

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Методические указания**  
**по выполнению лабораторных работ**  
по дисциплине ФТД.02 **Пищевые коллоиды**  
для направления 04.04.01 Химия

**Институт: естественно-технологический**  
**Кафедра: технологий пищевых производств**  
**Квалификация выпускника - магистр**

**Мурманск 2019**

**Методические указания разработал – Дубровин Сергей Юлианович профессор кафедры технологий пищевых производств, кандидат технических наук.**

Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Пищевые коллоиды» составлены в соответствии с требованиями рабочей программы. МУ включают цели и задачи, реализуемые при выполнении лабораторных работ, порядок их проведения, методики определения показателей и вопросы для самоконтроля.

МУ изложены логично и могут быть рекомендованы к использованию в учебном процессе для обучения студентов по дисциплине «Пищевые коллоиды» направления подготовки 04.04.01 Химия.

Методические указания обсуждены и одобрены на заседании кафедры технологий пищевых производств 20 мая 2019 г., протокол № 10.

## Оглавление

Лабораторная работа № 1 .....	4
ИЗУЧЕНИЕ ПЕНООБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПИЩЕВЫХ БЕЛКОВ (АЛЬБУМИНОВ) .....	4
Порядок выполнения работы .....	4
Рекомендуемая литература: .....	5
Вопросы для самоконтроля: .....	5
Лабораторная работа № 2 .....	6
ИЗУЧЕНИЕ ГЕЛЕОБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЛИСАХАРИДОВ (АГАРА, КРАХМАЛА).....	6
Порядок выполнения работы .....	6
Рекомендуемая литература: .....	8
Вопросы для самоконтроля: .....	8
Лабораторная работа № 3 .....	9
ИЗУЧЕНИЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ КОДИРОВАНИЯ И ГИГИЕНИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК .....	9
Общие методические указания .....	9
Рекомендуемая литература: .....	11
Вопросы для самоконтроля: .....	11
Лабораторная работа № 4 .....	12
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРООБРАЗОВАТЕЛЕЙ И ВЛАГОУДЕРЖИВАЮЩИХ АГЕНТОВ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ .....	12
Теоретический материал.....	12
Порядок выполнения работы .....	15
Рекомендуемая литература: .....	18
Контрольные вопросы.....	18

## Лабораторная работа № 1

### ИЗУЧЕНИЕ ПЕНООБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПИЩЕВЫХ БЕЛКОВ (АЛЬБУМИНОВ)

#### Цель работы:

Изучить пенообразующую способность пищевых белков

#### Задача работы:

1. Определить пенообразующую способность и устойчивость взбитых растворов альбуминов в зависимости от концентрации и температуры

#### Порядок выполнения работы

1. Определение пенообразующей способности растворов альбуминов

Для проведения исследований готовят растворы альбуминов по следующей рецептуре (табл.1):

Таблица 1.1 - Варианты растворов для исследования

Наименование ингредиентов	1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант
Белок куриного яйца (нативный)	2 г	10 г	20 г	30 г
Вода дистиллированная	198 г	190 г	180 г	170 г

Подготовленные растворы (каждого варианта) разделяют на 4 равные части и быстро охлаждают, помещая стаканы в емкости, заполненные водным льдом. Температура проб для проведения эксперимента должна соответствовать 5, 10, 15 и 20 °С соответственно.

Подготовленные растворы взбивают на миксере до увеличения объема пены в 3-5 раз, при этом следует зафиксировать продолжительность взбивания и объем полученной пены, высоту столба раствора до взбивания и высоту столба пены после взбивания.

Пенообразующую способность растворов альбуминов при взбивании определяют по формуле (1.1):

$$ПС = \frac{H_n \times 100}{H_p}, \quad 1.1$$

где ПС – пенообразующая способность, %;

$H_n$  – высота столба пены, см;

$H_p$  – высота раствора перед взбиванием, см.

2. Определение устойчивости взбитой массы к расслоению

Устойчивость взбитой массы к расслоению находят из соотношения:

$$У = \frac{H_{п2} \times 100}{H_{п0}}$$

где У - устойчивость взбитой массы, %;

$H_{п2}$  – высота столба пены после 2-х часов выдержки, см;

$H_{п0}$  – первоначальная высота столба пены, см.

Результаты исследований оформляют в виде таблицы (1.2):

Таблица 1.2 - Основные результаты исследования

Концентрация растворов	Температура растворов перед взбиванием, °С	Пенообразующая способность, %	Устойчивость взбитой массы, %

Результаты исследований представляют в виде графиков или столбчатых диаграмм в системе координат:

1. по оси абсцисс – концентрация системы, по оси ординат – пенообразующая способность;
2. по оси абсцисс – температура раствора в момент пенообразования, по оси ординат – пенообразующая способность;

В заключении работы необходимо сделать выводы по результатам исследований.

#### **Рекомендуемая литература:**

1. Березин, И. В. Основы биохимии Общебиологическое введение. Статическая биохимия) : учеб. пособие / И. В. Березин, Ю. В. Савин. - Москва : МГУ, 1990. - 254 с.;
2. Филиппович, Ю. Б. Основы биохимии : учебник для пед. ин-тов / Ю. Б. Филиппович. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высш. шк., 1985. - 503 с.;
3. Гельфман, М. И. Коллоидная химия: учебник для вузов / М. И. Гельфман, О. В. Ковалевич, В. П. Юстратов. - Изд. 4-е, стер. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2008. - 332 с.;
4. Коновалова, И. Н. Поверхностные явления, дисперсные системы в пищевой технологии : учеб. пособие для вузов / И. Н. Коновалова; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации ; Федер. агентство по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т. - [2-е изд., перераб.]. - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2006. - 97 с.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Что называется пеной?
2. Какие вещества обладают пенообразующей способностью?
3. Какие свойства белковых веществ обеспечивают процесс пенообразования?
4. От каких факторов зависит устойчивость пен?
5. Приведите примеры пищевых добавок обладающих способностью к пенообразованию.

## Лабораторная работа № 2

### ИЗУЧЕНИЕ ГЕЛЕОБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЛИСАХАРИДОВ (АГАРА, КРАХМАЛА)

#### **Цель работы:**

Изучить гелеобразующую способность полисахаридов на примере агара и крахмала

#### **Задача работы:**

1. Определить зависимость прочностных свойств гелей на основе полисахаридов (агар, крахмал) от концентрации системы

#### **Порядок выполнения работы**

Для проведения исследований готовят растворы полисахаридов по следующей рецептуре и технологии:

– *приготовление крахмального клейстера:*

в соответствии с заданием (табл. 2.1) взвешивают порции крахмала и заливают их холодной водой (1/5 от расчетного количества) для набухания, при этом проводят перемешивание смеси для получения однородной массы. Оставшееся количество воды нагревают до кипения и выливают ее тонкой струйкой при постоянном перемешивании в емкость с крахмальной кашицей. При этом необходимо следить за тем, чтобы загустевая, клейстер был однородным, без сгустков и хлопьев. Допускается дополнительный подогрев массы при постоянном перемешивании для получения однородной смеси;

– *приготовление агарового студня:*

в соответствии с заданием (табл. 2.1) взвешивают порции агара и заливают их холодной водой согласно рецептуре. После настаивания в течение 20-25 минут смесь довести до кипения, при постоянном перемешивании, до полного растворения агара.

Таблица 2.1 – Концентрации смесей для получения гелей

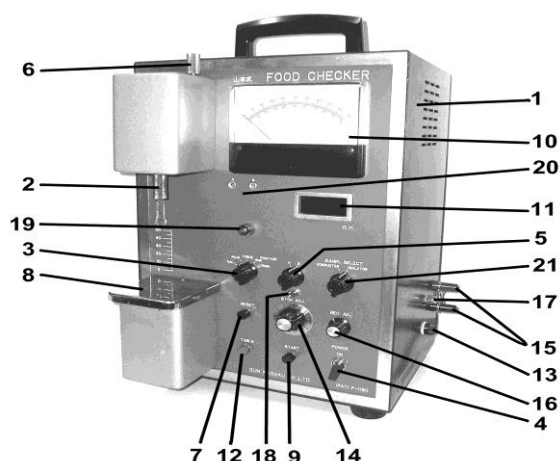
Наименование ингредиентов	Концентрация, %			
	1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант
Крахмал	4	5	6	7
Агар	0,8	1	1,2	1,4

Приготовленные растворы разливают в бюксы (3-4 пробы) и охлаждают до температуры 20 °С. В образцах геля определяют число пенетрации

#### **Определение числа пенетрации («усилия проникновения») геля**

Для оценки структурно-механических свойств пищевых продуктов (прочности, хрупкости, усилия резания, вязкости, пенетрации) используется японский прибор «Food Checker».

*Краткое описание прибора:* «Food Checker» (прочностномер, гелометр) модель 302-B представляет собой комплекс испытательного прибора и измерительного устройства (рис. 1.). Прибор укомплектован набором рабочих органов - инденторов и режущих насадок различной конфигурации и размеров.



1 – корпус; 2 – держатель рабочего органа; 3 – переключатель калибровки; 4 – выключатель электропитания; 5 – переключатель силы нажатия; 6 – регулятор силы нажатия; 7 – выключатель возврата в исходное положение (сброс данных); 8 – стол-подъемник для контрольного образца; 9 – выключатель 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.

Рисунок 2.1 – Прочностомер (гелометр) «Food Checker».

*Принцип действия прибора:* 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.

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

Принцип измерения пенетрации на приборе «Food Checker» 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 испытаний*

Бюксу с подготовленным образцом исследуемого продукта укрепляют на подвижном рабочем столе прибора. Тумблером 3 устанавливают глубину погружения плунжера<sup>1</sup>. С помощью кнопки включения движения стола (12) вручную подводят образец продукта до соприкоснове-

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

ния 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 – Р (г) (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 4.2. Делается вывод о влиянии исследованных факторов на консистенцию продукта.

#### **Рекомендуемая литература:**

1. Пищевые добавки : энциклопедия / Л. А. Сарафанова. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. : Гиорд, 2004. - 790, [2] с.
2. Пищевые добавки : учебник для вузов / А. П. Нечаев, А. А. Кочеткова, А. Н. Зайцев. - М. : Колос : Колос-Пресс, 2002. - 256 с.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Перечислите и охарактеризуйте свойства веществ, используемых в качестве пищевых студнеобразователей.
2. От чего зависит прочность геля, изготовленного с использованием полисахаридов?
3. Что называется синерезисом?
4. Из чего получают агар? Приведите примеры использования агара в пищевой промышленности.
5. Почему в пищевой промышленности для получения гелей часто используются модифицированные крахмалы?



### Лабораторная работа № 3

## ИЗУЧЕНИЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ КОДИРОВАНИЯ И ГИГИЕНИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК

#### **Цель работы:**

Изучить нормативные документы, регламентирующие порядок использования пищевых добавок

#### **Задачи работы:**

2. Определить допустимость использования в Российской Федерации пищевых добавок на примере конкретных видов пищевых продуктов.

3. Охарактеризовать назначение указанных пищевых добавок и дать им краткую токсикологическую оценку с указанием гигиенических нормативов.

#### **Общие методические указания**

1. Для выполнения практической работы студент самостоятельно выбирает продукт(ы), на этикетке которого(ых) указано не менее пяти ссылок на наименования (номера) пищевых добавок, использованных при изготовлении данного(ых) продукта(ов).

2. В соответствии с названием (номером) пищевой добавки на основании приложения 2 ТР ТС 029 делается вывод о возможности использования данной пищевой добавки на территории Российской Федерации и заполняются колонки 1-4 таблицы.

3. В соответствии с приложениями 3 и далее ТР ТС 029 определяется группа(ы) продуктов, в которых возможно применение пищевой добавки, и заполняются графы 5 и 6 таблицы.

4. Заполнение графы 7 осуществляется с использованием справочной литературы (возможно использование ресурса «Интернет») в части технологической и токсикологической характеристики пищевой добавки.

Таблица.

Пищевая добавка		Разрешение на применение в РФ	Технологическая функция	Пищевой продукт	ПДК	Краткая характеристика добавки
Код	Наименование					
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.

Пример оформления таблицы

Пищевая добавка		Разрешение на применение в РФ	Технологическая функция	Пищевой продукт	ПДК	Краткая характеристика добавки
Код	Наименование					
	2.	3.	4.	5.	6.	7.
E 320	Бутилгидроксианизол	Разрешен к использованию	Антиокислитель	Жиры животные топленые и масла растительные для использования в производстве пищевых продуктов с применением высокой температуры	200 мг/кг	Твердое воскообразное вещество; нерастворим в воде, но растворим в органических неполярных и слабополярных растворителях: этанол, метанол, пропиленгликоль, жиры и масла. Может иметь белый, розоватый или беложелтоватый цвет. Имеет также слабый характерный запах. Температура плавления 48-55 °С. Суточная допустимая доза в день составляет 0,5 мг/кг веса. Влияние на организм: условно безопасно. Возможно, является канцерогеном и изменяет клетки ДНК, взаимодействуя с нитратами.
				Жиры и масла (кроме оливкового, полученного прессованием) для жаренья (фритюрные, кулинарные и кондитерские жиры)		
				Лярд, жир говяжий, бараний, птичий, рыбный		
				Мясо сушеное		
				Жевательная резинка	400	
				Картофель сухой	25 мг/кг	
				Эфирные масла	1 г/кг	

### **Рекомендуемая литература:**

1. Технический регламент таможенного союза (ТР ТС 029/2012) Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств.
2. Пищевые добавки: Справочник / А. С. Булдаков. - СПб. : Ut, 1996. - 240 с.
3. Пищевые добавки : энциклопедия / Л. А. Сарафанова. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. : Гиорд, 2004. - 790, [2] с.
4. Пищевые добавки : учебник для вузов / А. П. Нечаев, А. А. Кочеткова, А. Н. Зайцев. - М. : Колос : Колос-Пресс, 2002. - 256 с.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Что называется "Пищевыми добавками" и «Биологически активными добавками»? Приведите примеры веществ, принадлежащих к этим группам.
2. Каково значение пищевых и биологически активных добавок при производстве продуктов питания.
3. Как классифицируются пищевые и биологически активные добавки?
4. Каковы проблемы и перспективы использования добавок в пищевой промышленности.
5. Какие международные организации, занимающиеся проблемами использования пищевых и биологически активных добавок, их роль в разработке международных стандартов на пищевые продукты?
6. Перечислите общие гигиенические и технологические требования к пищевым добавкам.
7. Раскройте порядок определения и расчета гигиенических нормативов, применяемых при токсикологической оценки пищевых и биологически активных добавок.
8. Назовите и обоснуйте преимущества и недостатки использования синтетических и натуральных пищевых и биологически активных добавок.
9. Классификация веществ, изменяющих органолептические свойства продуктов.
10. Приведите примеры пищевых добавок, относящихся к различным функциональным группам.
11. Приведите примеры биологически активных добавок, относящихся к различным функциональным группам.

## Лабораторная работа № 4

# ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРООБРАЗОВАТЕЛЕЙ И ВЛАГОУДЕРЖИВАЮЩИХ АГЕНТОВ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

### **Цель работы:**

Изучить влияние структурообразователей и влагоудерживающих агентов на органолептические, физико-химические и реологические свойства пищевых продуктов.

### **Задачи работы:**

- 1) Изучить влияние структурообразующих и влагоудерживающих добавок:
  - на органолептические свойства и выход готового продукта.
  - на влагоудерживающую способность (ВУС) продукта,
  - на реологические показатели (число пенетрации).
- 2) Сделать вывод о влиянии данной группы добавок на органолептические, физико-химические и реологические свойства пищевых продуктов.

### **Теоретический материал**

Вода, содержащаяся в мышечной ткани, неоднородна по своим физико-химическим свойствам и биологической роли, она условно подразделяется на связанную и свободную. В животных организмах вода входит в состав коллоидных, главным образом белковых систем. Основная часть (80-90 %) воды в тканях является связанной.

Существует несколько классификаций форм связи воды. Согласно широко распространенной классификации форм связи воды с материалом, предложенной П.А. Ребиндером, различают химическую, физико-химическую и механическую формы связи воды.

*Химическая связь* является наиболее прочной; она влияет на химическую природу вещества и нарушается с большим трудом, например при прокаливании. Вода в этом случае входит в состав вещества в определенных количественных соотношениях (например,  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ). При обычной тепловой сушке рыбы связанная вода не удаляется.

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

*Адсорбционно-связанная вода* - это вода, связывание которой происходит за счет большой поверхности и свободной поверхностной энергии коллоидных тел, характеризующихся высокой дисперсностью частиц.

При адсорбции воды выделяется теплота - теплота гидратации, в которую переходит потенциальная энергия поверхностных слоев. Влага, поглощаемая материалом с выделением теплоты и контракцией системы, называется гидратационной массовой долей влаги. Т.о. процесс гидротации - это процесс присоединения адсорбционной влаги. Адсорбционно связанная вода не является растворителем, плотность ее несколько отличается от единицы, диэлектрическая проницаемость этой влаги меньше, чем у свободной, замерзает она при более низкой температуре.

По экспериментальным данным 1 г сухой массы белков животного происхождения связывает от 0,15 до 0,41 г воды.

*Осмотически связанная влага.* По теории С.М. 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.

При поглощении телом жидкости и образовании осмотически связанной влаги не происходит выделение тепла или контракции системы. Такой процесс называется набуханием.

*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 микрока-

пилляры не только при непосредственном соприкосновении с ним, но и путем сорбции из влажного воздуха. Влага макрокапилляров находится в капиллярах, средний радиус которых больше  $10^{-7}$  м.

Микрокапилляры обладают свойством конденсировать влагу из насыщенного влагой воздуха. Макрокапилляры таким свойством не обладают.

Свободная, а также осмотически и капиллярно-связанная вода является растворителем для экстрактивных веществ и определяет диффузионно-осмотический обмен в тканях.

В организме не существует резко выраженной границы между свободной и связанной влагой. Если проявляется действие факторов, ослабляющих гидрофильные свойства веществ тканей (добавление электролитов, повышение температуры и т.п.), то содержание связанной воды уменьшается. В результате механического воздействия на ткани рыбы (измельчение, прессование и т.п.) некоторая часть влаги может быть выделена в виде мышечного сока, содержащего водорастворимые органические и неорганические вещества. Потери мышечного сока при обработке или хранении рыбы сопровождается ухудшением присущих ей вкусовых и ароматических свойств, а также уменьшению сочности мяса. В связи с этим при определении качества продуктов питания широко используется такой показатель, как водоудерживающая способность (ВУС) мышечной ткани. Влагоудерживающая способность фарша - это разность между содержанием влаги в фарше и количеством влаги, отделившейся в процессе технологической обработки. От функционально-технологических свойств пищевых добавок будет зависеть выход готовой продукции, ее сочность, нежность. Кроме внешних факторов на ВУС заметное влияние оказывают посмертные изменения, протекающие в тканях.

Придание пищевым изделиям в процессе производства заданной формы и структуры - одна из основных задач технологии пищевых продуктов.

Структура, или внутреннее строение, пищевых продуктов рассматривается как взаимораспространение их составных частей и связь между ними.

Существует прямая зависимость структурно-механических показателей и влагоудерживающей способности (ВУС) фаршевого полуфабриката от величины соотношения количества белков, растворимых в растворах с высокой ионной силой, к белкам, растворимых в растворах с малой ионной силой (водорастворимым) – белкового коэффициента, принятого в практике за коэффициент структурообразования.

При ВУС менее 50% фарш получается рассыпчатым, неспособным к формованию. Для повышения формирующих свойств и ВУС используют функциональные пищевые добавки – структурообразователи. При добавлении различных пищевых добавок изменяются органолептические и физико-химические свойства полуфабриката. Кроме того, некоторые пищевые добавки могут повлиять на технологический процесс получения готового продукта и скорость обезвоживания.

Структурообразователи вносят в состав пищевых продуктов с разнообразными целями, в частности, для загущения, эмульгирования, водоудержания, пенообразования, флокуляции, седиментации, ингибирования кристаллизации и черствления и т.д.

Кроме структурообразователей, влияние на реологические свойства фаршей могут оказать и влагоудерживающие агенты.

*Влагоудерживающие агенты* - гигроскопичные вещества, вводятся в состав пищевых продуктов, для повышения их влагоудерживающей способности в основном за счет упрочнения связи воды с материалом.

Перечень влагоудерживающих агентов, разрешенных к применению при производстве пищевых продуктов в РФ достаточно широк. Для этой цели в пищевой промышленности используют: лецитины (Е 322), лактаты (Е 325 – 327), фосфаты (Е 339-343), альгиновую кислоту (Е 400) и альгинаты (Е 401-404), агар (Е 406), сорбит и сорбитовый сироп (Е 420), глицерин (Е 422), пектины (Е 440), пирофосфаты (Е 450), полифосфаты (Е 452), и другие вещества.

В качестве влагоудерживающих агентов при производстве продуктов питания наиболее распространенным является использование фосфатов (Е 339 - Е 343).

Чтобы создать оптимальные условия для набухания белков мышечных волокон и, тем самым повлиять на консистенцию продукта, фосфаты добавляют непосредственно в мясные и рыбные изделия. Так, например, при изготовлении колбасы дозировка фосфатов составляет 0,5 %, а при производстве рыбных фаршей и филе - 0,2 % от массы продукта.

Консистенция фаршевого продукта инструментально может быть охарактеризована через структурно-механические свойства (СМС) материала. Использование инструментальных методов контроля консистенции по структурно-механическим характеристикам по сравнению с органолептическими имеет существенные преимущества: увеличивается точность измерений, метод имеет высокую воспроизводимость.

Одним из наиболее часто используемых методов исследования СМС пищевого сырья и продукции является пенетрация (зондирование).

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.

Пенетрацией называется метод исследования СМС 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. Данный метод является универсальным, позволяющим измерять наиболее чувствительную характеристику - предельного напряжения сдвига (ПНС) вязко-пластичных (фаршеобразных) и упругоэластичных (мясо, рыба) продуктов.

*Предельным напряжением сдвига* или *пределом текучести* называется минимальное напряжение, при котором происходит пластическое или вязкое течение материала. Эта физико-механическая величина характерна и для пищевых материалов, которые по своим свойствам занимают промежуточное положение между твёрдыми упругими телами и вязкими жидкостями. ПНС определяет способность материала сохранять свою форму под действием силы тяжести.

Величина ПНС ( $\tau_0$ ), может быть определена по формуле (4.1) П.А. Ребиндера:

$$\tau_0 = \frac{K_\alpha \times P}{h^2} \quad (4.1)$$

где  $P$  — усилие пенетрации, Н;

$h$  — глубина погружения конуса, м;

$K_\alpha$  константа конуса (3.2), зависящая только от угла  $\alpha$  - при вершине:

$$K_\alpha = \left(\frac{1}{\pi}\right) \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \operatorname{ctg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (4.2)$$

Для наиболее распространенных конусов  $K_\alpha$  равно:

$\alpha$ , град	10	20	30	45	60	90
$K_\alpha$	71,05	30,30	9,40	4,08	2,05	0,715

Снижение ПНС с увеличением количества структурообразователей можно объяснить их способностью к гелеобразованию, при котором за счет взаимосвязи набухших мицелл и гидрофильной оболочкой частиц фарша формируется коллоидная система. Образованная таким образом пространственная структурная сетка обладает эластичностью, что придает фаршевому продукту способность оказывать меньшее сопротивление внешнему воздействию индентора прибора пенетрометра.

С погружением конуса в массу растёт поверхность, по которой действуют напряжения сдвига, которые при этом постепенно уменьшаются. Наконец, при определённой глубине погружения наступает остановка. В этот момент поверхность, по которой действуют напряже-

ния сдвига равна величине предельного напряжения сдвига. Примеры зависимости величины предельного напряжения сдвига от свойств материала, представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Классификация пищевых материалов

Оценка материала	Предельное напряжение сдвига, $10^{-2}$ Па
Очень мягкий, почти текучий	< 50
Очень мягкий, но не размазывающийся	50-100
Мягкий, размазывающийся	100-200
Пластичный, размазывающийся	200-800
Твердый, но не со способностью к размазыванию	800-1000
Слишком твердый с ограниченной способностью к размазыванию	1000-1500
Слишком твердый	>1500

### Порядок выполнения работы

Каждый обучающийся получает сырье и задание по использованию пищевой добавки в работе, а также способу термической обработки сырья.

Мороженую рыбу размораживают и тщательно промывают. Промытую рыбу разделяют на филе обесшкуреное, удаляя реберные кости. Обесшкуреное филе дважды измельчают на мясорубке, после чего тщательно растирают в ступке до получения однородной консистенции. Измельчение необходимо для разрушения структуры тканей. При измельчении увеличивается поверхность частиц, что способствует повышению количества адсорбционно-связанной влаги. Масса пробы должна быть не менее 300 г.

Подготовленную пробу делят на три равные части.

В одну часть фарша вносят структурообразователь или влагоудерживающий агент. Вид пищевой добавки и её дозировку определяет ведущий преподаватель. Фарш с добавками тщательно перемешивают и выдерживают 15 минут.

Вторую часть пробы (без структурообразователя) используют в качестве контроля.

Третья часть пробы служит для определения органолептических и физико-химических (ВУС и число пенетрации) показателей в исходной продукте.

Из первых двух частей проб фарша (с пищевой добавкой и без нее) формируют изделия шарообразной формы, определяют их массу и проводят термическую обработку (СВЧ нагрев, бланширование паром, обработку ИК-лучами, обжаривание) полуфабрикатов в соответствии с полученным заданием.

После термической обработки образцы фаршей (с пищевой добавкой и без нее) охлаждают до температуры не выше 20°C, а затем определяют выход готового продукта, его органолептические показатели, ВУС и число пенетрации.

Перед определением ВУС и числа пенетрации, формованные изделия (с добавкой и без неё) тщательно растирают в ступке до получения однородной консистенции. В полученных пробах определяют ВУС и число пенетрации.

Результаты исследований заносят в таблицу 4.2.

## Результаты испытаний формованного продукта

Показатель	Проба фарша		
	Без термической обработки	После термической обработки	
		без пищевой добавки	с добавлением пищевой добавки
	Вид термообработки		
Наименование и количество пищевой добавки, % от массы фарша	-	-	
Масса фарша, г			
Выход продукта, %	-		
Органолептические показатели:			
внешний вид (состояние поверхности, целостность)			
консистенция			
ВУС, %			
число пенетрации, г			

После проведения испытаний необходимо сделать вывод о влиянии структурообразователя или влагоудерживающего агента на свойства продукта.

### **Методы исследований**

Определение влагоудерживающей 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**

Показатель ВУС определяют в исходном фарше (до термообработки), а также фаршах после термообработки, как без добавки, так и с внесенной пищевой добавкой.

Навеску фарша 0,3 г взвешивают с точностью  $\pm 0,005$  г на подложке из полиэтилена. Взвешенную навеску переносят на фильтровальную бумагу, размещенную на стеклянной пластинке так, чтобы навеска фарша лежала на фильтровальной бумаге в ее геометрическом центре.

Сверху на полиэтиленовую подложку, накрывающую фарш, кладут стеклянную пластинку, на которую ставят гиру массой 1 кг.

Выдерживают фарш под прессом точно 10 мин. По окончании прессования фильтр аккуратно освобождают от навески, очерчивают ручкой или карандашом контур пятна вокруг прессованного мяса ( $S_2$ ) и контур пятна, образуемого влагой, выделившейся из навески фарша ( $S_1$ ). Площадь пятен  $S_1$  и  $S_2$  следует определить по границе распространения с помощью миллиметровой бумаги.

Площадь влажного пятна ( $S$ ) находят как разность по формуле 3.3:

$$S = S_1 - S_2 \quad (4.3)$$



ВУС мышечной ткани определяют по формуле 1.4:

$$\text{ВУС} = \frac{(A - 0,0084 \times S)}{m} \times 100\%, \quad (4.4)$$

где: **A** – масса воды в образце фарша, г;  
 0,0084 – содержание воды в 1 см<sup>2</sup> влажного пятна, г;  
**S** – площадь влажного пятна, см<sup>2</sup>;  
**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.

Массу воды (**A**) в фарше, взятом для прессования, рассчитывают по формуле 4.5:

$$A = m \times x, \quad (4.5)$$

где: **m** – масса образца фарша, взятого для определения ВУС, г;  
**x** – массовая доля воды в исследуемом фарше (определенная на приборе Чижовой), доли единицы.

Для расчета ВУС в мышечной ткани необходимо дополнительно определить содержание воды в исследуемой пробе.

**Определение 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.*

**Проведение испытаний:**

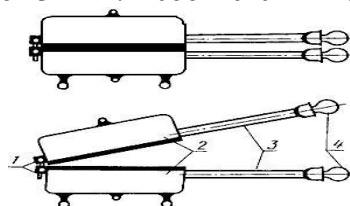
Прибор Чижовой (рис. 4.1) нагревают до температуры обезвоживания исследуемого образца (155°С) в соответствии с установленным режимом.

Для изготовления бумажных пакетов, лист фильтровальной бумаги размером 15×15 см складывают по диагонали пополам и края загибают в одну сторону на 1 см (при определении воды в жирных пробах, навеску помещают в два бумажных пакета).

Приготовленные пакеты просушивают 3 мин. между нагретыми плитами прибора при температуре, при которой будет высушиваться навеска (155 °С) и переносят в эксикатор для охлаждения. После этого пакеты взвешивают с абсолютной погрешностью не более 0,01 г.

Навеску анализируемой пробы 3-5 г (взвешенную с абсолютной погрешностью не более 0,01 г) помещают в предварительно высушенный и взвешенный пакет и распределяют ее шпателем ровным тонким слоем по внутренней стороне пакета. Шпатель вытирают о внутреннюю сторону пакета.

Пакет с навеской складывают, взвешивают (с точностью до 0,01 г) и помещают между плитами прибора ВЧМ и выдерживают 3 мин. в соответствии с режимом обезвоживания.



1 - шарниры; 2 - металлические плиты; 3 - ручка; 4 - термометры

Рисунок 4.1 - Прибор ВЧМ Чижовой

Таблица 4.3

Режим обезвоживания пробы исследуемого продукта		
Масса анализируемой пробы, г	Температура высушивания, °С	Продолжительность высушивания, мин.
2-4	155	5-7

Массовую долю воды (x) вычисляют по формуле 4.6:

$$x = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1 - m} \times 100\%, \quad (4.6)$$

где: m – масса пакета, г.,

$m_1$  – масса пакета с навеской до обезвоживания, г.,

$m_2$  – масса пакета с навеской после обезвоживания, г.

Допускаемые расхождения между параллельными определениями не должны превышать 0,5%.

### Определение числа пенетрации («усилия проникновения») фарша

Описание прибора «Food Checker» и принцип его действия представлены в лабораторной работе № 2.

#### *Проведение испытаний*

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 плунжера<sup>2</sup>. 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 – Р (г) (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 4.2. Делается вывод о влиянии исследованных факторов на консистенцию продукта.

#### **Рекомендуемая литература:**

1. Технический регламент таможенного союза (ТР ТС 029/2012) Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств.
2. Пищевые добавки: Справочник / А. С. Булдаков. - СПб. : Ut, 1996. - 240 с.
3. Пищевые добавки : энциклопедия / Л. А. Сарафанова. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. : Гиорд, 2004. - 790, [2] с.
4. Пищевые добавки : учебник для вузов / А. П. Нечаев, А. А. Кочеткова, А. Н. Зайцев. - М. : Колос : Колос-Пресс, 2002. - 256 с.

#### **Контрольные вопросы**

1. Как классифицируются структурообразователи?
2. Какие вещества называются влагоудерживающими агентами?
3. Какие структурообразователи могут быть использованы в качестве влагоудерживающих агентов?
4. Перечислите и кратко охарактеризуйте реологические показатели, применяемые при контроле качества фаршей.

---

<sup>2</sup> Глубину погружения (4 или 10 мм) и диаметр насадки плунжера (4 или 8 мм) подбирают экспериментально в зависимости от прочностных характеристик продукта.

1. Как влияют структурообразователи и влагоудерживающие агенты на реологические свойства фаршей?
2. В чем сущность метода определения предельного напряжения сдвига (ПНС).
3. На какие показатели рыбного сырья влияет ПНС?
4. Что называют реологическим телом?
5. На какие свойства рыбного фарша влияет ВУС?
6. На какие реологические показатели рыбного сырья влияют вносимые стабилизирующие добавки?
7. Объясните влияние стабилизирующих добавок на органолептические и реологические свойства пищевых продуктов?
8. Приведите примеры веществ, изменяющих водоудерживающие свойства продуктов. Каковы способы их применения?