кран бутылки Мариотта, наполняя водой стакан. Кран закрывают в момент отрыва пластины от поверхности образца, затем уравнивают весы, определяя массу воды в стакане.

Условия эксперимента (высоту слоя продукта, величину нагрузки, продолжительность ее воздействия, массовую долю влаги и жира в модельном фарше) фиксируют в лабораторной тетради.

Адгезия (ρ_0 , Па) определяется как удельная сила нормального отрыва пластины от продукта по формуле

$$\rho_0 = \frac{P_0}{F_0} = \frac{9,81 \cdot m}{F_0}, \quad (5)$$

где P_0 – сила отрыва, Н;

F – геометрическая площадь пластины, м²;

m – масса груза, кг.

Оформление результатов

Экспериментальные и расчетные данные оформляют в виде таблицы:

Наименование образца	Характеристика модельных фаршей, массовая доля компонентов, %			Условия эксперимента		
	влаги	жира	пищевых добавок	Высота слоя образца h, мм	Масса груза m, кг	Продолжительность действия груза τ , мин

5.2. Определение липкости модельных фаршей ведут на приборе Соколова-Большакова.

Метод основан на определении величины усилия, необходимого для разделения двух поверхностей, связанных (склеенных) испытуемым фаршем.

Перед началом работы выдвигают рабочий орган прибора и включают прибор в электросеть. На нижнюю пластину помещают испытуемый образец массой 2 г. Нажатием кнопки «пуск» включают электродвигатель. При этом втулка вместе со штоком, грузом и верхней пластиной перемещается вниз. При достижении верхней пластиной поверхности образца последний подпрессовывается в течение 30 с под действием груза постоянной массы для данного исследуемого продукта.

По истечении установленного времени подпрессовывания электромотор автоматически включается на обратный ход, вследствие чего втулка начинает двигаться вверх. Усилие, необходимое для отрыва верхней пластины от образца, фиксируется на электронном самопишущем приборе.

Конкретные условия определения липкости (масса груза, время нахождения образца под нагрузкой) должны быть предварительно апробированы применительно к изучаемому объекту.

Оформление результатов

Фиксируют условия проведения эксперимента и данные самопишущего устройства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипова, Л. В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л. В. Антипова, И. А. Глотова, И. А. Рогов. – М. : Колос, 2001. – 376 с.
2. В. А. Арет, Б. Л. Николаев, Л. К. Николаев. Реологические основы расчета оборудования производства жиросодержащих пищевых продуктов. учебное пособие [электронный ресурс] / спб: иц «интермедия», 2012. – 536 с. университетская библиотека online.
3. Еркебаев М. Ж., Кулажанов Т. К., Медведков Е. Б. Основы реологии пищевых продуктов. – Алматы, 2006. – 298 с.
4. Крусь Г. Н., Шалыгина А. М., Волокитина З. В. Методы исследования молока и молочных продуктов. – М. : Колос, 2000. – 368 с.
5. Кузнецов О. А., Волошин Е. В., Сагитов Р. Ф. Реология пищевых масс – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2005. – 106 с.
6. Лапина, Г. П. Реология сырья, полуфабрикатов и готовых продуктов питания: учебное пособие / М-во образования и науки Рос. Федерации, ФГБОУ ВПО «Твер. гос. ун-т». – Тверь : Тверской государственный университет, 2011.
7. Малкин А. Я., Исаев А. И. Реология. Концепции, методы, приложения Изд-во: Профессия, 2007. – 560 с.
8. Мачихин Ю. А. Реометрия пищевого сырья и продуктов: Справочник. – М. : Агропромиздат, 1990. – 271 с.
9. Перебейнос А. В. Технологии производства функциональной продукции из продовольственного сырья. М. – Легкая и Пищевая промышленность, 2002–230 с.
10. Рогов И. А. Общая технология мяса и мясопродуктов / И. А. Рогов, А. Г. Забашта, Г. П. Казюлин. – М. : Колос, 2000. – 367 с.
11. Рогов И. В. Физические методы обработки пищевых продуктов. М. : Пищевая промышленность 2004 – 584 с.
12. Тимошенко, Н. В. Технология переработки и хранения продукции животноводства. Учеб. пособие. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 576 с.
13. Федоров Н. Е., Измерение ротационным вискозиметром. М. : Легкая и Пищевая промышленность, 2000 – 104 с.
14. Хлебников В. Н. Технология продовольственных товаров. Учебник. 2-е издание. – М. : Изд.дом «Дашков и К», 2002. – 423 с.
15. Шалыгина А. М. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов. М. : Колос, 2002 – 201 с.

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА
ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ
ИЗ ЖИВОТНОГО СЫРЬЯ
(Часть 2)**

Методические указания

Составители: **Забашта** Николай Николаевич,
Нестеренко Антон Алексеевич

Подписано в печать 04.12.2019. Формат 60 × 84 ¹/₁₆.

Усл. печ. л. – 2,3. Уч.-изд. л. – 1,8.

Тираж 30 экз. Заказ №

Типография Кубанского государственного аграрного университета.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13

