

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
«ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ»**

**Суми
2021**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
«ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ»**

*для студентів спеціальності 181 «Харчові технології»
ступеня вищої освіти бакалавр денної та заочної форми навчання
ОПП «Харчові технології»*

**Суми
2021**

УДК 664

К 65

Укладачі: Пивоваров П.П., д.т.н., професор; Гринченко О.О., д.т.н., професор; Пивоваров Є.П., д.т.н., професор; Горальчук А.Б., д.т.н., професор; Тищенко О.П., д.т.н., професор; Гринченко Н.Г., д.т.н., професор; Перцевой Ф.В., д.т.н., професор; Рябець О.Ю., к.т.н., ст. викладач; Черемська Т.В., к.т.н., доцент; Нагорний О.Ю., к.т.н., доцент; Омельченко С.Б., к.т.н., доцент; Мельник О.Ю., к.т.н., доцент; Боковець С.П., аспірант;

К 65 Конспект лекцій з дисципліни «Теоретичні основи харчових технологій» для студентів спеціальності 181 «Харчові технології» ступеня вищої освіти бакалавр денної та заочної форми навчання ОПП «Харчові технології» / укладачі Пивоваров П.П., Гринченко О.О., Пивоваров Є.П., Горальчук А.Б., Тищенко О.П., Гринченко Н.Г., Перцевой Ф.В., Рябець О.Ю., Черемська Т.В., Нагорний О.Ю., Омельченко С.Б., Мельник О.Ю., Боковець С.П., – Х. : СНАУ, 2020. – 202 с.

В методичних рекомендаціях описані види навчально-методичних видань та їх роль в навчальному процесі, приведена характеристика навчальних занять, їх науково-методичне забезпечення, структура, порядок оформлення та підготовки до видання методичних матеріалів, а також зразки навчальних та робочих навчальних видань з коментарями щодо їх підготовки.

Рецензенти:

Кравченко М.Ф., д.т.н., професор кафедри технології і організації ресторанного господарства КНТЕУ;

Дорохович В.В., д.т.н., професор кафедри технології хлібопекарських і кондитерських виробів НУХТ.

Відповідальний за випуск:

Перцевой Ф.В., д.т.н., професор кафедри технології харчування СНАУ

Рекомендовано до видання навчально-методичною радою факультету харчових технологій. Протокол № 4 від « 4 » лютого 2020 року

ЗМІСТ

Змістовий модуль 1 Основні закономірності харчових технологій Фізико-хімічні та хімічні основи харчових технологій.....	6
Лекція 1.1 Вступ.....	6
Лекція 1.2 Найважливіші технологічні поняття та визначення (2 год)....	8
Лекція 1.3 Системний підхід до удосконалення технології	11
Лекція 1.4 Фізико-хімічні та біохімічні закономірності харчової технології	19
Лекція 1.5 Технологічні закономірності харчової технології	28
Лекція 1.6. Колоїдний стан та утворення дисперсних систем харчових продуктів	30
Лекція 1.7 Структурно-механічні (реологічні) властивості харчових мас	50
Змістовий модуль 2 Зміна властивостей основних складових частин сировини в процесі технологічної обробки	58
Лекція 2.1 Систематизація складових частин їжі та харчових продуктів... ..	58
Лекція 2.2 Білки і зміна їх властивостей під впливом технологічного процесу	62
Лекція 2.3 Вуглеводи в технологічному процесі виробництва продуктів харчування	76
Лекція 2.4. Жири і зміна їх властивостей під впливом технологічного процесу	92
Лекція 2.5 Вода та її значення в технологічних процесах	99
Лекція 2.6 Вітаміни та мінеральні речовини в технологічному процесі виробництва продуктів харчування	105
Змістовий модуль 3 Харчові продукти та їхні зміни під час теплової обробки.	116
Лекція 3.1. Харчові продукти як джерело білкових речовин	116
Лекція 3.2. Харчові продукти як джерело харчових жирів	128
Лекція 3.3 Харчові продукти як джерело вуглеводів	135
Лекція 3.4. Вода в харчових продуктах	144
Лекція 3.5. Термічна обробка сировини	146
Змістовий модуль 4 Біохімічні та мікробіологічні основи технології.....	155
Лекція 4.1. Ферменти в харчовій промисловості.....	155
Лекція 4.2. Бродильні мікроорганізми та бродіння	163
Лекція 4.3. Загальні проблеми формування кольору, смаку та запаху харчових продуктів	167
Лекція 4.4 Комплексність смакових відчуттів	171
Лекція. 4.5. Теоретичні основи запобігання псуванню сировини та продуктів під час зберігання	176
СПИСОК ТЕРМІНІВ	184
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	193

ВСТУП

Колектив авторів висловлює подяку проф. Прасолу Д.Ю. за методичні матеріали та напрацювання, які були використанні при написанні даного посібника.

Дисципліна «Теоретичні основи харчових технологій» призначена для студентів спеціальності 181 «Харчові технології».

Конспект лекцій складено у відповідності з робочою програмою та навчальним планом, що передбачає набуття студентами теоретичних знань щодо складових частин харчових та поживних речовин, їх функціонально-технологічних особливостей закономірностей процесів, які є основоположними під час виробництва харчової продукції, традиційних та перспективних технологій комплексної переробки сировини та її вдосконалення.

Дисципліна «Теоретичні основи харчових технологій» базується на знаннях, одержаних студентами під час вивчення фундаментальних та загально-інженерних дисциплін. Особливе значення для розуміння питання, що піднімаються у курсі, мають знання, придбані студентами під час вивчення таких дисциплін як «Органічна хімія», «Фізична та колоїдна хімія», «Процеси та апарати харчових виробництв», «Фізика», «Товарознавство харчових продуктів».

У конспекті лекцій наведено узагальнені матеріали, що засновані на аналізі існуючої інформації про властивості харчових продуктів та харчових систем, їх перетворенні у технологічному потоці, а також на результатах науково-дослідних робіт фахівців університету з проблем вдосконалення технології виробництва харчової продукції.

Під час складання конспекту лекцій використовувалися вітчизняні та зарубіжні літературні джерела. Наведений матеріал не є вичерпним, а стислим з основними положеннями, що необхідні для правильного його засвоєння. Деяка частина матеріалу наводиться ширше, що викликано або відсутністю достатньої інформації для самостійного освоєння, або неоднозначним його трактуванням.

Дисципліна «Теоретичні основи харчових технологій» займає важливе місце в системі підготовки здобувачів вищої освіти бакалаврів зі спеціальності 181 «Харчові технології» та магістрів галузі ресторанного господарства, оскільки забезпечує формування у майбутнього фахівця базових знань щодо закономірностей технологічних процесів у закладах харчування.

Змістовий модуль 1
Основні закономірності харчових технологій
Фізико-хімічні та хімічні основи харчових технологій

Лекція 1.1 Вступ (2 год).

1. Сучасний стан і перспективи розвитку харчової промисловості України.
2. Об'єкт предмет та завдання курсу.
3. Мета вивчення дисципліни.

Рекомендована література для вивчення теми: [1].

1. Сучасний стан і перспективи розвитку

Індустрія агропромислового комплексу України добре розвинена, вона нараховує безліч спеціалізованих підприємств 30 галузей з випуску харчових продуктів.

Аналіз споживання основних груп харчових продуктів свідчить, що повсякденне харчування більшості мешканців України зорієнтовано на тваринні жири, хлібобулочні, макаронні, кондитерські вироби, цукор.

Споживаються ці продукти в кількостях, що перевищують фізіологічні норми. Незбалансоване харчування, особливо в умовах погіршення екологічної ситуації, не тільки знижує фізичний і інтелектуальний потенціал населення, а і є причиною розвитку ряду захворювань.

Одним з головних завдань агропромислового комплексу країни є удосконалення етапів зберігання й переробки сировини. В економічно розвинених країнах харчова індустрія забезпечує комплексну переробку сільськогосподарської продукції на безвідходній основі з максимальним використанням її компонентів на харчові потреби. У нашій країні проблема комплексної переробки сировини ще потребує вирішення.

Держхарчопром України розробив спеціальні заходи, що спрямовані на подолання продовольчої кризи в нашій країні, стабілізацію виробництва продуктів харчування й підвищення його ефективності. Цими заходами передбачено вирішення ряду технологічних завдань:

- підвищення конкурентоспроможності продукції;
- постійний пошук резервів збільшення випуску продукції, ліквідація диспропорцій у розвитку окремих галузей;
- розробка й впровадження ресурсозберігаючих технологій, дотримання науково обґрунтованих норм витрат і нормативів втрат сировинних і матеріальних ресурсів;
- підготовка й проведення сертифікації харчової продукції за показниками безпеки для життя й здоров'я людей;
- широка реклама харчової продукції вітчизняного виробництва й науково-технічних розробок шляхом проведення виставок, ярмарок, аукціонів та ін.;
- створення регіональних органів сертифікації засобів виміру й

автоматизації;

– розробка й впровадження технологій виробництва пакувальних матеріалів і тари;

– розширення виробництва замінників імпортової сировини й матеріалів.

2. Об'єкт, предмет та завдання курсу

Об'єктом дисципліни є технології харчових продуктів, причини та закономірності їх змін під впливом технологічних чинників.

Предметом дисципліни є вивчення основних закономірностей органолептичних, фізико-хімічних, структурно-механічних, колоїдних, біохімічних та мікробіологічних змін в сировині під час технологічного процесу та формування основних показників якості готової до споживання продукції.

Основним **завданням дисципліни** є визначення основних чинників, що впливають на закономірності формування показників якості харчових продуктів і їжі та взаємозв'язок органолептичних показників продуктів з їх складом і структурою та їхнього перетворення під час технологічної обробки.

Дисципліна сприяє:

– формуванню наукового підходу до питань взаємозв'язку між базовими та прикладними дисциплінами, уявлення про цілісність та закономірності побудови різних харчових технологій;

– поглибленню знань та практичних навичок в узагальненні конкретних технологічних процесів, що сприяють вирішенню питання оптимізації виробництва харчової продукції та розробки нових технологій;

– оволодінню професійними знаннями, навичками та вміннями в області створення та обґрунтування технологічних засобів, які підвищують харчову та біологічну цінності за одночасним забезпеченням безпеки їжі.

Дисципліна «Теоретичні основи харчових технологій» тісно пов'язана та базується на фундаментальних дисциплінах, а саме фізиці, органічній хімії, біохімії, фізичній та колоїдній хімії. Крім фундаментальних дисциплін важливе значення для вивчення теоретичних основ харчових виробництв відіграють спеціальні дисципліни «Процеси та апарати харчових виробництв», «Товарознавство харчових продуктів», «Технічна мікробіологія», «Фізіологія харчування» та ін.

3. Мета вивчення дисципліни

Метою дисципліни «Теоретичні основи харчових технологій» є придбання, систематизація та закріплення теоретичних знань щодо:

– складу та властивостей харчових продуктів, їжі, технологічних систем (сировини, напівфабрикатів);

– побудови технологічного потоку у вигляді організації технологічного

процесу;

- технологічних факторів, що призводять, до стану кулінарної готовності;
- вибору науково обґрунтованих методів технологічного впливу на харчові системи;
- закономірностей зміни харчових продуктів та їх складових під впливом технологічних чинників.

Запитання для самоперевірки:

1. *Перспективи розвитку харчової промисловості України.*
2. *Мета вивчення дисципліни.*
3. *Об'єкт дисципліни.*
4. *Предмет дисципліни.*
5. *Завдання курсу.*
6. *Зв'язок дисципліни «Теоретичні основи харчових технологій» з іншими дисциплінами.*

Лекція 1.2 Найважливіші технологічні поняття та визначення (2 год).

1. Основні етапи розвитку харчової технології.
2. Найважливіші технологічні поняття та визначення.

Рекомендована література для вивчення теми: [1].

1. Основні етапи розвитку харчової технології

Харчова технологія пройшла **чотири етапи** розвитку.

- *Перший етап* (XVIII століття) – збір рецептів і опис технологічних операцій без аналізу.
- *Другий етап* – спроба аналізу фізико-хімічних явищ та їх трактування з точки зору науки.
- *Третій етап* – це виникнення вчення про одиничні технологічні процеси.
- *Четвертий етап* – сучасний етап, використання теоретичних основ процесів і апаратів та методів теорії систем, теорії оптимізації, математичного моделювання.

Харчова технологія відноситься до області прикладних знань, має характерні об'єкти та предмети.

Об'єкт харчової технології – технологічні лінії, операції, процеси.

Предметом харчової технології є система понять, категорій, принципів, законів, які склалися в харчовій технології. Предметом є харчові продукти, методи визначення їх якості, кількості, конкретна проява законів в даній технології, основні закономірності протікання процесів.

Як прикладна наука технологія є інтегральною і ґрунтується на реалізації принципів і закономірностей різних фундаментальних наук.

В теоретичних основах технології найбільш широко використовуються три типи **описання властивостей та закономірностей** технологічного процесу:

- параметричне описання;
- функціональне описання;
- морфологічне описання.

Параметричне описання властивостей ознак не розкриває закономірностей технологічного процесу, а тільки фіксує їх.

Функціональне описання визначає кількісні залежності між окремими елементами технологічного процесу, які можуть бути отримані експериментально або аналітично. Під час реалізації функціонального описання визначаються зв'язки структури виробничого процесу.

Морфологічне описання визначає взаємозв'язок властивостей та ознак і їх відносини на кожній операції. До них відносяться статистичні, кінетичні закономірності якісного і кількісного характеру, за допомогою яких встановлюють технологічні режими і динамічні властивості окремих стадій.

Технологія – це галузь знань прикладного характеру, яка займається вивченням способів виробництва продуктів і яка використовує серед них найбільш економні науково-обґрунтовані та сприятливі до забезпечення необхідного рівня якості кінцевого продукту.

Задачі харчової технології поділяються на первинні та вторинні.

До первинних задач харчової технології входить:

- забезпечення необхідної якості і безпеки продукції;
- застосування процесів, які не спричиняють шкоди людині і довкіллю;
- забезпечення ефективності виробництва.

До вторинних задач харчової технології входить:

- пошук нової сировини;
- розробка нових способів впливу;
- раціональне використання ресурсів;
- удосконалення методів контролю якості.

2. Найважливіші технологічні поняття та визначення

Технологічні терміни та поняття в практичній та науковій діяльності складають понятійний апарат, за допомогою якого функціонування технологічної системи може піддаватися технічному та технологічному опису, стандартизації, уніфікації. При трактуванні технологічних термінів і визначень важливим є їх однозначність тлумачення, тому багато з них закріплені відповідними нормативними документами та стандартами. Важливою на сучасному етапі є адаптація термінів та визначень до відповідного понятійного апарату, характерного для світової спільноти, що суттєво полегшує взаємозв'язки.

Основними термінами є:

Технологічна операція – дія або технологічний вплив на предмет, які протікають у певному місці за певний час, метою яких є досягнення певних

властивостей та кондиції предметом. Як правило операція характеризується однотоктністю.

Технологічна стадія – сукупність дій (операцій) та технологічних впливів, які забезпечують досягнення предметом певних технологічних кондицій (ступеня готовності). У закладах ресторанного господарства для багатьох технологічних процесів характерне отримання продуктів (їжі) у вигляді напівфабрикатів. Різноманіття впливів в межах технологічних стадій призвело до того, що розрізняють напівфабрикати різного ступеня готовності.

Технологічний процес – сукупність всіх стадій, та технологічних операцій, пов'язаних між собою за певною логічною схемою, які під час побудови і реалізації технологічної системи забезпечують технологічне перетворення предмету з отриманням кінцевого за технологічною схемою готового продукту (ГП) з заданими властивостями та якістю. Під час розглядання технологічного процесу як системи технологічних операцій, як правило, приймають форму «елемента системи», технологічні стадії – підсистеми з її внутрішніми зв'язками та ієрархією, а технологічний процес в цілому оцінюється терміном технологічний потік.

Технологічна машина – технічний пристрій, призначений для виконання певної технологічної операції, пов'язаної з механічним впливом на предмет, результатом якого є зміна предметом розмірних характеристик, наприклад, подрібнення.

Технологічний апарат – технічний пристрій, призначений для виконання певної технологічної операції, в якому здійснюються масопереноси та енергопереноси, наприклад, екстрактор, варильний пристрій.

Технологічний агрегат – сукупність машин для виконання однієї або кількох технологічних операцій.

Технологічна лінія – сукупність технологічних машин, апаратів, або агрегатів, призначених для виконання певного технологічного процесу.

Технологічний параметр – закріплена в межах технологічного процесу певна кількісна величина, обґрунтована з точки зору якості кінцевого продукту.

Технологічний режим – сукупність чисельних значень основних параметрів робочої зони, в якій виконується технологічна операція (тиск, температура, вологість, час та ін.).

Потужність лінії – кількість ГП, яка виробляється за певний проміжок часу.

Інтенсивність технологічного процесу – кількість готової продукції, яка виготовляється за одиницю часу.

Матеріальний баланс – рівність маси сировини, матеріалів, які надходять на переробку, з масою кінцевого продукту, сумарними відходами і втратами у виробництві. Матеріальний баланс ще називають продуктовим розрахунком.

Вихід продукту – це відношення маси отриманого кінцевого продукту до сумарної кількості сировини, яка ввійшла в технологічний процес. Виражається у

відсотках або частках.

Відходи – зменшення маси вхідної сировини в проміжних продуктах (напівфабрикатах) за рахунок видалення неїстівної або малоцінної у харчовому відношенні частини.

Втрати – це природне зниження маси сировини, напівфабрикатів, готової продукції в технологічному потоці.

Якість продукції та їжі – здатність ГП задовольняти потреби споживача та ступінь відповідності предметів технології встановленим нормативним вимогам, закріплених нормативною документацією.

Собівартість продукції – це сумарні витрати на виробництво одиниці продукції.

Запитання для самоперевірки:

1. *Об'єкт харчової технології.*
2. *Предмет харчової технології.*
3. *Основні етапи розвитку харчової технології.*
4. *Що таке технологія?*
5. *Задачі технології.*
6. *Технологія як наука і її вплив на розвиток харчопереробного комплексу.*
7. *Завдання технології як дисципліни.*
8. *Основні поняття та визначення.*
9. *Характеристика та завдання сучасного етапу розвитку харчової технології.*

Лекція 1.3 Системний підхід до удосконалення технології (2 год).

1. Поняття «система». Основна термінологія.
2. Види моделей технологічних систем.
3. Системний аналіз, основні закономірності та його роль в оптимізації технологічних процесів.

Рекомендована література для вивчення теми: [2].

Ключові слова: система, підсистема, ієрархічність системи, елемент, зв'язки, цілісність системи, модель.

1. Поняття «система». Основна термінологія

Термін **система** походить від грецького *systema* – ціле, складене із частин з'єднання. Отже, система – це безліч елементів, що перебувають у відносинах і зв'язках один з одним, утворюючи певну цілісність, єдність властивості якої більше за суму властивостей елементів, що її складають.

Елементами називаються об'єкти, які в сукупності утворюють систему.

В той же час вважається, що елемент в межах збереження певної якості системи далі неподільний. Однак неподільність елемента відносна, сам елемент являє систему і в свою чергу також складається з елементів. Поза системою елемент, як такий не існує.

Елементи системи утворюють угруповання елементів, між якими зв'язок всередині більш міцний ніж зв'язок між самими угрупованнями, тобто всередині системи утворюються **підсистеми**. **Підсистеми виділяють** за закінченістю технологічного етапу (наприклад, механічна кулінарна обробка, теплова обробка та ін.).

Під **зв'язками** слід розуміти взаємодію елементів системи, за яких відбувається обмін речовиною, енергією, інформацією.

Цілісність системи визначається як взаємодія елементів, що обумовлюють утворення нових якостей системи не властивих частинам, які створюють її.

Властивість цілісності системи полягає у тому, що властивість системи не є простою сумою властивостей її елементів, але залежить від цих властивостей. При цьому елементи системи можуть втратити деякі властиві їм раніше властивості, а система в цілому здобуває нові властивості, якими жоден з елементів системи не володіє.

Структурність – опис системи через встановлення її структури, тобто мережі зв'язків і відносин системи, обумовленість поведінки системи поводженням її окремих елементів із властивостями її структури.

Взаємозалежність системи й середовища – система формує й проявляє свої властивості в процесі взаємодії із середовищем, будучи при цьому провідним активним компонентом взаємодії.

Ієрархічність – це здатність кожної системи бути підсистемою системи більш високого рівня і одночасно сукупністю підсистеми нижчого рівня, тобто системи нижчих рівнів є складовими елементами систем вищого рівня.

Множинність опису системи – у силу принципової складності системи її адекватне пізнання вимагає побудови безлічі різних моделей, кожна з яких описує лише певний аспект системи (рис.1.1).

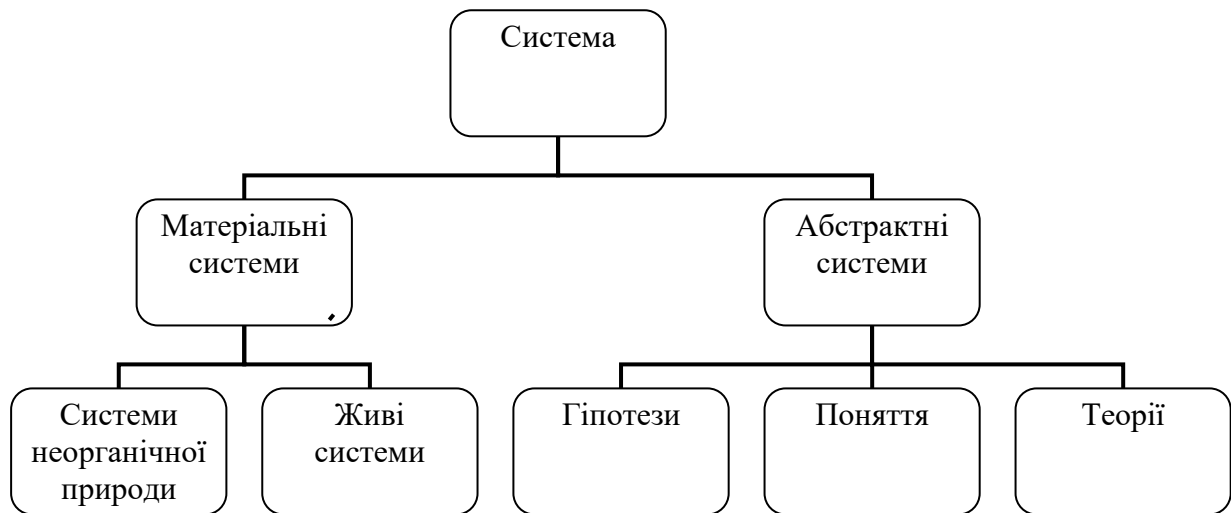


Рис. 1.1. Класифікація систем за видами

Запропоновано ряд класифікацій систем, що базуються на різних класифікаційних ознаках. У найбільш загальному плані системи можна розділити на два види:

- матеріальні;
- абстрактні.

Матеріальні системи – цілісні сукупності матеріальних об'єктів у свою чергу, діляться на два види систем:

- системи неорганічної природи (фізична, геологічна, хімічна та ін.);
- живі системи до яких відносяться найпростіші біологічні системи, а також дуже складні біологічні об'єкти типу організму, виду, екосистеми.

Абстрактні системи є продуктом людського мислення. Вони також можуть бути розділені на безліч різних типів (особливі системи являють собою поняття, гіпотези, теорії, послідовна зміна наукових теорій та ін.). До числа абстрактних систем відносяться й наукові знання про системи різного типу, які формуються в загальну теорію систем.

За ієрархією системи класифікують на:

- макросистеми;
- мікросистеми.

До *макросистем* належать системи народногосподарського та територіально-промислових комплексів, галузей та підгалузей господарства.

Мікросистемами є технологічні системи виробничих об'єднань та підприємств. Між системами одного та різних ієрархічних рівнів існують численні зв'язки. Чим вище рівень системи, тим складніші та різноманітніші її зв'язки з оточенням, тому аналіз систем вищих рівнів є надзвичайно важким завданням. Значно простіше і легше піддаються аналізу мікросистеми. В свою чергу, мікросистему підприємства поділяють на три ієрархічні рівні: рівень підприємства, виробничого підрозділу (цех, дільниця) та технологічного

процесу.

За ознакою організаційної структури технологічні системи поділяються на *паралельні, послідовні та комбіновані*.

В системах з *паралельною* структурою однотипні технологічні процеси відокремлюються в підсистеми (цехи, дільниці), однотипні підприємства – в об'єднання та підгалузі;

у системах з *послідовою* структурою всі складові елементи є різноманітними;

комбіновані технологічні системи є поєднанням паралельних та послідовних систем більш низького рівня.

В залежності від рівня механізації і автоматизації технологічні системи можна об'єднати в 3 групи:

1) *немеханізовані системи*, в яких використовується переважно ручна праця;

2) *механізовані*, в яких ручна праця замінена роботою машин і апаратів, але контроль за їх діяльністю здійснює людина;

3) *автоматизовані і автоматичні*, в яких функцію контролю і управління також виконують машини (як правило, мікропроцесори).

У свою чергу за *походженням* системи класифікують на:

– природні системи;

– штучні системи, створені людиною.

За *характером зв'язків із зовнішнім середовищем* системи бувають:

– відкриті – системи, які обмінюються із середовищем масою, енергією або інформацією в процесі свого існування;

– закриті (замкнуті) – системи, у яких такого обміну із середовищем не відбувається, а результатом їх функціонування є наростання ентропії (хаосу) системи, що призводить до руйнування системи.

У відкритих системах природний ріст ентропії (внаслідок її старіння або зношування) може бути компенсований обміном з «середовищем», що сприяє не тільки функціонуванню, але й розвитку системи.

За *видом впорядкованості* (структурованості) розрізняють:

– системи, що базуються на певних *типах елементів*;

– системи, що базуються на певних *типах відносин*.

Як елементи в системі можуть входити живі й неживі елементи, природні або штучні й т.д. Тип відносин між елементами визначає структуру системи.

За *структурою системи* розрізняють на:

– лінійні;

– ієрархічні (деревоподібні й недеревоподібні);

– багатоканальні;

– кільцеві;

– мережні.

За кількістю елементів розрізняють системи:

- великі;
- малі.

За складність відносин (зв'язків):

- прості;
- складні.

За поведженням у часі системи класифікують на:

- стаціонарні;
- динамічні.

Система є **стаціонарною**, якщо її реакція на вхідні впливи не залежить від того, у якому проміжку часу був вплив.

Система **динамічна**, якщо вона має наступну властивість: знання попереднього стану й впливу на неї в певний часовий відрізок є необхідною й достатньою умовою для визначення її наступного стану. При цьому варто враховувати, «що минуле впливає на майбутнє, а не навпаки (майбутній стан визначається минулим станом і сьогоднішнім впливом). Динамічною в широкому розумінні система може бути названа, якщо вона:

- функціонує в часі;
- змінює дію зовнішніх або внутрішніх сил, свій стан з часом.

За способом керування системи бувають:

- керовані (без зворотного зв'язку, регульовані, керовані за параметрами або за структурою);
- самокеровані (за допомогою програмного керування, автоматичного регулювання, параметричної адаптації й самоорганізації);
- системи з комбінованим керуванням (автоматичні, напіваавтоматичні, автоматизовані, організаційні).

За ступенем організованості системи класифікують:

– добре організовані системи, для відображення яких можна використати показник ефективності, критерій функціонування; виділяти істотні й несуттєві компоненти; розробляти моделі, що адекватно описують реальний процес у системі;

– погано організовані (дифузійні) системи, що характеризуються набором макропараметрів і закономірностей, які отримані в результаті дослідження деякої вибірки й перенесені на всю систему із заданою ймовірністю;

– самоорганізовані (що розвиваються) системи, які мають ознаки, характерні для дифузійних систем: нестабільність параметрів, непередбачуваність, уміння адаптуватися до умов середовища, змінюючи структуру й зберігаючи цілісність, здатність протистояти ентропійним тенденціям, вибираючи оптимальні варіанти поведження.

Будь-яка система унікальна, неповторна, але все-таки вона має ряд рис, властивих практично всім системам. **Основна риса будь-якої системи її**

цілісність.

2. Види моделей технологічних систем

Вивчення систем на моделях дозволяє перебороти складність реальних технологічних процесів, вирішувати завдання більш економічними способами, звести до мінімуму прийняття помилкових рішень, проблем реальних технологічних систем.

Моделювання можна розглядати як деталізацію, конкретизацію, спрощення системи. Більше того, **модель** – це теж система зі своїми функціями й структурою, що відбивають структуру й функції системи оригіналу.

Основними вимогами до методів моделювання, є

– більш висока економічність, простота, безпека досліджень, проведених на моделях у порівнянні з реальними об'єктами;

– знання правил розрахунку характеристик системи оригіналу на основі даних, отриманих під час вивчення моделі;

– адекватність результатів досліджень системи моделі реальним процесам, що протікають у системі-оригіналі.

За способом відтворення розрізняють:

– моделі матеріальні (реальні, речовинні);

– ідеальні (абстрактні).

Класифікація моделей технологічних систем представлена на рис. 1.2.

Як **фізичні моделі** можна розглядати різні лабораторні установки, що моделюють технологічні процеси (нагрівання, охолодження, концентрації й т.ін.) або виробниче устаткування (змішувачі, зволожувачі, сушки й т.ін.).

Аналогові моделі ґрунтуються на різних видах подібності моделі оригіналу. Прикладом прямої подібності може бути муляж, копія виробу. Непряма подібність встановлюється найчастіше під час вивчення електричних і механічних процесів. Точне креслення являє собою умовну модель устаткування або виробу.

Під **математичними моделями** технологічних процесів мають на увазі сукупність математичних рівнянь, нерівностей, логічних умов і т.ін., які встановлюють залежність між вхідними й вихідними параметрами процесів. Використовують їх у тих випадках, коли складові частини системи піддаються кількісному визначенню.

Об'єктні моделі дозволяють представити систему у вигляді машинно-апаратних схем.

Графічні моделі показують графічно елементи системи й технологічні зв'язки у ній:

– **структурні схеми**, на яких спрощено представляють елементи (блоки, що мають вхід і вихід), а також технологічні зв'язки (у вигляді спрямованих ліній);

– **операторні схеми**, що відрізняються від структурних тим, що на них елементи системи зображують у вигляді сукупності декількох типових процесорів або операторів;

– **функціональні схеми**, на яких у вигляді блоків представляють певні функціональні підсистеми (технологічні операції або стадії виробництва)

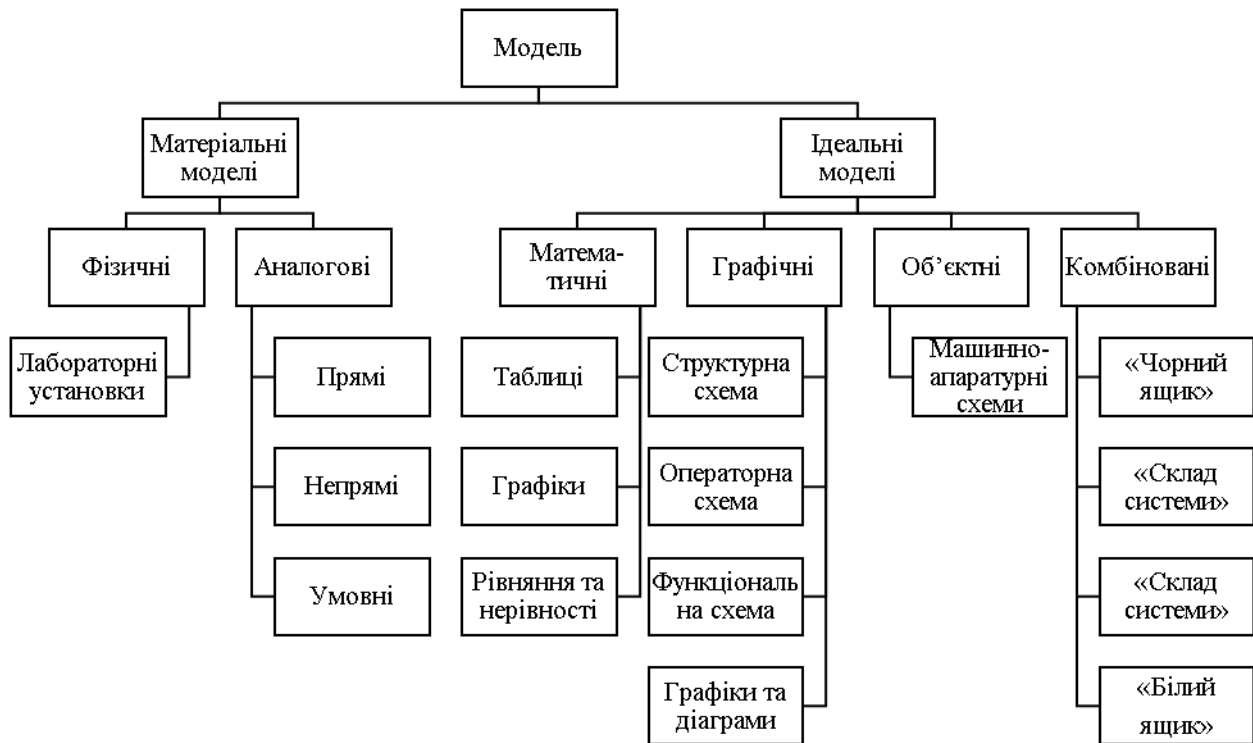


Рис. 1.2. Класифікація моделей технологічних систем

Складні системи, виправдовуючи свою назву, на етапах їх дослідження піддаються різному ступеню формалізації й деталізації залежно від міри пізнання їхнього складу, структури, властивостей, внутрішніх і зовнішніх взаємодій. Тому під час їх моделювання використовують математичні, графічні й об'єктні види моделей, а також їх комбінації. Існує кілька типів моделей і їх подання, а саме:

- модель «чорного ящика»;
- модель склад системи;
- модель структура системи;
- модель «білого ящика».

Класифікацій технологічних ліній харчових продуктів

Усі технологічні лінії харчових продуктів поділяють на три групи.

У структурі будь-якої технологічної лінії можна виділити три стадії підготовчу, основну, заключну.

На **підготовчій стадії** виробництва сировину підготовляють до переробки (очистка, миття, сортування та інше).

На **основній стадії** відбуваються всі перетворення, що необхідні для отримання готової продукції, а на **заключній**, продукції надають товарного вигляду.

До I групи відносяться виробництва (хлібопекарське, кондитерське), які отримують продукцію па основі обробки багатокomпонентних сумішей. Окремі види сировини та напівфабрикати повністю включаються до складу цільової продукції. Структура ліній цієї групи виробництв характеризується великою кількістю паралельних потоків на підготовчій стадії, які об'єднуються в один загальний потік на основний. Паралельні потоки на основній стадії використовують тільки для збільшення продуктивності або для випуску інших сортів або видів продукції.

До II групи відносяться виробництва, готова продукція яких не відрізняється за складом від сировини, що використовується (консервування цілих фруктів, овочів та інших продуктів заморожуванням, стерилізація, сушіння). Структура цих ліній, характеризується послідовним приведенням технологічних операцій від підготовчої до заключної стадії. Паралельні лінії застосовуються з тією ж метою, що і у першому випадку.

III група, об'єднує виробництва у яких цільовий продукт витягають з вихідної сировини одним або декількома способами (екстракцією, фільтруванням, сортуванням). Це цукрове, крохмальне, борошняне, круп'яне, олійне виробництва. Лінії цих підприємств складаються з технологічних операцій, що послідовно виконуються з більшою кількістю зворотних потоків продуктів та робочих агентів (рециклів), оскільки перетворення продукту відбувається за рахунок багатократної обробки, що повторюється. Більшість харчових виробництв являє собою різноманітні комбінації трьох типів технологічних ліній, що розглянуто вище.

3. Системний аналіз, основні закономірності та його роль в оптимізації технологічних процесів

Метою системного аналізу є визначення рівня цілісності і організованості технологічного процесу з точки зору необхідності його оптимізації, спрощення, удосконалення або можливої автоматизації.

Для визначення можливості автоматизації або вдосконалення технологічного процесу необхідно вирішити наступні завдання:

- виконати аналіз технології;
- розробити технологічну схему;
- розробити операторну модель технологічного процесу;
- розробити специфікацію технологічного процесу;
- зробити оцінку рівня організації технологічного процесу для визначення імовірності виходу придатної продукції на виході кожної підсистеми;
- визначити можливість (необхідність) автоматизації технологічного

процесу.

Систему, залежно від мети, аналізу, можна розглядати в двох напрямках.

Якщо нас цікавить *вдосконалення якості продукції*, розглядати процеси слід *від виходу до входу*, а якщо нас турбують *питання матеріально-технічного забезпечення* (скорочення ланцюга технологічних операцій, вилучення або заміна устаткування на таке, що виконує більше функцій), то *від входу до виходу*.

Під час побудови операторної моделі важливе значення має вибір її елемента, що вже не підлягає подальшому поділу. Доцільно, як елемент, прийняти технологічну операцію, що є мінімальним носієм специфічної якості даної підсистеми. Технологічну операцію складають один або декілька типових фізико-хімічних або мікробіологічних процесів.

Перетворення сировини в проміжний продукт, а проміжного продукту у виріб, досягається внаслідок декількох операцій. Сукупність цих операцій можна розглядати як підсистему. Тобто підсистема виділяється за принципом завершеності технологічного етапу.

Стабільний процес – це процес, що затвердився на певному рівні стійкості. І якщо стійкість характеризує якість функціонування системи, то стабільність – рівень організованості, цілісності системи, рівень її розвитку. Таким чином, стабільність процесів потрібно розглядати як системоутворюючий чинник.

Запитання для самоперевірки:

1. *Дайте визначення основним поняттям системного підходу (система, елемент, структура, цілісність).*

2. *У чому полягає суть системного підходу щодо вдосконалення технологічних систем?*

3. *За яким принципом розділяють технологічну систему на підсистеми?*

4. *Наведіть основні класифікаційні ознаки систем.*

5. *Наведіть класифікацію та охарактеризуйте моделі технологічних систем.*

6. *Наведіть приклади конкретних технологічних систем.*

Лекція 1.4 Фізико-хімічні та біохімічні закономірності харчової технології (4 год).

1. Технологічна система. Закон рівноваги.
2. Кінетика технологічних процесів. Методи вивчення кінетичних процесів.
3. Фізико-хімічна кінетика.
4. Хімічна кінетика.
5. Біохімічна та мікробіологічна кінетика.

Рекомендована література для вивчення теми: [1]

Ключові слова: закон рівноваги, закон діючих мас, рівняння Фур'є, закон Фіка, закон Дарсі, закон Ньютона, теорема Онзагера.

1. Технологічна система. Закон рівноваги

Кожна технологічна операція є системою типових процесів (фізичних, хімічних, біологічних та ін.), в ході яких сировина або проміжний продукт поступово змінює свої характеристики. В той же час кожен з цих типових процесів можна розглядати як сукупність (систему) взаємодіючих об'єктів (твердих тіл, рідин, газів).

В залежності від природи явищ, які відбуваються під час взаємодії, розрізняють:

- *фізичні системи* взаємодія тіл, коли відбуваються суто фізичні зміни;
- *хімічні системи*, коли взаємодія визначається хімічними закономірностями;
- *фізико-хімічні системи*;
- *біологічні* (втому числі мікробіологічні) системи;
- *біохімічні системи*.

Згідно з вимогами другого закону термодинаміки будь-яка система взаємодіючих об'єктів прагне досягти такого стану, коли запас її внутрішньої енергії буде мінімальним, а ентропія максимальна. Таким станом для взаємодіючих систем є *стан рівноваги, при якому вплив одних факторів компенсується дією інших*.

Для більшості фізичних, хімічних та інших систем взаємодії можливість і умови рівноважного стану визначаються *законом рівноваги (правилом фаз Гіббса)*, який описується таким рівнянням:

$$S = k+n-\Phi \quad (1.1)$$

де S – кількість ступенів свободи системи (мінімальна кількість факторів, які можна змінювати незалежно один від одного без порушення рівноваги системи);

k – кількість незалежних елементів системи;

n – кількість зовнішніх факторів, що впливають на стан рівноваги системи;

Φ – кількість фаз у системі.

Системам, в яких може встановлюватися стан рівноваги (*рівноважні системи*), притаманні *загальні закономірності*, серед яких для технології мають важливе значення наступні:

1. Поведінка рівноважної системи обумовлюється її запасом внутрішньої енергії, який вимірюється *потенціалом і рушійною силою* системи. Під *потенціалом* розуміється відстань (віддаленість) системи в певний момент часу

від її рівноважного стану. *Рушійною силою* є різниця потенціалів системи в початковому (або проміжному) і рівноважному стані.

Чим далі віддалена система від стану рівноваги на початку процесу, тим більший її потенціал і рушійна сила, тим з більшою швидкістю система рухається до рівноважного стану. Ця закономірність широко використовується в технології.

2. Система, яка знаходиться в стані рівноваги, сама, без зовнішнього втручання, не може змінити цей стан і буде перебувати в ньому скільки завгодно довго.

3. Щоб вивести систему зі стану рівноваги, необхідно вплинути на неї зовні шляхом зміни параметрів системи (температури, тиску, концентрацій тощо).

Процеси, які можуть перебігати в обох напрямках отримали назву *зворотних*, а ті, що не мають такої властивості – *незворотними*.

Принцип Ле-Шательє: «У системі, яка виведена зі стану рівноваги впливом зовнішнього фактора, відбуваються зміни, що спрямовані на послаблення дії цього фактора». Цей принцип є проявом закону інерції та другого закону термодинаміки.

Кількісною мірою рівня рівноважного стану процесу є *константа рівноваги*, яка дорівнює відношенню констант швидкостей прямої і зворотної реакції в момент рівноваги.

Вона може бути розрахована теоретично, виходячи з термодинамічних характеристик процесу, або за допомогою *закону діючих мас*. Згідно з цим законом *швидкість реакції в певний момент часу прямопропорційна добутку концентрацій реагуючих речовин у цей момент*.

$$k = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[C]^c}{[A]^a \times [B]^b} \quad (1.2)$$

де k – константа рівноваги; k_1 – константа швидкості прямої реакції; k_2 – константа швидкості зворотної реакції; $[A]$, $[B]$, $[C]$, – молярні концентрації реагуючих речовин у стані рівноваги; (a, b, c) – стехіометричні коефіцієнти).

2. Кінетика технологічних процесів.

Методи вивчення кінетичних процесів

Наука, яка вивчає механізм та швидкість зміни характеристик процесу, називається *кінетикою*.

Знання кінетичних закономірностей необхідно для розрахунку параметрів одиничних технологічних процесів і апаратів, у яких вони відбуваються.

Загальний кінетичний закон: швидкість процесу прямопропорційна потенціалу і зворотнопропорційна опору системи.

Виходячи з цього визначення, загальне кінетичне рівняння можна записати в такому вигляді:

$$I = \frac{X}{R}; \text{ або } I = X \times \frac{1}{R} \quad (1.3)$$

де I – швидкість процесу; X – потенціал системи; R – опір системи.

Під потенціалом системи розуміють міру відхилення системи від рівноважного стану, а рушійною силою процесу – різницю потенціалів у різних станах системи.

Для багатьох технологічних процесів харчових виробництв ці *методи математичного моделювання* не можуть бути використаними через те, що такі процеси дуже складні і не можуть бути точно описані диференціальними рівняннями. Тому для розрахунку параметрів цих процесів використовують **критеріальні** рівняння, в яких значну кількість змінних диференціального рівняння замінюють обмеженою кількістю критеріїв.

Після складання критеріального рівняння з їх допомогою визначають подібні умови однозначності процесу і створюють *фізичну модель – спрощену подібність реального процесу*.

3. Фізико-хімічна кінетика

В залежності від природи явищ розрізняють *фізичну, фізико-хімічну, хімічну та біологічну кінетику*.

Предметом фізико-хімічної кінетики є закономірності таких процесів, як подрібнення, розділення, нагрівання, охолодження, дистиляція, кристалізація, розчинення, перемішування, сушіння тощо.

Для теплообмінних процесів швидкість переносу теплоти описується **рівнянням Фур'є**.

Кількість тепла, яке переноситься у певному середовищі, прямопропорційна добутку градієнта та тривалості процесу:

$$Q = \lambda \frac{dt}{dx} \times \tau \quad (1.4)$$

де Q – кількість теплоти; λ – коефіцієнт теплопровідності; $\frac{dt}{dx}$ – градієнт температури; τ – тривалість процесу.

Для класу масообмінних (молекулярно дифузійних) процесів швидкість переносу речовини характеризується **законами Фіка**, перший з яких описується рівнянням:

$$G = D \frac{dc}{dx} \times \tau \quad (1.5)$$

де G – кількість речовини; D – коефіцієнт дифузії; $\frac{dc}{dx}$ – градієнт концентрації; τ – тривалість процесу

Теоретично взаємний вплив суміжних процесів визначається **теоремою Онзагера**, згідно з якою: «Якщо i -й процес відчуває вплив суміжного процесу k з потенціалом X_k , то i процес k відчуває вплив процесу i з потенціалом X_i ». Виходячи з цієї теореми, кінетичні рівняння для обох процесів будуть мати такий вигляд:

$$\text{для } i\text{-го процесу} \quad I_i = L_i X_i + L_{ik} X_k; \quad (1.6)$$

$$\text{для } k\text{-го процесу} \quad I_k = L_k X_k + L_{ki} X_i \quad (1.7)$$

де I_i, I_k – швидкість процесів i та k ; X_i, X_k – потенціали процесів i та k ; L_i, L_k – кінетичні коефіцієнти процесів i та k ; L_{ik}, L_{ki} – кінетичні коефіцієнти взаємного впливу процесів («взаємні» коефіцієнти).

4. Хімічна кінетика

Предметом хімічної кінетики є суто хімічні процеси: механізм, швидкість та закономірності перебігу хімічної реакції.

Швидкість реакції визначається кількістю молекул речовини, яка вступає у взаємодію за одиницю часу в одиниці об'єму. Швидкість можна визначати або за зменшенням концентрації реагуючих речовин, або за зростанням концентрації продуктів реакції.

У випадку модельної реакції швидкість буде визначатись рівнянням:

$$v = -\frac{dc}{d\tau} \quad (1.8)$$

де $\frac{dc}{d\tau}$ перша похідна концентрації.

Для різних типів реакцій існують розрахункові формули для обчислення їхніх констант швидкості. Всі вони базуються на загальному хімічному законі – **законі діючих мас**, згідно з яким *швидкість реакції прямопропорційна добутку концентрацій реагуючих речовин:*

$$v = k \prod_{i=1}^n c_i^{g_i}, \text{ або } v = k c_x^m \times c_y^n \quad (1.9)$$

де: k – константа швидкості реакції; $\prod_{i=1}^n c_i$ – добуток концентрацій; g_i – порядок реакції за i -м компонентом; c_x, c_y – концентрації вихідних речовин; m, n – стехіометричні коефіцієнти.

На практиці частіше за все розраховують початкову і середню швидкість. Для цього використовують *графічний метод*.

Сутність його полягає в тому, що за експериментальними даними про накопичення продукту реакції будується графік (рис.1.3) в координатах

«концентрація продукту – час реакції».

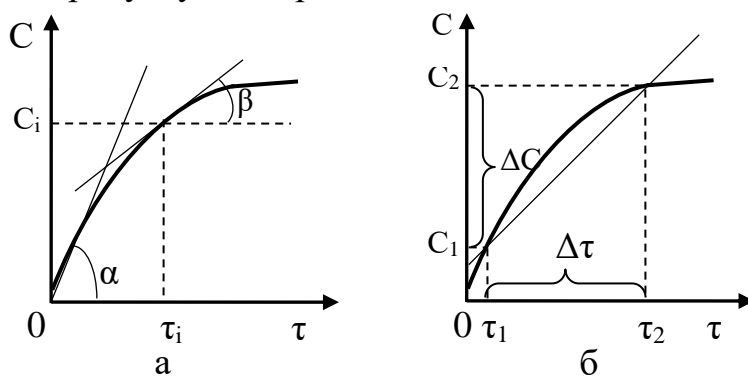


Рис. 1.3. Графічний метод визначення швидкості хімічної реакції: а) на початку і в певний момент реакції; б) за певний інтервал часу.

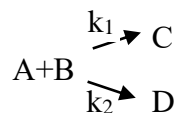
Нагадаємо, що молекулярність реакції визначається кількістю молекул реагуючих речовин, які одночасно беруть участь в елементарному акті хімічної взаємодії. А порядок реакції дорівнює сумі показників степенів за концентрацій вихідних речовин в рівнянні закону діючих мас.

Для реакцій різних типів механізм їх перебігу буде відрізнятися, відповідно будуть різними графічні й математичні залежності.

Так, для **простих** реакцій типу $A + B \rightarrow D$ графічна залежність швидкості від часу буде відповідати показаній на рис. 1.3, причому кут нахилу кривої буде залежати також від умов проведення процесу.

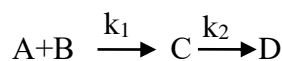
Якщо концентрація вихідних речовин буде відповідати стехіометричним відношенням, то в певний момент часу вона досягне рівноважного стану і вихід продукту буде неповним. Якщо ж один з компонентів буде в надлишковій концентрації, то процес стає незворотним і вихід продукту збільшується (рис. 1.4).

Для **паралельних (конкурентних)** реакцій, які відбуваються за схемою:



графічна залежність буде вже іншою (рис. 1.5). За умови $k_1 > k_2$ вихід продукту С буде більшим, а за умови $k_1 < k_2$ – навпаки.

Для реакцій послідовного типу



графічна залежність представлена рис. 1.6. Якщо цільовим продуктом процесу є проміжний продукт C , то оптимальним повинно бути не тільки відношення констант k_1/k_2 , а й час проведення процесу. За умови збільшення тривалості процесу продукт C буде втрачатися.

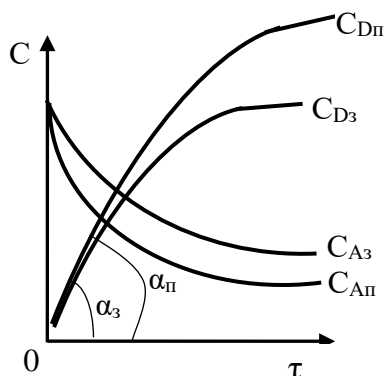


Рис. 1.4. Кінетика простих реакцій: $C_{Aн}$ $C_{Dн}$ – концентрація вихідної речовини A і продукту D за незворотного процесу; $C_{Aз}$, $C_{Dз}$ – відповідно за зворотного процесу

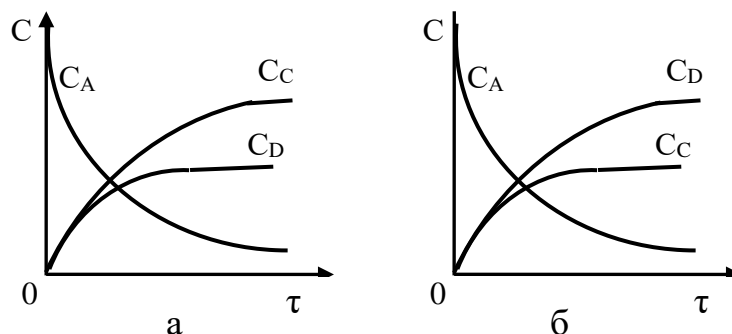


Рис. 1.5. Кінетика послідовних реакцій C_A – концентрація вихідної речовини; C_c – концентрація проміжного продукту; C_D – концентрація кінцевого продукту

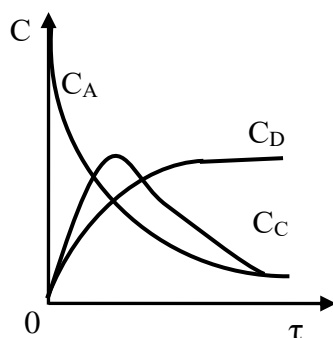


Рис. 1.6. Кінетика паралельних (конкурентних) реакцій: а – за умови $k_1 > k_2$; б – за умови $k_2 > k_1$

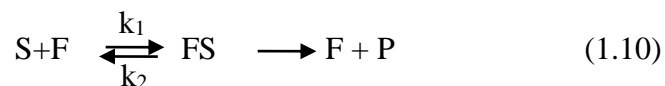
5. Кінетика біохімічних та мікробіологічних процесів

Біохімічними називаються такі процеси, які відбуваються за участю ферментів самої харчової сировини або чистих препаратів і їх сумішей,

виділених з рослинного, тваринного чи мікробіологічного матеріалу.

До **мікробіологічних процесів** відносять процеси, що відбуваються за участю певних культур мікроорганізмів або їх фрагментів, які містять ферменти.

Сутність ферментативного каталізу ґрунтується на теорії **фермент-субстратного проміжного комплексу**, який може бути в стані термодинамічної рівноваги з вихідними речовинами (субстрат і фермент) і який незворотно розкладається на продукти реакції з вивільненням ферменту. Це можна проілюструвати такою схемою:



де S – субстрат; F – фермент; FS – проміжний фермент-субстратний комплекс; P – продукт реакції; k_1 – константа швидкості утворення комплексу; k_2 – константа швидкості дисоціації комплексу.

Фермент, як каталізатор, не витрачається в ході процесу, тому його загальна концентрація f_0 буде складатися з концентрації вільного ферменту f та зв'язаного в фермент-субстратному комплексі f_s : $f_0 = f + f_s$. Звідси

$$f_s = f_0 - f$$

То рівняння має вигляд:

$$k = \frac{f_s}{(f_0 - f_s) \cdot s}, \text{ а } f_s = \frac{f_0 s}{1/k + s} \quad (1.11, 1.12)$$

Рівняння (1.13) називають **рівнянням Михаеліса-Ментена**. Воно цілком задовільно узгоджується з експериментальними даними про перебіг багатьох ферментативних реакцій, а тому вважається **загальним законом ферментативного каталізу**.

$$v_0 = \frac{k_2 \cdot f_0 \cdot s_0}{k_s + s_0} \quad (1.13)$$

де v_0 – початкова швидкість процесу; k_2 – константа швидкості дисоціації фермент-субстратного комплексу; s_0 – початкова концентрація субстрата; k_s – константа Михаеліса.

На перебіг мікробіологічних процесів впливають ще такі додаткові фактори, як концентрація мікробіальних клітин (біомаса), швидкість зростання

біомаси, яка залежить від особливостей виду (штаму) мікроорганізмів, від активності і концентрації інгібіторів – метаболітів тощо. Для їх описання запропоновані такі кінетичні моделі, як **модель Моно**, **Моно-Ієрусалімського**, **Миколаєва** та інші.

За моделью Моно:

$$\frac{dc}{d\tau} = \mu c; \quad c = c_0 + y(s_0 - s); \quad \mu = \mu_m \frac{s}{k_s + s} \quad (1.14)$$

де c , c_0 – поточна та початкова концентрація біомаси; μ , μ_m – поточна та максимальна питома швидкість росту біомаси, яка залежить від особливостей виду (штаму) мікроорганізмів; y – емпіричний коефіцієнт; s , s_0 – поточна та початкова концентрація субстрату (живильного середовища); k – константа насичення Моно (концентрація субстрата за якої $\mu = 0,5 \mu_m$).

За вдосконаленою *моделью Моно-Ієрусалімського* третє рівняння в системі рівнянь Моно має множник, який враховує структуру популяції мікроорганізмів, що впливає на її здатність нарощувати свою біомасу. За цією моделлю питома швидкість нарощування біомаси описується рівнянням:

$$\mu = \mu_m \frac{s}{k_s + s} \times \frac{k_p}{k_p + p} \quad (1.15)$$

де k_p – константа, що характеризує структуру популяції мікроорганізмів; p – концентрація інгібітора – метаболіта процесу.

До практичних завдань, що вирішуються кінетичним аналізом, слід віднести такі як: значення вхідних та вихідних параметрів, які забезпечують оптимальний перебіг процесу, властивості вихідного продукту, допустимі відхилення параметрів, розрахунок констант швидкостей і оптимального часу процесу та інші.

Запитання для самоперевірки:

1. *Правило фаз (закон рівноваги). Прояви закону рівноваги в різних технологічних системах. Використання закону рівноваги та кінетичних закономірностей для розрахунку процесів та апаратів харчових технологій.*

2. *Застосування принципу Ле Шательє-Брауна та правила Гіббса до технологічних процесів. Константа рівноваги.*

3. *Кінетика технологічних процесів. Методи визначення кінетичних процесів.*

4. *Використання фізичних законів (закони Фур'є, Фіка, Дарсі, Н'ютона та ін.) для опису окремих явищ технологічних процесів.*

5. *Хімічна кінетика. Швидкість хімічної реакції. Використання закону діючих мас в технологічних системах.*

6. *Кінетика біохімічних реакцій. Рівняння Михаеліса-Ментена. Використання кінетичних закономірностей біохімічних реакцій в технологічних системах.*

Лекція 1.5 Технологічні закономірності харчової технології (2 год).

1. Основні принципи вдосконалення технології.
2. Принцип найкращого використання сировини.
3. Принцип скорочення часу процесу.
4. Принцип найкращого використання енергії.
5. Принцип найкращого використання устаткування.
6. Принцип оптимального варіанту.
7. Принцип мінімального нанесення шкоди навколишньому середовищу.

Рекомендована література для вивчення теми: [1]

1. Основні принципи вдосконалення технології

Показником досконалості технологічного процесу можна вважати питомі витрати на одиницю продукції за дотримання наступних умов:

– висока якість та безпечність продукції;
– відсутність або мінімально можливе нанесення шкоди навколишньому середовищу:

– дотримання техніки безпеки.

Основними принципами вдосконалення технології є:

- принцип найкращого використання сировини;
- принцип скорочення часу процесу;
- принцип раціонального використання енергії;
- принцип найкращого використання устаткування;
- принцип оптимального варіанту;
- принцип мінімального нанесення шкоди навколишньому середовищу.

Розглянемо суть кожного з перерахованих принципів.

2. Принцип найкращого використання сировини.

Одним з найважливіших шляхів зниження питомих витрат на виготовлення харчової продукції є максимальне використання сировини.

Важливим критерієм якості сировини є: високий вміст компоненту, що екстрагується; мінімальна кількість сторонніх домішок; відсутність ушкоджень і дефектів; відповідність сорту й складу сировини виду продукції, що виробляється; стандартні розміри й правильна форма; своєчасна переробка сировини; дотримання термінів збирання.

3. Принцип скорочення часу процесу

Швидкість процесу або його інтенсивність прямопропорційна рушійній силі процесу, поверхні зіткнення фаз і інших факторів.

Інтенсифікація процесу (збільшення його швидкості, підвищення продуктивності) досягається за рахунок збільшення різниці потенціалів, поверхні зіткнення фаз.

Збільшення концентрації взаємодіючих компонентів найпоширеніший приклад інтенсифікації технологічного процесу.

4. Раціональне використання енергії

Ефективність використання енергії встановлюється розрахунками теплового (енергетичного) балансу. Шляхом економії енергії є:

- використання сучасних видів устаткування;
- застосування менш енергоємних технологічних операцій;
- багаторазове використання теплоти;
- зменшення втрат тепла в навколишнє середовище;
- доведення технологічних операцій до певного ступеня завершеності;
- виділення цільового компоненту на проміжних стадіях.

5. Раціональне використання устаткування

Сутність цього принципу полягає в одержанні максимального виходу продукції з одиниці об'єму (або поверхні) апарату або з одиниці довжини (або площі) робочих органів.

Способами реалізації цього принципу є:

- повернення (рециркуляція) потоків, регенерація теплоти або повторне її використання;
- узгодження одиничних операцій і технологічних потоків, що засновано на правильному виборі продуктивності апаратів у технологічних лініях.

Принцип найкращого використання устаткування визначає такі вимоги до машин і апаратів:

- максимальна або задана продуктивність і висока інтенсивність роботи;
- найбільший вихід продукції й розділяюча здатність процесу (видалення цінного або шкідливого компонента);
- мінімальні енергетичні витрати на здійснення процесу;
- стійкість режиму, легка керованість і безпека під час обслуговування;
- низька вартість апарата і його ремонту, надійність у роботі;
- можливість установки виконавчих органів.

6. Принцип оптимального варіанту

Цей принцип є основним під час проектування промислових підприємств.

Цей принцип виражається у виборі послідовності технологічних операцій і

їх режимів; типу машин і апаратів; порядку розміщення машин і апаратів, комунікацій, засобів автоматизації й механізації, які б забезпечили за мінімальних витрат досягнення заданої технологічної мети.

Цей принцип передбачає вирішення питань комплексної механізації й автоматизації, використання новітніх досягнень науки й техніки, а також найкращих технологічних режимів і прогресивного устаткування.

Дотримання принципу оптимального варіанту вимагає значної кількості розрахунків, а саме, технологічних, конструктивних, техніко-економічних та ін.

7. Принцип мінімального нанесення шкоди навколишньому середовищу.

Цей принцип передбачає комплексний підхід до охорони навколишнього середовища. Він включає розробку нових безвідходних технологій, більш ефективних способів і засобів очищення газів, води, а також удосконалення керування процесами очищення з метою підвищення якості й надійності роботи очисних пристроїв.

Запитання для самоперевірки:

1. *Охарактеризуйте основні принципи вдосконалення технології.*
2. *Охарактеризуйте основні принципи найкращого використання сировини.*
3. *Охарактеризуйте основні принципи найкращого використання енергії.*
4. *Охарактеризуйте основні принципи найкращого використання устаткування.*
5. *Охарактеризуйте основні принципи оптимального варіанту.*

Лекція 1.6. Колоїдний стан та утворення дисперсних систем харчових продуктів (6 год).

1. Класифікація дисперсних систем харчових продуктів.
2. Розчини високомолекулярних сполук (біополімерів).
3. Колоїдні розчини (золі).
4. Гелі.
5. Суспензії.
6. Емульсії.
7. Піни.

Рекомендована література для вивчення теми: [4...8]

Ключові слова: істинний розчин, колоїдний розчин (золь), дисперсність, дисперсна система, розчинення, набухання, сольватація (гідратація), седиментація, пептизація, флоатація, коагуляція, стабілізація, суспензія, піна, гелі, емульсія, поверхнево-активна речовина, поверхнева активність, поверхневий натяг, міжфазний адсорбційний шар.

1. Класифікація дисперсних систем харчових продуктів

Практично уся сировина, що використовується для виробництва харчової продукції і власне кулінарна продукція є дисперсною системою, що складається з двох і більше фаз. У суцільній фазі – **дисперсійному середовищі**, розподілені окремі частки, що є **дисперсійною фазою**.

Найважливішою характеристикою дисперсних систем є ступінь роздробленості або **дисперсність (D)** – величина, зворотна розміру часток:

$$D = 1/a, \quad (1.16)$$

де a – розмір часток (або d – діаметр часток, або l – ребро часток).

Чим менші розміри часток, тим більша дисперсність і питома поверхня фази. Основною умовою існування дисперсних систем є нерозчинність або слабка розчинність речовини дисперсної фази в дисперсійному середовищі.

В основу існуючих класифікацій дисперсних систем покладено використання того або іншого критерію, що відображає одну визначену властивість дисперсної системи.

За ступенем дисперсності системи поділяють на:

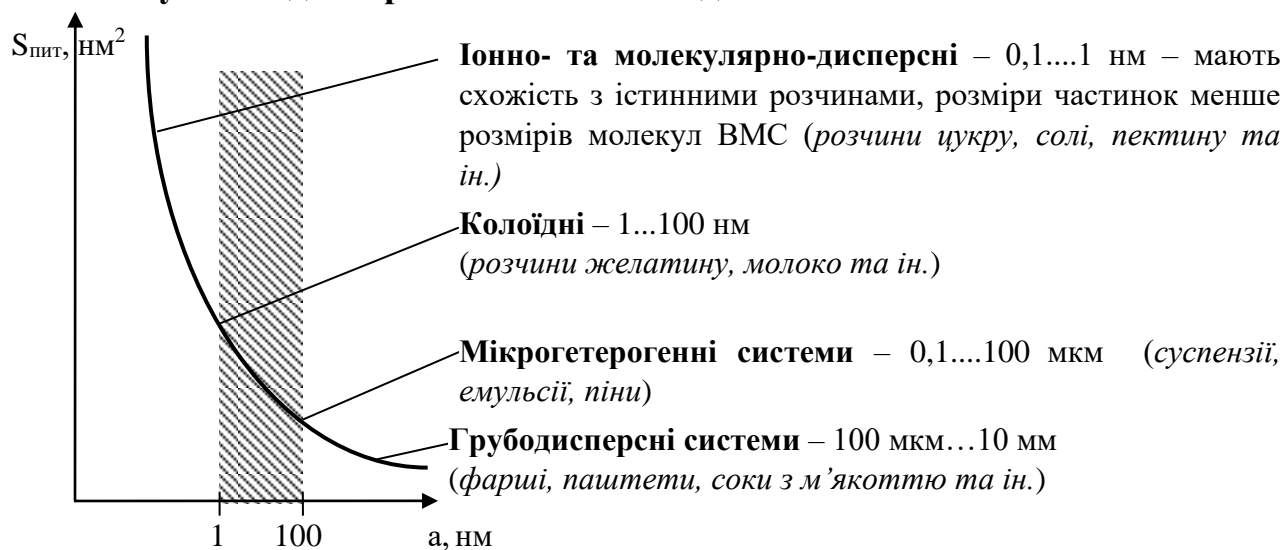


Рис. 1.7. Залежність величини питомої поверхні від розміру частинок

Розчини за ступенем дисперсності поділяються на три види (рис. 1.8).

Істинні розчини охоплюють дві категорії дисперсних систем:

- молекулярно-дисперсні, в яких розмір частинок менший за 1 нм;
- іонно-дисперсні, у яких розмір частинок складає близько 0,1 нм.

Розчини високомолекулярних сполук (ВМС) являють собою молекулярно-дисперсні системи, утворені дифільними макромолекулами зі значною кількістю в них полярних груп. Як і справжні розчини, вони є однофазними гомогенними системами.

Колоїдні розчини (золі) є дисперсними системами з розміром частинок у межах 1...100 нм. На відміну від справжніх розчинів, вони є гетерогенними системами, які складаються з двох фаз.

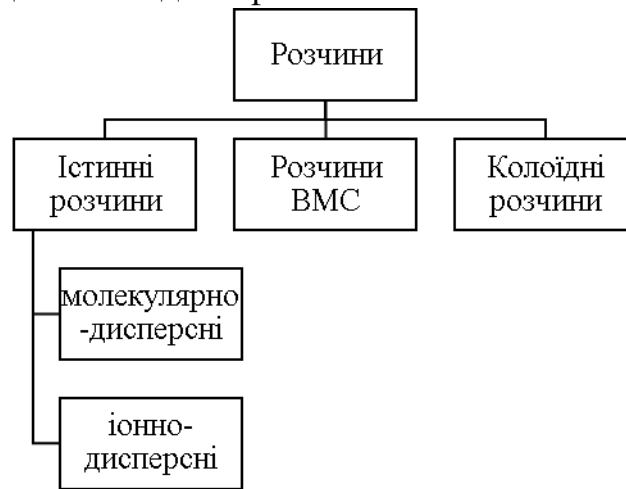


Рис. 1.8. Класифікація розчинів за ступенем дисперсності

Найбільш відома класифікація запропонована В. Освальдом (табл. 1.1), заснована на відмінності в агрегатному стані дисперсної фази і дисперсійного середовища.

За структурою всі дисперсні системи поділяють на два класи:

- вільнодисперсні системи;
- зв'язанодисперсні системи.

До вільнодисперсних (суспензії, емульсії, золі) відносяться системи, у яких частинки дисперсної фази можуть переміщуватись вільно в дисперсійному середовищі.

До зв'язанодисперсних (капілярнопористі тіла, концентровані емульсії, гелі, пасти, піни) відносяться системи, у яких одна з фаз структурно закріплена і не може вільно переміщуватись.

За інтенсивністю молекулярних взаємодій на границі розділу фаз харчові дисперсні системи поділяють на дві основні групи:

- ліофільні системи (істинно ліофільні і поверхово ліофільні);
- ліофобні системи.

В істинно ліофільних системах дисперсна фаза цілком пронизана дисперсійним середовищем, тобто система є як би однофазною (наприклад: розчини білкових речовин (желатини) у воді).

У поверхнево ліофільних системах частки дисперсної фази є мозаїчно побудованими з ліофільних і ліофобних ділянок і взаємодіють з дисперсійним середовищем лише на поверхні.

Таблиця 1.1 Типи дисперсних систем харчових продуктів

Дисперсне середовище	Дисперсна фаза	Умовне позначення	Дисперсна система	Продукт (в тому числі сировина, напівфабрикат)
Газ	Рідина	Г/Р	Рідкий аерозоль	Екстракт кави при розпилюючій сушці
	Тверде тіло	Г/Т	Твердий аерозоль	Борошно при пневмотранспортуванні
Рідина	Газ	Р/Г	Піна	Білкова піна
	Рідина	Р/Р	Емульсія	Молоко, майонез, вершки
	Тверде тіло	Р/Т	Золь, суспензія	Какао-маса, фруктовий сік
Тверде тіло	Газ	Т/Г	Тверда піна, пористе тверде тіло	Морозиво, бізе, сухарі
	Рідина	Т/Р	Тверда емульсія, пористе тверде тіло, заповнене рідиною	Фрукти, овочі, нативна м'язова тканина
	Тверде тіло	Т/Т	Тверда суспензія	Макаронні вироби, шоколад, карамель

На рис. 1.9 представлено загальну класифікацію дисперсних систем харчових продуктів за ознаками, що визначають поведження цих систем в умовах основного виду впливу на них у технологічних процесах – механічних впливів.

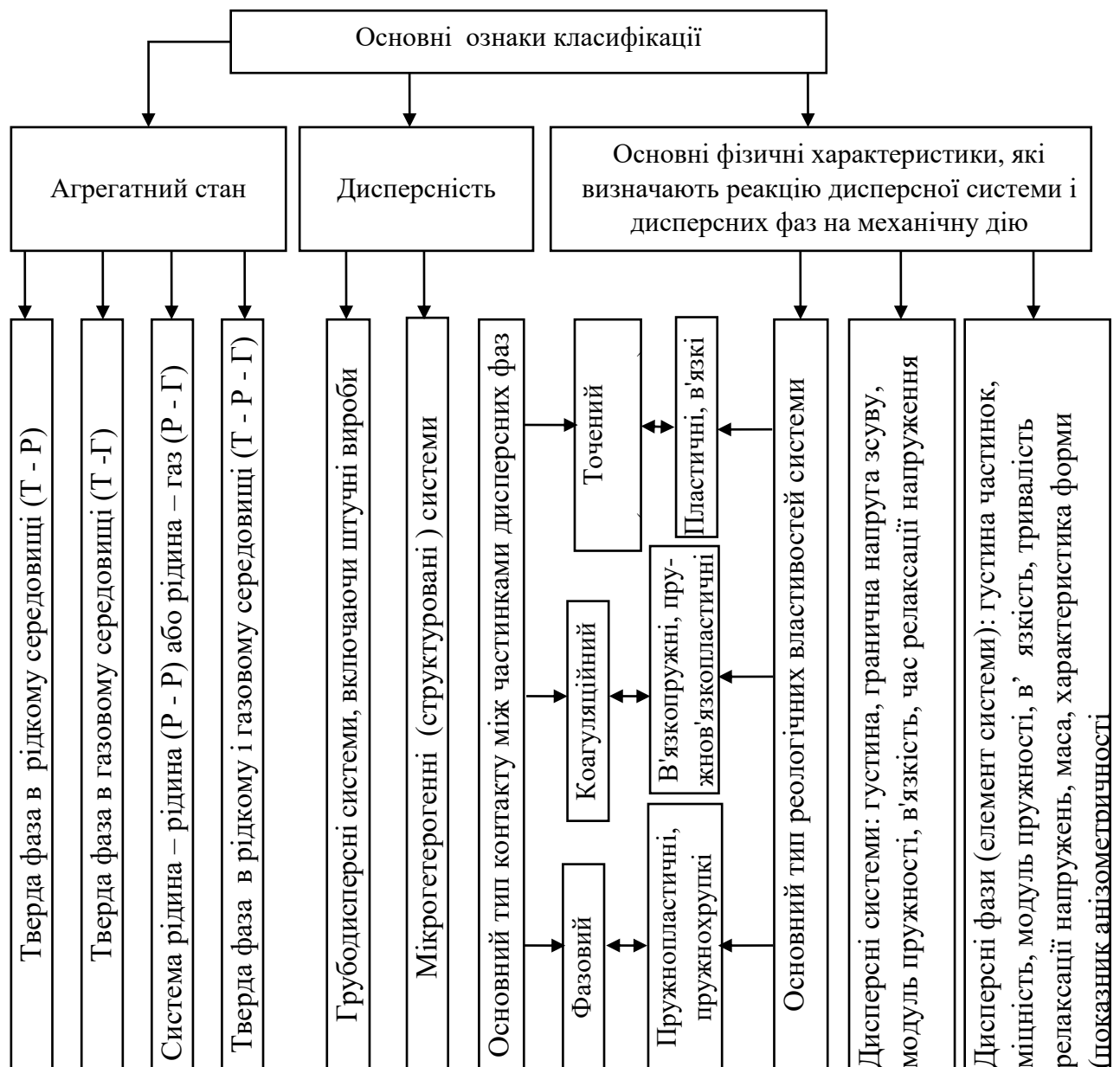


Рис.1.9. Класифікація дисперсних систем та матеріалів залежно від

Колоїдний та фізичний стан харчових продуктів

Порошкоподібні продукти

Порошками називають тверду харчову форму, готову для вживання та напівфабрикати, які складаються із одного або суміші декількох харчових сипучих компонентів, які на перший погляд під час органолептичної оцінки є однорідною субстанцією.

Подрібнення речовин, у тому числі і органічних, призводить до порушення кристалічної структури поверхневих шарів твердих тіл.

Але під час подрібнення і виготовлення порошкоподібних продуктів в результаті збільшення питомої поверхні вони легко втрачають кристалічну воду, тобто підсихають, або, навпаки швидко відсирівають, якщо вони гігроскопічні.

Роль порошкоподібних продуктів у вигляді порошоків, або брикетованих у

технології постійно підвищується.

Рідкі харчові продукти

Рідкі харчові продукти представляють собою вільнодисперсні системи, у яких харчові компоненти розподілені у рідкому дисперсійному середовищі перебуваючи у відомих агрегатних станах – твердому, рідкому.

В залежності від ступеня подрібненості дисперсної фази харчових продуктів та характеру зв'язку з дисперсійним середовищем рідкі харчові продукти можуть представляти собою:

- молекулярні та іонні істинні розчини (цукру, солі, спирту, кислоти, чаю);
- розчини ВМС (білків, пектину, камедів);
- колоїдні розчини (білків, крохмалю);
- емульсій (сметана, молоко, майонез);
- суспензій (супи, соуси, рідке тісто, пюре);
- складні дисперсні системи (комбіновані – співіснування основних типів дисперсних систем).

Істинні розчини

Водні розчини в технології приготування їжі виникають декількома шляхами – розчиненням твердих речовин у воді, розчиненням рідких речовин, та як результат технологічної дії – в процесі деструкції харчових продуктів, які підлягають гідротермообробці.

Розчинення може бути як екзотермічним, так і ендотермічним процесом. Поглинання тепла пояснюється тим, що на переведення речовини із кристалічного стану в розчинений стан, тобто на руйнування кристалічної структури речовини необхідно затратити енергію. Цим і пояснюється краща розчинність тих чи інших речовин під час нагрівання і більш висока концентрація насичених розчинів. Виділення тепла під час розчинення вказує на сольватацію, тобто утворення сполук між розчинною речовиною та розчинником.

2. Розчини високомолекулярних сполук (біополімерів)

В технологічних процесах часто використовують водні розчини ВМС.

Вони також утворюються в процесі технологічної обробки речовини

ВМС мають молекулярну масу від декількох тисяч до декілька мільйонів і утворені із тисяч окремих атомів, зв'язаних один з одним силами головних валентностей.

За структурою ВМС поділяються на:

- лінійні (ниткоподібні);
- розгалужені.

За наявністю заряду у молекулі ВМС поділяються на:

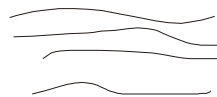
- нейтральні;
- заряджені (аніонні, катіонні та амфолітні).

За видом мономерів у молекулі ВМС поділяються на:

- гомополімери (складаються з одного виду мономеру – целюлоза, амілоза, амілопектин);
- гетерополімери (складаються з різних видів мономерів арабіноксилани, пектин, галактоманани, альгінова кислота).



розгалужений



лінійний

Оскільки за розміром поперечного діаметру більшість молекул ВМС значно менше 1 нм, то ці молекули, знаходячись у контакті з розчинником, утворюють істинні розчини.

Із-за великих розмірів вони (як і колоїдні розчини) дифузійномалорухомі, тому для їх розчинення із висушеного стану необхідний значний період часу. ВМС не проникають через мембрани клітин, тому можуть від низькомолекулярних розчинів відділятися ультрафільтрацією.

Процес набухання ВМС необхідно розглядати як процес, що протікає у дві стадії. У цьому випадку **на першій стадії** відбувається **сольватація макромолекул** у результаті дифузії розчинника у ВМС.

Другою стадією є власне набухання або розчинення, обумовлене чисто ентропійними властивостями. На цій стадії тепловий ефект дорівнює нулю або має негативне значення, а ентропія різко зростає внаслідок змішування громіздких і гнучких макромолекул зі значно меншими за розміром молекулами розчинника. Набухання не завжди кінчається розчиненням.

Кількісною характеристикою набухання біополімеру є *ступінь набухання* α . Його визначають гравіметричним способом. Зважуючи зразок до й після набухання й розраховуючи за формулою:

$$\alpha_m = (m - m_0) / m_0, \quad (1.17)$$

де m_0 і m - наважка полімеру до й після набухання.

3. Колоїдні розчини (золі)

Першою основною властивістю колоїдних розчинів (або золів) є те, що вони є ультрамікрогетерогеними системами. В типово колоїдних системах кожна колоїдна частина представляє собою агрегат атомів і молекул, які відділені від інтерміцелярної рідини фізичною поверхнею розділу. Поперечні розміри частинок дисперсної фази в колоїдних системах мають значення

1...100 нм).

Другою особливістю колоїдних розчинів є їх агрегативна та термодинамічна нестійкість. Вони можуть бути стійкими лише тоді, коли в розчині присутній третій компонент – стабілізатор, який адсорбується на поверхні розділу «частинка – середовище» і ускладнює їх коагуляцію.

Третьою особливістю колоїдних розчинів є те що, в результаті великої поверхні розділу між дисперсною фазою і дисперсним середовищем в колоїдних розчинах кожна частинка є не просто дисперсною частинкою у вигляді полімолекулярного агрегату колоїдних розмірів з певними фізичними властивостями (кінетичною рухомістю, електричним зарядом та ін.), а являє собою складне утворення, яке отримало назву міцела.

На рис. 1.10 зображено будову міцели утворену молекулами білка $H_2N - Protein - COOH$, які знаходяться в розведеному розчині $NaOH$.

Міцела має вигляд $[H_2N - Protein - COONa^+]$. Із рисунка видно, що до складу міцели входять:

- 1 – ядро;
- 2 – подвійний електричний шар із гідратованих іонів;
- 3 – дифузійна частина подвійного шару, яка складається з протиіонів.

У нашому прикладі ядро:

– $m [H_2N - Protein - COONa]$,

де m – кількість молекул протеїну натрію.

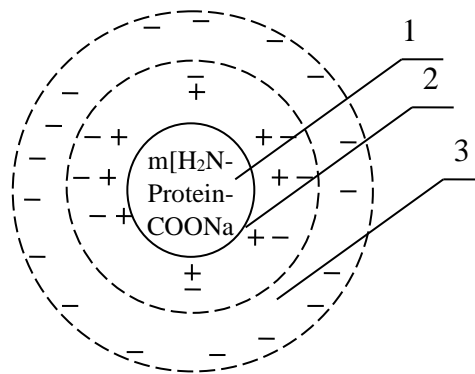


Рис. 1.10. Будова міцели білка в лужному середовищі

На поверхні ядра міцно адсорбовано іони, які визначають характер заряду частинки (потенціалвизначальні іони), це іони nNa^+ .

За шаром потенціалвизначальних адсорбованих іонів слідує і шар протиіонів. У нашому випадку це іони OH^- . Із загальної кількості n (що дорівнює кількості потенціалвизначальних іонів) більша їх частина ($n-x$) протиіонів розташована на відстані, яка дорівнює середньому іонному радіусу.

Ця кількість протиіонів разом nNa^+ складають адсорбційну оболонку

міцели. Ядро разом з адсорбційною оболонкою називають колоїдною частинкою (або *гранулою*), тому що вона має конкретну фізичну поверхню і визначає гетерогенність колоїдних розчинів.

Друга, менша кількість протиіонів xOH^- розташована поза зовнішньою частиною міцели, і завдяки тому, що вони здатні до проникнення (дифузії) в інтерміцелярну рідину, цю частину міцели називають *дифузійною оболонкою* (сферою).

Особливо слід підкреслити, що міцела в цілому електронейтральна, тоді як гранула завжди заряджена.

Золі дуже чутливі до значень рН та наявності електролітів, зміни температури, складу дисперсійного середовища, механічних впливів.

4. Гелі

Гелі – це зв'язанодисперсні колоїдні системи у яких частинки дисперсної фази дають тверді просторові структури – сітки, каркаси. **Гелі** – це системи біополімер-розчинник, які характеризуються великими оберненими деформаціями за практично повної відсутності в'язкого плину.

В залежності від здатності утримування води гелі поділяють на:

- ліогелі;
- коагелі.

Ліогелі – це гелі в результаті утворення яких розчинник повністю утримується гелеуючою речовиною (термокоагуляція білків яєць).

Коагелі – це гелі в результаті утворення яких розчинник частково виділяється під час гелеутворення (утворення сирного згустку).

За діючою силою гелеутворення гелі поділяють на:

- термотропні;
- іонотропні.

Термотропні гелі утворюються в результаті зміни температури підвищення (термокоагуляція білків яєць) або зниження (желатин, агар, високоетерифікований пектин).

Іонотропні гелі утворюються в результаті взаємодії гелеутворювача з іонами (альгінат натрію з іонами кальцію, низькоетерифікований пектин з іонами кальцію).

Харчові продукти є багатокомпонентними системами та одночасно можуть містити декілька гелеутворювачів. В залежності від цього багатокомпонентні гелі поділяють на:

- наповнені;
- змішані;
- комплексні;
- анізотропні.

Наповнені гелі, у яких один з макромолекулярних компонентів виступає у

ролі гелеутворювача, а інші відіграють роль наповнювачів. До цієї групи можна віднести гелі, наповнені твердими або рідкими дисперсними частками харчових речовин.

Змішані гелі, у яких існують дві або більше просторових сітки, утворені різними гелеутворювачами. Необхідною умовою для одержання змішаних гелів є відсутність специфічної взаємодії між гелеутворювачами.

Комплексні гелі, просторова сітка яких утворена продуктами взаємодії двох або більше гелеутворювачів. До цієї групи можуть бути віднесені наповнені гелі з активним наповнювачем, тобто з таким, який взаємодіє з гелеутворювачем, приймаючи участь в утворенні просторової сітки гелю.

Анізотропні гелі – це гелі різної макроструктури. Це такі гелі в яких в різних напрямках різні властивості.

За відношенням до температури гелі поділяють на:

- термічно зворотні (гелі на основі желатину, агару, карагінану та ін.);
- термічно незворотні (гелі на основі яєчного білка, альгінату, високоетерифікованого пектину).

Термічно зворотні гелі – відновлюють свою структуру після їх нагрівання та повторного охолодження;

Термічно незворотні гелі – не відновлюють свою структуру після їх нагрівання з наступним охолодженням.

Властивості розчинів желатини

Желатина – водорозчинний продукт гідролізу нерозчинних у воді колагенових волокон, які перетворюються з нескінченної асиметричної сітки взаємозалежних тропоколагенових одиниць у водорозчинну систему незалежних молекул із більш низьким ступенем внутрішньої упорядкованості.

Шляхи переходу колагену в желатин різного типу показані на рис. 1.11.

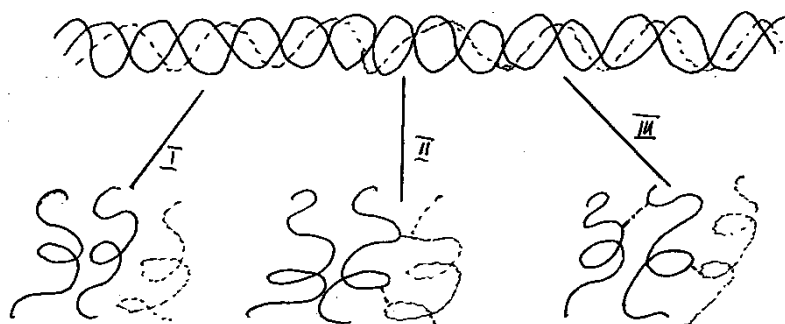


Рис. 1.11. Схематичне зображення варіантів переходу тропоколагену в желатин різного типу (передбачається, що розрив пептидних зв'язків не відбувається).

Розпад колагену молекулярної структури здійснюється за трьома напрямками, в результаті чого утворюються:

– три безладно згорнутих клубки, утворених одиночними пептидними ланцюгами;

– два ланцюги з'єднані однією чи більшою кількістю ковалентних зв'язків, денатурація веде до виникнення двох частинок, одна з яких представляє собою α -ланцюг, друга – дволанцюгову молекулу;

– два або більше поперечних ковалентних зв'язків, які можуть з'єднати три ланцюги. Процес дезорієнтації знищує всі ознаки вторинної структури, але три ланцюги не можуть, роз'єднається, і зберігаються в розчині як єдине ціле.

Спіральна конформація макромолекул желатини в області температур 20...25°C переходить у конформацію клубка. Повний перехід спіраль-клубок (гель-золь перехід або плавлення гелю) залежить від концентрації білка:

– у розведених розчинах (<0,2%) макромолекула желатини має конформацію спіралі нижче температури 10°C;

– у концентрованих (>1%) – за цієї температури має нитковидну форму, а спіраль утворюється за 20°C, повний перехід спіраль-клубок здійснюється вище 35°C.

Структурування в системах, що містять желатину

У харчових гелях полімерні молекули не зв'язані поперечно ковалентними зв'язками. Замість цього вони утримуються разом за допомогою комбінації **слабких міжмолекулярних сил**:

- водневих зв'язків;
- електростатичних сил;
- сил Ван-дер-Ваальса;
- гідрофобних взаємодій.

Поперечні зв'язки – це не точечні взаємодії, вони мають великі сегменти з двох чи більше полімерних молекул, як правило в чітко виражених структурах, які називаються перехідними зонами (рис. 1.12).

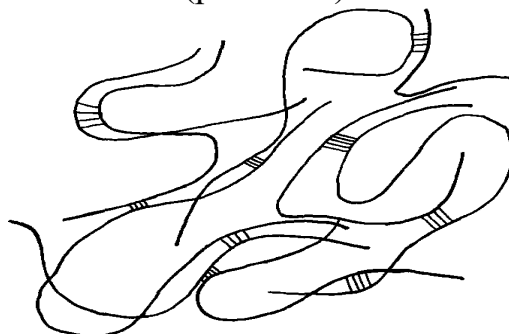


Рис. 1.12. Принципова схема каркаса гелю: заштриховані ділянки представляють перехідні зони.

Механізм гелеутворення включає неспецифічні взаємодії. До того ж однаково важливі *гідрофобні зв'язки, водневі зв'язки й електростатичні сили.*

У даний час існує два пояснення механізму асоціації ланцюгів, що призводять до утворення желатинових гелів:

- кристалізація, або локальна асоціація ланцюгів внаслідок конформаційного переходу клубок-спіраль (золь-гель перехід);
- відновлення колагенової структури без наступної агрегації й утворення мікрокристалітів.

Виділяють три основних процеси, які відбуваються у системі під час гелеутворення:

- утворення асиметричних ланцюгових елементів;
- встановлення міжланцюгових контактів;
- збільшення упорядкованості желатинових систем.

Перший з цих трьох процесів – внутрішньомолекулярний, останні два залежать від міжмолекулярних взаємодій.

Вода відіграє важливу роль у стабілізації колагенової складчастості.

Диполі, що мають відповідну довжину і розподіл зарядів, притягаються, стають орієнтованими, що призводить до утворення складних спіралей колагенової складчастості, стабілізованих міжмолекулярними водневими зв'язками, електростатичними взаємодіями й упорядкованою структурою води, що оточує сегменти складних спіралей. Утворення колагенової складчастості в одноланцюговому компоненті желатини показано на рис. 1.13.

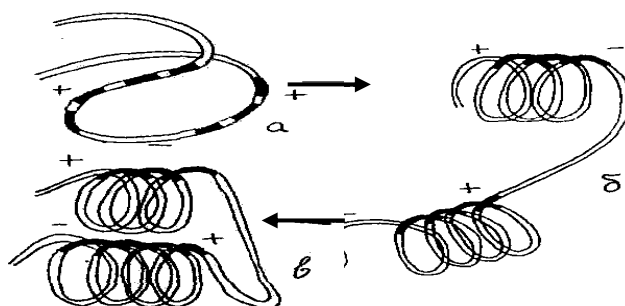


Рис 1.13. Схема утворення колагенової складчастості в одноланцюгових желатинах при охолодженні: де а – сегмент статистичного клубка (желатина) з неполярними областями, багатими піролідиновими залишками; б – статистичний клубок з нестабільними ділянками полі-L-проліна; в – спіраль (стабільна форма складки колагену).

Структурування в системах, що містять полісахариди

Рушійною силою агрегації подвійних молекулярних спіралей у надмолекулярні структури в гелях агароїду може бути результуючий електростатичний ефект. Загальну схему структури гелів представлено на рис. 1.14.

Процес гелеутворення і розплавлення гелю та температурні інтервали наведено на рис.1.15.

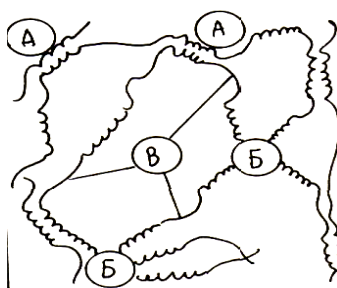


Рис 1.14. Загальна структура гелів: де А – вузли сітки гелю, що складаються з подвійних молекулярних спіралей; Б – вузли сітки гелів, що складаються з агрегатів спіралей макромолекул; В – ділянки макромолекул, що знаходяться в конформації клубка.

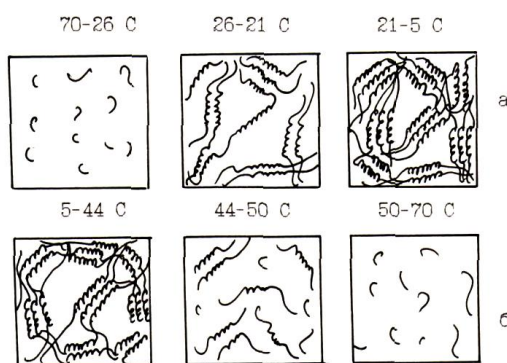


Рис. 1.15. Зміна просторової структури макромолекул під час гелеутворення розчинів полісахаридів (а); плавлення гелів (б).

5. Суспензії

Суспензії (від лат. *suspendo* – підвішую), дисперсні системи, що складаються із часток твердого тіла (дисперсної фази), розподілених у рідкому дисперсійному середовищі. Суспензії відносяться до грубодисперсних систем, розмір їхніх часток 1 мкм і більше. Неструктуровані суспензії седиментаційно нестійкі, частки осідають під дією сили тяжіння. **Суспензії одержують:**

- диспергуванням твердих тіл у рідкому середовищі, таким методом отримують різні пюре, фарші із м'яса, риби, овочів, птиці та ін;
- змішуванням сухих порошків з рідинами;
- укрупненням колоїдних часток у результаті коагуляції або конденсаційного росту (таким методом одержуються сир із молока).

Суспензії відносяться до ліофобних систем.

Обов'язковою умовою існування ліофобних дисперсних систем – наявність стабілізаторів, речовин, які адсорбуються на поверхні розділу фаз і утворюють захисні шари, що перешкоджають зближенню частинок дисперсної фази.

Суспензії можуть бути *безструктурними* (вільнодисперсними) і *структурованими* (зв'язанодисперсними). Структуровані дисперсні системи пронизані сіткою-каркасом із з'єднаних між собою частинок дисперсної фази, внаслідок чого мають деякі механічні властивості твердих тіл.

Виходячи із формули Стокса, стійкість суспензій визначається за формулою:

$$U = \frac{1}{V_T} = \frac{18\eta}{d^2(\rho_T - \rho_p) \cdot g} \quad (1.18)$$

З технологічної точки зору є багато шляхів для стабілізації суспензій. У водному дисперсійному середовищі **частинки дисперсної фази можуть бути стабілізовані електролітами**, які утворюють на межі розділу фаз дзетапотенціал певного знаку і заряду.

Другим шляхом стабілізації є **стабілізація за допомогою ВМС**. Стабілізуюча дія їх полягає в підвищенні в'язкості дисперсійного середовища рис. 1.16.

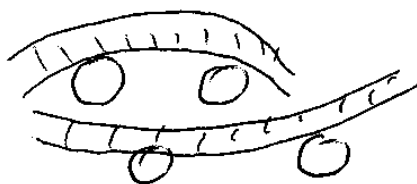


Рис. 1.16. Стабілізація суспензій розчинами ВМС

6. Емульсії

Емульсії – дисперсні системи двох нерозчинних один в одному рідин, одна з яких у вигляді крапельок диспергована (знаходиться в роздробленому вигляді) в іншій.

Розмір крапель в емульсії складається від 1 до 50 мкм.

Необхідною умовою для утворення емульсії є присутність стабілізатора, який в даному випадку називається емульгатором.

Емульсії класифікують:

1. за полярністю дисперсної фази і дисперсійного середовища:
 - першого роду або прямі о/в (майонез, сметана, вершки, молоко та ін.);
 - другого роду або зворотні в/о (масло вершкове, маргарин, креми масляні та ін.).
2. за концентрацією дисперсної фази в системі:
 - розбавлені – до 0,1 об.% дисперсної фази;
 - концентровані – до 74 об. % дисперсної фази;
 - висококонцентровані (желатиновані) – більше 74 об.% дисперсної фази.

Концентровані емульсії можуть бути монодисперсними і полідисперсними (рис. 1.17).

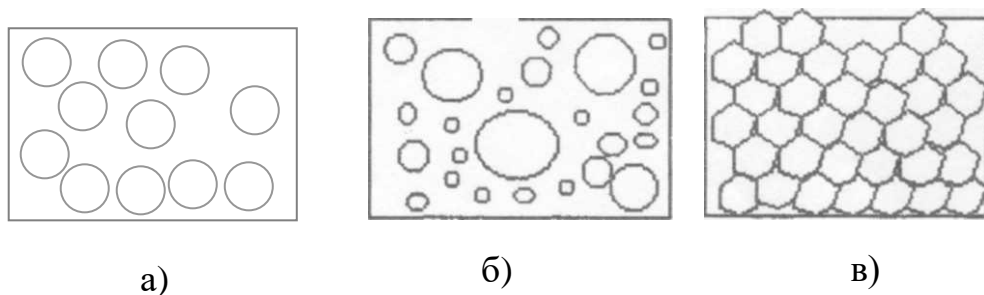


Рис. 1.17. Види емульсій: а – монодисперсні емульсії; б – полідисперсні емульсії; в – висококонцентровані емульсії

Механізм емульгування полягає в розподілі дисперсної фази у вигляді багатьох дрібних крапельок у дисперсійному середовищі. При цьому поверхня диспергованої рідини значно збільшується, цьому протидіє енергія, спрямована паралельно поверхні (поверхневий натяг).

Емульсії, як і всі колоїдні системи, агрегативно нестійкі (нестабільні).

Під час розглядання факторів стійкості емульсій розрізняють п'ять основних станів, в результаті яких емульсія стає нестійкою:

- розшарування (седиментаційна або кінетична нестійкість);
- коагуляція (флокуляція);
- коалесценція (агрегативна нестійкість);
- фазова інверсія;
- дозрівання за Освальдом.

Агрегативна стійкість – це стійкість проти коагуляції, тобто властивість часточок протистояти злипанню в агрегати.

Розшарування, флокуляція і коалесценція – це первинні процеси, а **інверсія** – це складне явище, що поєднує як флокуляцію, так і коалесценцію разом з дестабілізацією, а також деякою мірою деемульгування за допомогою прикладеної механічної енергії.

Дозрівання за Освальдом представляє собою ріст більш великих крапель за рахунок більш дрібних у полідисперсійній емульсії.

До чинників, що впливають на утворення стійких емульсій відносяться наступні:

– **структурно-механічний чинник** (найбільш універсальний фактор стійкості дисперсних систем) – зводиться до утворення на поверхні крапель структурних гелеподібних шарів, що володіють високою структурною в'язкістю, пружністю і міцністю за одночасної сольватації поверхні таких оболонки дисперсійним середовищем.

– **ентропійний чинник** стабілізації обумовлений тепловим рухом і взаємним відштовхуванням гнучких ланцюгів макромолекул ПАР, тільки частково зв'язаних з частками дисперсної фази в результаті адсорбції окремих їх ділянок.

– **електростатичний чинник**, за даною теорією (ДЛФО) на поверхні частинок дисперсної фази утворюється подвійний електричний шар іонів, що обумовлює існування енергетичного (силового) бар'єру електричної природи, що перешкоджає зближенню однойменно заряджених часток на відстані, де діють інтенсивні молекулярні сили тяжіння.

– **ефект Марангоні-Гіббса**, що виявляється в кінетичній стабілізуючій дії адсорбційних шарів, пояснює витончення двосторонніх плівок рідини з їх руйнуванням.

До числа основних умов, що визначають стабільність емульсій відносяться:

- механічні умови створення емульсій;
- властивості поверхнево-активних речовин;
- ступінь дисперсності й однорідності розмірів частинок дисперсної фази;
- в'язкість і співвідношення фаз;
- електричні властивості емульсій і властивості адсорбційних шарів.

Природа емульгатора визначає не лише стійкість, але і тип емульсії.

Гідрофільні емульгатори, розчинні у воді, сприяють утворенню емульсії о/в, а гідрофобні - емульсії в/о.

Ефективність емульгатора характеризується – гідрофільно-ліпофільним балансом (ГЛБ).

ГЛБ	Властивості
4 – 6	емульгатори в/о
7 – 9	змочуючі агенти
8 – 18	емульгатори о/в

За наявності заряду поверхнево-активні речовини (ПАР) поділяють на:

- аніонні;
- катіонні;
- неіоногенні;
- амфотерні.

За походженням ПАР використовують:

- з рослинної сировини;
- з тваринної сировини.

З рослинної сировини ПАР використовують:

- білкової природи;
- ліпідної природи;
- вуглеводної природи.

З тваринної сировини ПАР використовують:

- білкової природи;
- ліпідної природи;

Джерелом ПАР рослинного походження є:

- знежирена мука насіння, концентрат білків, ізолят білків (білкової природи);
- фосфоліпіди, моно- та дигліцериди ЖК (ліпідної природи);
- сапоніни, екстракти рослин, що містять сапоніни, аравійська камедь, модифікований крохмаль (вуглеводної природи).

Джерелом ПАР тваринного походження є молоко сухе знежирене, молоко сухе цільне, вершки сухі, продукт молочний сухий, концентрат молочний, казеїн та казеїнат натрію, коприципітат, пахта суха, ячний порошок, продукт ячний сухий гранульований, ячний жовток сухий, яйце свіже, жовток свіжий, заморожені яйця, заморожені жовтки, солоні пастеризовані жовтки.

7. Піни

Піна – це дисперсна система, що складається з пухирців-пухирців газу (пари), розділених плівками рідини (або твердої речовини). Газ (пар) розглядається як дисперсна фаза, а рідина (або тверда речовина) - є безперервне дисперсійне середовище.

Структура пін визначається в основному співвідношенням об'ємів газової і рідкої фаз, і в залежності від цього співвідношення пухирці піни можуть мати **сферичну або багатогранну (поліедричну) форму**. Перехідна форма бульбашок від сферичної до багатогранної називається *ячеїстою*.

Вченим Плато сформульовано геометричні правила, що визначають структуру стійких пін.

1. У кожному ребрі багатогранника-пухирця сходяться три плівки, кути між якими рівні і складають 120° . Місця стиків плівок (ребра багатогранників) характеризуються потовщеннями, що утворюють у поперечному перетині трикутник. Ці потовщення називаються каналами Плато-Гіббса. Вони являють собою взаємозалежну систему і пронизують весь каркас піни (рис. 1.18).

2. У одній точці сходяться чотири канали Плато, створюючи однакові кути в $109^\circ 28'$.

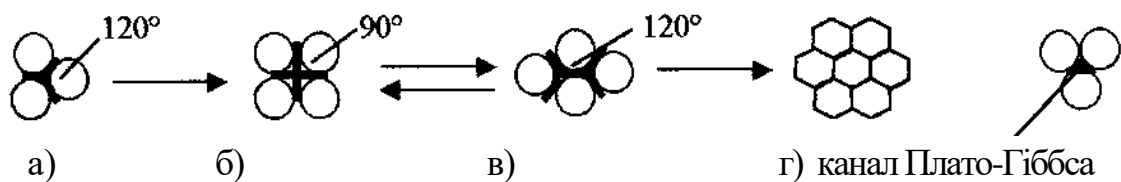


Рис. 1.18. Форма та області контакту газових пухирців:

- а) рівноважне положення трьох пухирців;
- б) нерівноважне положення чотирьох пухирців;

- в) *рівноважне положення чотирьох пухирців,*
- г) *моношари поліедричної піни з однакових пухирців.*

Піни, як і інші дисперсні системи, можна одержати двома способами:

- диспергаційним;
- конденсаційним.

При диспергаційному способі піна утворюється в результаті інтенсивного спільного диспергування розчину, що піноутворює і повітря.

Конденсаційний спосіб одержання пін заснований на зміні параметрів фізичного стану системи, що призводить до пересичення розчину (робочого середовища) газом.

Одержання пін може бути обумовлено дією декількох чинників піноутворення одночасно (рис. 1.19).

Механізм утворення бульбашок піни полягає у формуванні адсорбційного шару на міжфазній поверхні газоподібної або пароподібної фази в рідкому середовищі, що містить ПАР.

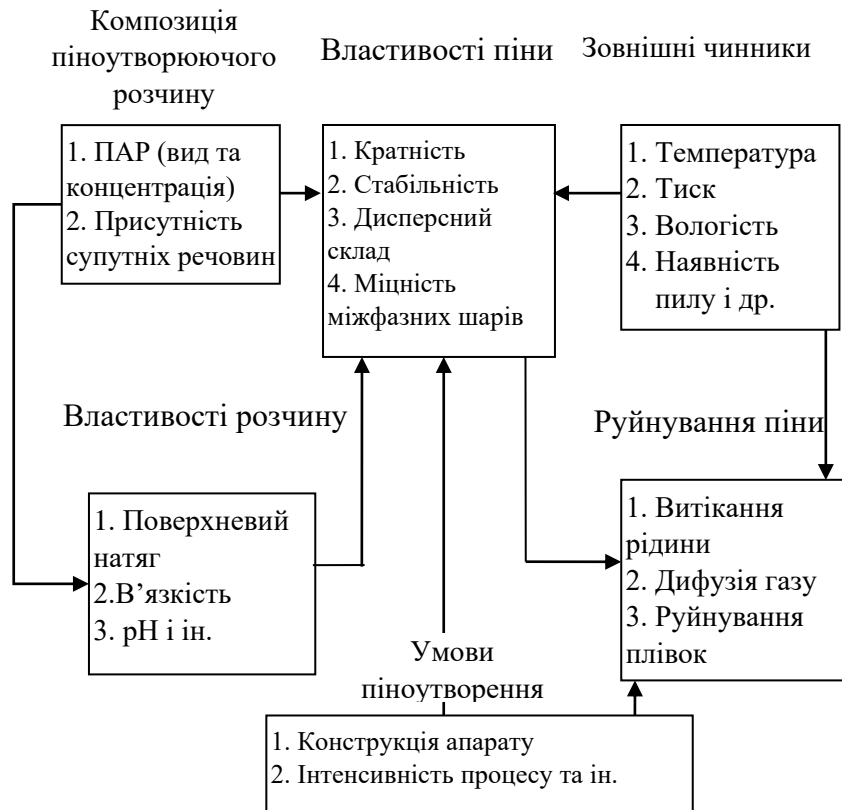


Рис. 1.19. Умови одержання пін, чинники, що впливають на її властивості

Для оцінки якості розчинів, що утворюють піну, і приготовлених із них пін користуються різноманітними критеріями, об'ємом або висотою стовпа піни у визначених умовах проведення експерименту.

Виділяють такі **основні властивості** пінних систем:

1. Піноутворююча здатність розчину – кількість піни, що виражається її

об'ємом (у мл) або висотою стовпа (у мм), що утворюється з постійного об'єму розчину за дотримання визначених умов протягом даного часу, що виражається у відсотках.

2. Кратність піни β являє собою відношення об'єму піни $V_{\text{п}}$ до об'єму розчину $V_{\text{р}}$, що пішов на її утворення:

$$\beta = V_{\text{п}} / V_{\text{р}}, \quad (1.30)$$

де $V_{\text{г}}$ – об'єм газу в піні.

3. Стійкість піни – її спроможність зберігати загальний об'єм, дисперсний склад і перешкоджати витіканню рідини (синерезису). Часто в якості міри стабільності піни використовують час існування («життя») елемента піни (окремого пухирця, плівки) або визначеного її об'єму.

4. Дисперсність піни, яка може бути задана середнім розміром пухирця, розподілом пухирців по розмірах або поверхнею поділу розчин - газ в одиниці об'єму піни.

Залежність піноутворюючої здатності від будови молекул ПАР

Піноутворююча здатність розчинів ПАР залежить від розташування в молекулі гідрофільної групи, чим ближче вона розташована до середини молекули, тим піноутворююча здатність розчинів вище.

Аніоноактивні ПАР мають більшу піноутворюючу здатність чим неіоногенні. Це може бути пов'язано з розходженням швидкостей утворення адсорбційного шару для аніонних ПАР. Така особливість властивостей неіоногенних ПАР пояснюється впливом гідрофобних груп їхніх молекул на гідрофільно-ліпофільний баланс, а також великими розмірами гідрофільної частини молекули.

Найчастіше для одержання пін використовуються наступні ПАР:

– білки (яєчний білок, желатин, плазма крові, білки шроту соняшника, сої молочні білки й ін.);

– полісахариди (аравійська камедь, модифіковані целюлози, зокрема, метилцелюлоза, гідроксипропілметилцелюлоза та ін.);

– глікозиди (сапоніни);

– ліпіди (моно- і дигліцериди, складні ефіри ЖК, лецитин, фосфоліпіди).

Піноутворююча здатність залежить від:

– **концентрації ПАР** – зі збільшенням концентрації ПАР піноутворення розчинів, спочатку, як плавило, збільшується до максимального значення, потім залишається практично постійним аж до межі розчинності даного ПАР або знижується.

– **температури** – в області позитивних температур піноутворення аніоноактивних ПАР із підвищенням температури, як правило, збільшується, а потім, пройшовши через максимум, починає знижуватися;

– рН – білкові розчини виявляють максимальну піноутворюючу здатність, як правило, у ізоелектричній точці. Розчини желатини і лактальбуміну мають максимальне піноутворення за рН=4,5. У сильноокислому середовищі рН близько 2 їхня піноутворююча здатність також підвищується. Збільшення піноутворюючої здатності розчинів желатини спостерігається й у сильнолужному середовищі;

– **поверхневого натягу розчину** – зі зменшенням поверхневого натягу розчину його піноутворююча здатність збільшується, що обумовлено меншими затратами роботи для одержання однакового об'єму піни.

Стабільність пін визначається природою піноутворюючої речовини.

За стабільністю піни (за П.О. Ребіндером) усі піноутворювачі класифікуються на 2 типи:

1. **Піноутворювачі першого роду.** Це сполуки (нижчі спирти, кислоти), що в об'ємі розчину й в адсорбційному шарі знаходяться в молекулярно-дисперсному стані.

2. **Піноутворювачі другого роду** (колоїдні ПАР) утворюють у воді колоїдні системи, піни які мають високу стійкість.

Стабілізація пін досягається введенням у розчин речовин-стабілізаторів, таких як карбоксиметилцеллюлоза, крохмаль та інших гідроколоїдів, що підвищують в'язкість розчинів та зменшують швидкість витікання рідини під дією сили тяжіння по каналам Плато-Гіббса.

Запитання для самоперевірки

1. *Класифікація та загальна характеристика біополімерів харчових продуктів. Взаємодія з розчинниками. Механізм та кінетика набухання біополімерів харчових продуктів. Стадії набухання. Умови перебігу процесу. Обмежене та необмежене набухання.*

2. *Види гелів, механізм їх утворення та властивості. Природа золь-гель переходу. Види зв'язків у гелях. Характеристика процесу синерезису гелів.*

3. *Характеристика процесу гелеутворення в системі, що містить желатину.*

4. *Характеристика процесу гелеутворення в системі, що містить полісахариди.*

5. *Класифікація дисперсних систем харчових продуктів. Типи класифікацій дисперсних систем (за ступенем дисперсності, за Освальдом, за структурою, за інтенсивністю молекулярних взаємодій).*

6. *Характеристика колоїдних розчинів. Основні властивості. Будова міцели. Способи стабілізації колоїдних розчинів.*

7. *Характеристика суспензій. Способи одержання суспензій. Властивості суспензій. Способи стабілізації суспензій.*

8. *Класифікація та характеристика емульсій. Характеристика умов та способів одержання емульсій. Механізм утворення емульсій та їх властивості.*

9. *Характеристика станів в результаті яких емульсії стають нестабільними та технологічні заходи щодо їх усунення. Чинники, що визначають стійкість емульсій та їх технологічну реалізацію.*

10. *Характеристика та класифікація ПАР за сукупними ознаками. Характеристика харчових продуктів як джерел ПАР. Правила вибору ПАР для стабілізації різних дисперсних систем.*

11. *Характеристика властивостей пінних систем. Характеристика умов та способів одержання пін, чинники, що впливають на їх властивості. Механізм утворення пінних структур.*

12. *Чинники, що визначають піноутворюючу здатність та стійкість піни. Характеристика показників якості пін. Способи збільшення стійкості пін.*

Лекція 1.7 Структурно-механічні (реологічні) властивості харчових мас (2 год)

1. Основні фізико-механічні та математичні поняття реології.
2. Класифікація та характеристика структур дисперсних систем харчових мас. Коагуляційні та конденсаційно-кристалізаційні системи.
3. Класифікація структурно-механічних властивостей продуктів.
4. Вплив технологічних факторів на структурно-механічні характеристики харчових продуктів та формування якості харчових продуктів.
5. Способи визначення структурно-механічних властивостей харчових продуктів.

Рекомендована література для вивчення теми: [9, 10].

Ключові слова: реологія, текстура, структура, деформація, напруга зсуву, швидкість деформації, в'язкість, модуль пружності, адгезія, когезія, тіло Ньютона, тіло Гука, тіло Сен-Венана, тіло Максвела, тіло Кельвіна, коагуляційні структури, кристалізаційні структури, ньютонівські рідини, не ньютонівські рідини, реометр.

1. Основні фізико-механічні та математичні поняття реології

Основні величини текстурних показників, які виміряні і оцінені за допомогою фізичних методів оцінки називаються **структурно-механічними показниками**. Структурно-механічні властивості продуктів, ще мають назву **реологічних властивостей** продуктів тобто властивостей, які засновані на деформації матеріалів.

Реологія як наука займається вивченням закономірностей поведінки матеріалів під час різних видів деформації. Реологія тісно пов'язана з такими дисциплінами як, опір матеріалів, де вивчається поведінка матеріалів,

як правило тих, що підпорядковуються закону Гука, колоїдна хімія, де вивчається поведінка розчинів ВМС, фізика твердого тіла.

Реометрія має за мету визначити всі найбільш істотні реологічні константи за допомогою штучного механічного впливу на тіло, що досліджується.

Сприйняття текстури пов'язане зі структурою харчового продукту. Структура характеризує геометричне розташування окремих елементів, частинок в об'ємі продукту. Структура поділяється на рівні в основі яких лежать розмірні характеристики структурних елементів.

Класифікація харчових продуктів за текстурою (8 груп):

- рідини з певною в'язкістю (чисті рідини, розплави, істинні та колоїдні розчини);
- продукти мазеподібні, пастоподібні, м'які (жири, шоколад, деякі сири);
- продукти з вираженим тургором, які виділяють рідину під час розжовування (фрукти, овочі, деякі види м'ясних виробів);
- продукти фібрилярної структури (присутні фібрили білкової природи, целюлози);
- продукти з губчастою структурою (м'якушка хліба, піна, бісквіт);
- гелі в загальному вигляді пластичні або еластичні з певним ступенем твердості, але плавляться у ротовій порожнині;
- продукти сухі, розсипчасті, з зернистою структурою (безе) та кристалічною (цукор);
- продукти з склоподібним тілом, які розчиняються повільно у ротовій порожнині (карамель).

Основні поняття реології

Деформація – це процес, за якого під дією зовнішніх сил змінюється відстань між точками тіла, який супроводжується зміною форми і розміру тіла. Деформації діляться на зворотні і незворотні (залишкові).

Швидкість зсуву (швидкість деформації), градієнт швидкості – це зміна деформації у часі і є похідною від деформації за часом.

Коефіцієнт об'ємного стиснення (компресійні властивості) – характеризують поведінку об'єму продукту під час впливу на нього напруг, що діють по нормалі у замкнутій формі.

Поверхневі властивості тіла характеризують поведінку поверхні продукту на межі поділу з іншими, твердим матеріалом під час впливу напруг, що діють по нормалі (адгезія або липкість) і дотичних напруг (зовнішнє тертя).

Адгезія – злипання різнорідних твердих або рідких тіл, що стикаються поверхнями. Розрізняють два види адгезії: специфічна та механічна. Перша є результатом сил зчеплення між поверхнями матеріалу. Друга виникає за умови проникнення адгезива в пори матеріалу, що склеюється і утримується внаслідок механічного заклинювання.

Когезія – зчеплення однакових молекул, що визначає міцність даного тіла. Розглянемо циліндр із рідиною, з площею 1 см^2 , і спробуємо розділити. Робота, яку необхідно виконати проти сил когезії рідини пов'язана зі створенням двох інертних фаз рідина/повітря з площею 1 см^2 визначається як: $W_k = 2\gamma$. Тому рідини у яких поверхневий натяг нижче розділяються легше.

Для характеристики реологічних властивостей харчових продуктів використовують моделі або комбінацію простих реологічних тіл. Найбільш розповсюджені реологічні тіла та їх механічні моделі і математичний опис наведено у табл. 1.2.

Розглянемо основні моделі і види течії харчових мас. Відомо три моделі ідеалізованих матеріалів:

- ідеально пружне тіло (тіло Гука);
- ідеально пластичне тіло (тіло Сен-Венана);
- ідеально в'язка рідина (тіло Ньютона).

Ідеально пружне тіло є системою, в якій енергія, витрачена на деформацію, накопичується в тілі й може бути повернена після розвантаження.

Ідеально пластичне тіло може бути представлене у вигляді елемента, що лежить на площині з постійним за величиною тертям, що не залежить від нормальної сили. Тіло за Сен-Венаном не почне рухатися доти, поки напруга зсуву не перевищить деякого критичного значення – граничної напруги, після чого елемент може рухатися з будь-якою швидкістю.

Ідеально в'язка рідина характеризується тим, що в ній напруга пропорційна швидкості деформації. В'язка течія відбувається під дією будь-яких сил, які б малі вони не були, однак швидкість деформації під час зменшення сил знижується, а за їх зникнення обертається в нуль.

Моделі, які складаються з двох елементів: пружини (тіло Гука) і поршня (тіло Ньютона) можуть бути скомбіновані паралельно або послідовно. Більш складні моделі відображають такі тіла:

- пружно-пластичне;
- пружно-в'язке (тіло Максвела)
- в'язко-пружне (тіло Кельвіна);
- в'язко-пластичне (тіло Шведова-Бінгама);
- в'язко-пружно-пластичне (тіло Бюргера)

Модель **пружно-пластичного тіла** одержують під час послідовного з'єднання пружного і пластичного елементів.

Модель **пружно-в'язкого релаксуючого тіла Максвела** – це послідовне з'єднання гуківського і ньютонівського елементів.

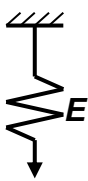
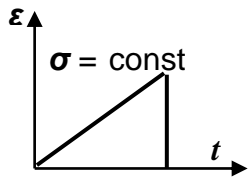
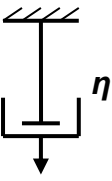
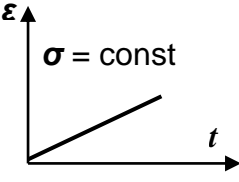
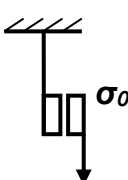
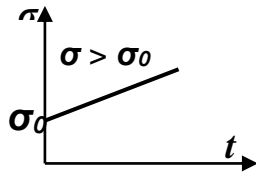
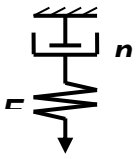
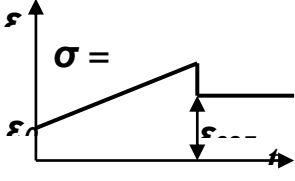
Модель **в'язко-пружного тіла Кельвіна** – паралельне з'єднання пружного і в'язкого елементів.

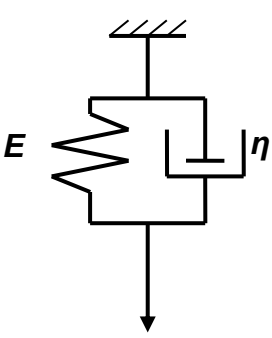
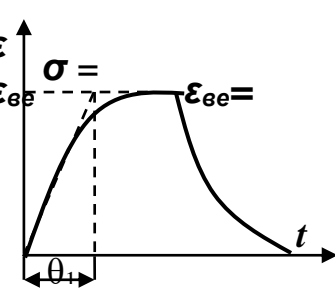
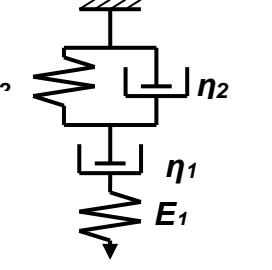
Модель **в'язко-пластичного тіла Шведова-Бінгама** характеризує матеріали, що у першому наближенні можна розглядати як тіло Сен-Венана.

Тіла починають текти, коли напруга зсуву досягає максимального значення. Якщо немає в'язкого опору, то швидкість течії матеріалу стане великою. У другому наближенні такі матеріали повинні мати ще в'язкість.

Модель **в'язко-пружно-пластичного тіла Бюргера** – послідовне з'єднання тіла Максвелла та тіла Кельвіна. Під час дії напруження спочатку відбувається повне розтягання першої пружини. Після чого починає працювати тіло Кельвіна тобто друга пружина з поршнем, але повне розтягання пружини настає не відразу, а розвинуте у часі (еластична деформація). Тільки після повного розтягання другої пружини починає працювати другий поршень тіла Максвелла.

Таблиця 1.2 Характеристика реологічних тіл

Назва тіла	Механічна модель	Графічна залежність	Математичне рівняння
Тіло Гука (пружне тіло)			$\sigma = E \cdot \varepsilon$ деформація: $\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$
Тіло Ньютона (в'язке тіло)			$\sigma = \eta \times \frac{d\varepsilon}{dt}$ деформація: $\varepsilon = \frac{\sigma}{\eta} \times t$
Тіло Сен Венана (ідеально пластичне тіло)			$\sigma = \sigma_0 + \eta \times \frac{d\varepsilon}{dt}$ деформація: $\varepsilon = \frac{\sigma - \sigma_0}{\eta} \times t$
Тіло Максвелла (пружно-в'язке тіло)			$\sigma = E \times \Theta \times \frac{d\varepsilon}{dt}$ де $\Theta = \frac{\eta}{E}$ деформація: $\varepsilon_{\text{заг}} = \frac{\sigma}{\eta} \times t$ $\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + \frac{\sigma}{\eta} \times t$

<p>Тіло Кельвіна (в'язко-пружне тіло)</p>			$\sigma = E \times \varepsilon \times \frac{d\varepsilon}{dt}$ <p>деформація:</p> $\varepsilon_{\sigma e} = \frac{\sigma}{E_{\sigma e}}$ $\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \times (1 - e^{-\frac{t}{\Theta_1}})$ <p>де $\Theta_1 = \frac{\eta}{E}$</p>
<p>Тіло Бюргера (в'язко-пружно-пластичне тіло)</p>			$\sigma_0 - \sigma_t = - \left(\frac{d\sigma}{dt} \right)_0 \times \Theta^* (1 - e^{-\frac{t}{\Theta^*}})$ <p>де</p> $\Theta^* = \frac{\eta_2}{E_1 + E_2}$ <p>деформація:</p> $\varepsilon = \frac{\sigma}{E_1} + \frac{\sigma}{\eta} \cdot t + \frac{\sigma}{E_2} \times (1 - e^{-\frac{t}{\Theta_1}})$

Всі харчові продукти за механічними властивостями та величинами структурно-механічних характеристик поділяють на 4 групи:

- тверді;
- твердоподібні;
- рідкі;
- рідиноподібні.

Для характеристики рідин та рідиноподібних тіл використовують криві плинну – реограми, залежність напруги зсуву від швидкості деформації зсуву в умовах простого зсуву. Реограма ньютонівських рідин являє собою криву 1 (рис. 1.20), що проходить через початок координат. Усі криві плинну (2-5), що відхиляються від прямої лінії, відповідають неньютонівським рідинам. Отже крива 2 показує дилатантний плин, характерний, здебільшого, для концентрованих дисперсних систем, за якого збільшення швидкості деформації призводить до «ускладнення зсуву» крива 3 показує псевдопластичний плин, що характерний для «зсувного розм'якшення» унаслідок руйнування структури зі збільшенням швидкості деформації; крива 4 показує нелінійний пластичний плин, характерний для більшості пластичних тіл, лінійна ділянка кривої 5 характерна для бінгамівських тіл і відповідає ідеально пластичному плинну.

Моделі неньютонівських рідин містять, принаймні, дві реологічні

характеристики матеріалу. Якщо неньютонівські рідини досліджують у широкому діапазоні швидкостей зсуву, починаючи з $\dot{\gamma} \rightarrow 0$, то одержують повні криві плинину.

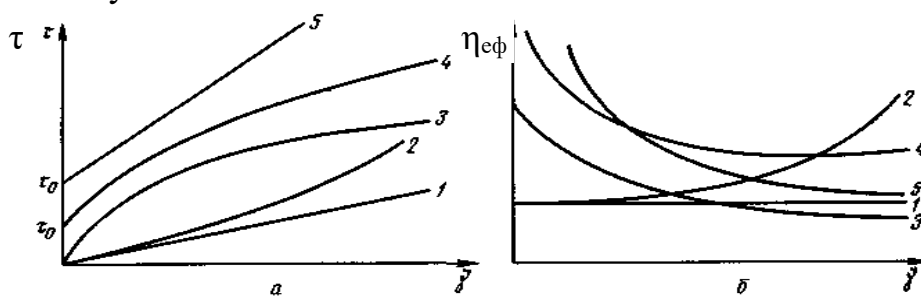


Рис. 1.20. Неповні криві плинину (а) і функції в'язкості (б): 1 – ньютонівської рідини; 2 – дилатантної рідини; 3 – структурно-в'язкої рідини; 4 – нелінійного пластичного тіла (псевдопластичного); 5 – лінійного пластичного тіла.

2. Класифікація та характеристика структур дисперсних систем харчових мас

В залежності від типу й енергії виникаючих зв'язків дисперсні структури поділяють на три типи: коагуляційні, конденсаційні і кристалізаційні, а також зустрічаються комбіновані, наприклад, конденсаційно-кристалізаційні структури.

Коагуляційні структури утворюються в дисперсних системах шляхом взаємодії між частками і молекулами через прошарки дисперсійного середовища за рахунок Ван-дер-Ваальсових сил зчеплення.

Конденсаційні структури утворюються з коагуляційних в міру видалення рідкої фази, супроводжуються виникненням більш міцних зв'язків між частинками.

Кристалізаційні структури утворюються шляхом зрощення частинок або молекул за активної участі хімічної взаємодії з розплаву за умови охолодження розчину за підвищення його концентрації або охолодження.

Конденсаційно-кристалізаційні структури властиві натуральним продуктам, однак вони можуть утворюватися з коагуляційних під час видалення дисперсійного середовища або зрощення частинок дисперсної фази в розплавах або розчинах.

3. Класифікація структурно-механічних властивостей

Структурно-механічні властивості поділяють на:

- зсувні (рис. 1.21., а, б, в, г);
- компресійні (рис. 1.21., д, е);
- поверхневі.

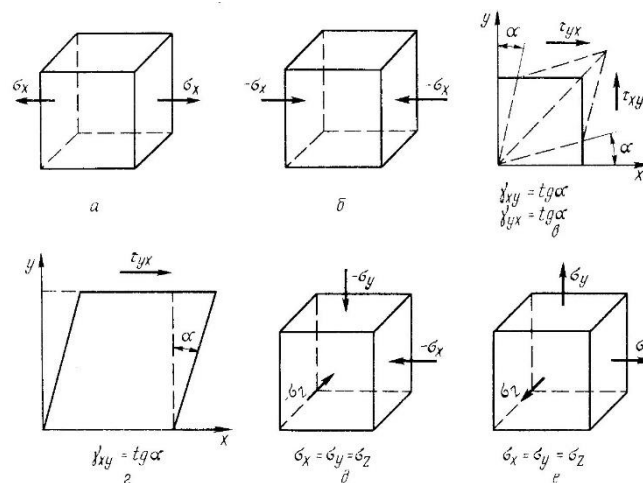


Рис. 1.21. Види навантажень та деформацій виділеного елементарного куба продукту: а – одноосьове розтягнення; б – одноосьове стиснення; в – чистий зсув; г – простий зсув; д – ізотропне стискання (гідростатичний тиск) (компресійні); е – ізотропне розширення (компресійні).

4. Вплив технологічних факторів на структурно-механічні характеристики харчових продуктів та формування якості харчових продуктів

Зміни структури і структурно-механічних властивостей під час технологічної обробки можна розглянути на прикладі м'яса і м'ясопродуктів.

Тваринні тканини в межах міцності на зсув поведуться подібно пружним-еластичним тілам, тому і виявляють властивості в'язкопластичного тіла і здатність до плину без подальшого руйнування природного каркасу і без відновлення зруйнованих міцних зв'язків. Твердоподібні продукти – ковбасні вироби (крім ліверних ковбас), кулінарні, солоно-копчені вироби і консерви (крім паштетних мас) – розглядаються як пружні еластично-пластичні тіла, для яких структурно-механічні властивості служать одним з об'єктивних показників якості.

Ніжність м'яса залежить від температури, до якої нагрівається продукт, тривалості і способу нагрівання, вмісту сполучної тканини, гексозамінів основної речовини внутрішньом'язової сполучної тканини й інших факторів.

Нагрів м'яса до температури 60...67°C дозволяє одержати продукт із більшою ніжністю, ніж за теплової обробки за більш високих температур.

5. Способи визначення структурно-механічних властивостей харчових продуктів

Інструментальні вимірювальні методи для визначення окремих кінестетичних ознак можна поділити на три групи:

1 – методи точного вимірювання реологічних величин – коефіцієнт в'язкості, межа плинності, модуль пружності, міцність на розтягування та ін.;

2 – **емпіричні методи**, за яких продукти піддаються відтворюючій деформації або навантаженню за допомогою вимірювальних приладів, що не дозволяють точно визначити реологічні властивості. Результати вимірів є параметрами консистенції. Вони добре корелюють з ознаками текстури, отриманими під час органолептичної оцінки;

3 – **імітаційні методи**, за яких харчові продукти в спеціальних вимірювальних приладах піддаються дослідженням, що імітують реальні навантаження під час споживання їжі, наприклад, за допомогою циклічних навантажень імітується процес розжовування проби. Мета такого аналізу текстури – вимірювання параметрів, що відповідають ознакам текстури продукту, які отримано сенсорними методами.

Методи й прилади для визначення реологічних властивостей

Реометри	Вид навантаження
Віскозиметри капілярні	Одномірний плин
Ротаційні, кулькові віскозиметри	Одномірний плин Плин Стокса
Пенетрометри	Багатомірний або одномірний пенетраційний плин
Пластометри, прилади стиску	Одномірний плин
Адгезіометри	Відрив контактного елемента від поверхні зразка

Запитання для самоперевірки:

1. *Структурно-механічні (реологічні) властивості харчових мас. Особливості реології як науки. Мета та завдання реології.*

2. *Основні терміни та визначення реології та її фізичний сенс. Класифікація та характеристика харчових продуктів за реологічними властивостями та текстурними ознаками за Мачихінім.*

3. *Характеристика структур дисперсних систем харчових мас. Коагуляційні, кристалізаційні та конденсаційно-кристалізаційні системи. Наведіть приклади харчових продуктів з різними типами структур.*

4. *Вплив технологічних факторів на структурно-механічні характеристики харчових продуктів.*

5. *Механічні моделі елементарних реологічних властивостей. Тіло Ньютона, тіло Гука, тіло Сен-Венана, тіло Максвела Математичний та графічний опис поведінки, реологічні константи елементарних реологічних тіл.*

Змістовий модуль 2

Зміна властивостей основних складових частин сировини в процесі технологічної обробки

Лекція 2.1 Систематизація складових частин їжі та харчових продуктів (2 год).

1. Білки
2. Жири
3. Вуглеводи
4. Вода
5. Вітаміни
6. Мінеральні речовини

Рекомендована література для вивчення теми: [11].

Ключові слова: поживні речовини, смакові речовини, сторонні речовини, білки, вуглеводи, жири, ліпіди, вода, вітаміни, мінеральні речовини.

Обґрунтований підхід до приготування їжі базується на досягненнях усіх галузей і напрямків, пов'язаних із переробкою та зберіганням харчових продуктів, фізіологією та гігієною їх споживання, а також загальною культурою споживання.

Харчування є необхідною фізіологічною потребою організму.

Харчування – це складний процес споживання, переварювання, усмоктування та засвоєння організмом харчових речовин. Оскільки споживанню, як правило, передують технологічний процес, стає зрозумілим, наскільки важливо його зробити обґрунтованим.

Їжа – це складна суміш виготовлених до споживання харчових продуктів. Їжа протягом дня (добы) складає харчовий раціон.

Під час технологічного процесу трансформуються основні поживні речовини харчових продуктів. Завдяки реалізації технологічного процесу, харчові продукти, їх суміш, що визначається рецептурою, перетворюються на їжу.

Необхідним фактором споживання їжі є засвоєння. Воно розпочинається безпосередньо в шлунково-кишковому тракті, триває під час усмоктування харчових речовин у кров і лімфу та завершується їх засвоєнням клітинами і тканинами організму. Харчові речовини, які містяться в їжі, засвоюються організмом завжди не повною мірою.

Коефіцієнт засвоєння залежить від багатьох факторів, особливо від режимів технологічної обробки, і складає для білкових речовин у середньому 84%, жирів – 94%, загальних вуглеводів – 95,6%.

Сам процес засвоєння – це енергетично витратний процес. Для

характеристики цих витрат, розраховують достатність їжі. Їжа, що важко засвоюється, призводить до напруженої роботи секреторної та моторної функцій шлунково-кишкового тракту.

Щоб знати, як засвоюється їжа, необхідно визначити її складові частини та їх роль у технологічному процесі. З точки зору реалізації технологічного процесу у складі їжі слід виділити харчові та сторонні речовини їжі (рис. 2.1).

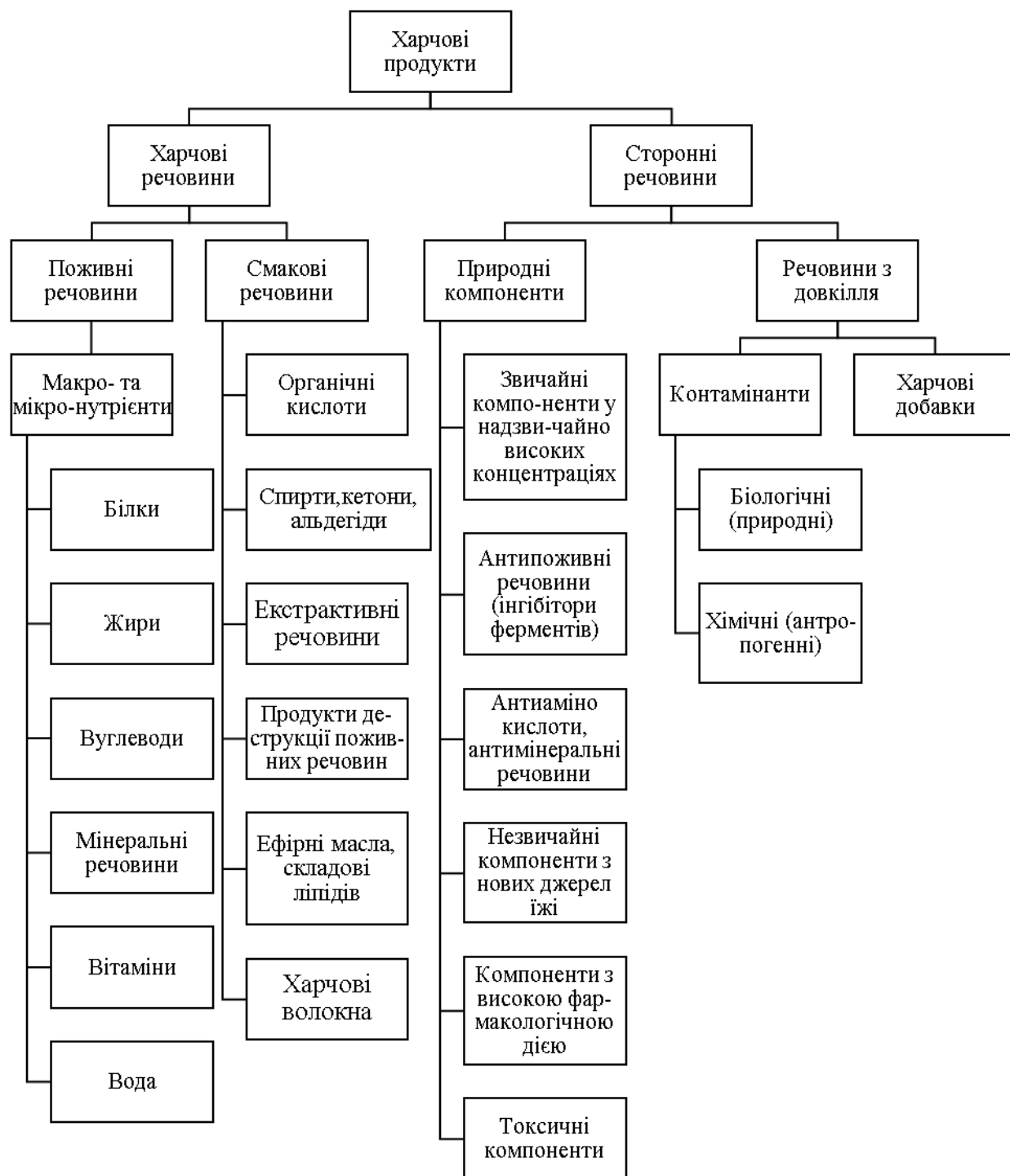


Рис. 2.1. Склад харчових продуктів

Головну частину харчових продуктів та їжі складають **поживні речовини**: *білки, жири, вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни та вода* і доповнюється іншою групою харчових речовин – **смаковими речовинами** (*ароматичними речовинами, барвниками та харчовими волокнами*).

Основна роль смакових речовин зводиться до формування сенсорних показників харчових продуктів, що дозволяє виділити їх у окрему групу смакових речовин.

Таким чином, основні *поживні* (білки, жири, вуглеводи, вітаміни, мінеральні речовини та вода) та *смакові речовини* разом складають **харчові речовини**.

Стосовно їх необхідності, обов'язкового споживання слід підкреслити, що білки, деякі жирні кислоти, вітаміни, вода, мінеральні речовини належать до **безумовно незамінних** у харчуванні, бо вони в організмі людини не синтезуються. Вуглеводи та деякі жири належать до **замінних харчових речовин**.

До складу їжі та харчових продуктів входять також **сторонні речовини**.

Природні компоненти сторонніх речовин їжі можна розподілити на декілька груп: *антипоживні речовини, незвичайні речовини, звичайні речовини із незвичайно високою фармакологічною дією та токсичні речовини*.

До *антипоживних речовин* слід віднести інгібітори ферментів (антитрипсин), антиамінокислоти, антивітаміни (аскорбіназа, тіаміназа), антимінеральні речовини (фітати, оксалати).

До *речовин з токсичною дією* слід віднести природні та антропогенні контамінанти, серед яких поширені смітні домішки, пестициди, деякі консерванти, ароматизатори, пігменти (особливо штучні), радіоактивні речовини.

Окрім цих, серед сторонніх речовин їжі виділяють **харчові добавки**, які використовуються в технологічному процесі свідомо.

Технологічний процес покликаний підсилювати дію корисних речовин і зводити до мінімуму вплив речовин, які мають шкідливий характер.

З харчовими продуктами, а також завдяки їх контакту з тарою, упаковкою до складу добових раціонів потрапляють забруднення (**контамінанти**).

Враховуючи сучасні знання про потреби організму та роль окремих речовин, останні можна розподілити на три групи:

– *речовини переважно енергетичного напрямку* (жири, вуглеводи, деякою мірою – білкові речовини, спирт, органічні кислоти);

– *речовини переважно для пластичних потреб організму* (білки, жири, вуглеводи, кальцій, фосфор, залізо);

– *речовини, які використовуються організмом як каталізатори або як матеріал для створення ферментів* (білки, вуглеводи, вітаміни, кальцій, фосфор, залізо, кобальт та ін.).

Відповідність основних харчових речовин до деяких функцій у організмі наведено в табл. 2.1.

Якщо провести детальний аналіз поживних речовин за ступенем їх дії та необхідності, то можна визначити 3-поміж усіх амінокислот 8, що є обов'язковими у споживанні: лізин, триптофан, фенілаланін, метіонін, лейцин, ізолейцин, валін, треонін; додатково гістидин та аргінін – у дитячому харчуванні. Обов'язкові у споживанні також 3 жирні кислоти – лінолева, ліноленова, арахідонова. В їжі повинні міститися 16 жирно- та водорозчинних вітамінів, 15 мінералів та вода. У підсумку харчові продукти і раціон з них повинні мати 46 перелічених сполук.

Таблиця 2.1. Роль поживних речовин у організмі

Поживні речовини	Енергетична функція	Пластична функція	Участь у каталітичних функціях
Білки	+	+	+
Жири	+	+	-
Вуглеводи	+	+	+
Вітаміни	-	-	+
Кальцій	-	+	+
Фосфор	-	+	+
Залізо	-	+	+
Марганець	-	-	+

Сучасні дані про потреби організму в поживних речовинах узагальнено в теорії збалансованого харчування, що прийнята як головна в технології харчування, згідно з якою поживні речовини найбільш повно засвоюються тільки в певних співвідношеннях. Особливо це стосується незамінних факторів харчування.

Харчові раціони для раціонального харчування повинні відповідати наступним вимогам:

- енергетично покривати витрати організму в еквіваленті;
- мати відповідний та обґрунтований хімічний склад харчових (поживних) речовин та їх рівень споживання;
- забезпечувати високий ступінь засвоєння їжі, що залежить від складу продуктів та способу приготування;
- відповідати високим органолептичним показникам їжі;
- пропонувати різноманітність їжі за рахунок широкого асортименту продуктів та способів технологічного впливу;
- за складом, обсягом, способом технологічної обробки давати почуття насичення їжею споживачеві;
- гарантувати санітарно-епідеміологічну безпечність їжі.

Запитання для самоперевірки:

1. Класифікація харчових продуктів.
2. Характеристика основних харчових речовин.
3. Роль поживних речовин в харчових продуктах.
4. Класифікація сторонніх речовин харчових продуктів.
5. Роль поживних речовин у організмі.
6. Основні поняття теорії збалансованого харчування.

Лекція 2.2 Білки і зміна їх властивостей під впливом технологічного процесу (6 год).

1. Загальна характеристика, структура білка як основа його функціональних властивостей.
2. Класифікація білків та їх характеристика.
3. Модифікація білків.
4. Функціональні властивості білків.

Рекомендована література для вивчення теми: [7, 1].

Ключові слова: білки, пептиди, структура білка, амінокислоти, збалансованість білків, розчинність, гідратація, коагуляція, денатурація, деструкція

1. Загальна характеристика, структура білка як основа його функціональних властивостей.

Білки є сополімерами амінокислот, що об'єднані за допомогою пептидних зв'язків (–CO–NH–).

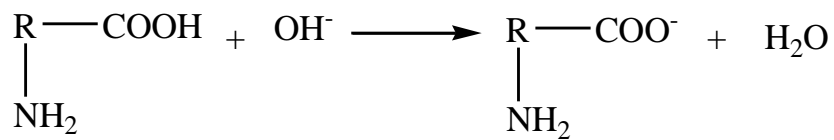
Білки – це високомолекулярні сполуки з молекулярною масою від 6000 Да. Амінокислотний склад білків неоднаковий і є важливою характеристикою кожного білка. До складу харчових білків входить близько 20 амінокислот.

Білки, які у своєму складі містять усі незамінні амінокислоти, називають **повноцінними**, позбавлені однієї або декількох із них – **неповноцінними**.

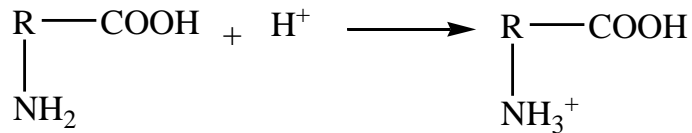
Ступінь повноцінності білків залежить також від їх оптимального співвідношення, яке визначається за так званими *треоніновими*, або *триптофановими* індексами та ілюструється класичним прикладом бочки Лібіха.

Для амінокислот, тож і для білків, характерна дисоціація залежно від впливу навколишнього середовища. Амінокислоти амфотерні, тобто вони об'єднують властивості кислот та лугів.

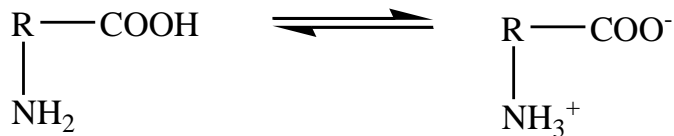
Під впливом лугів білки поведуться як аніони:



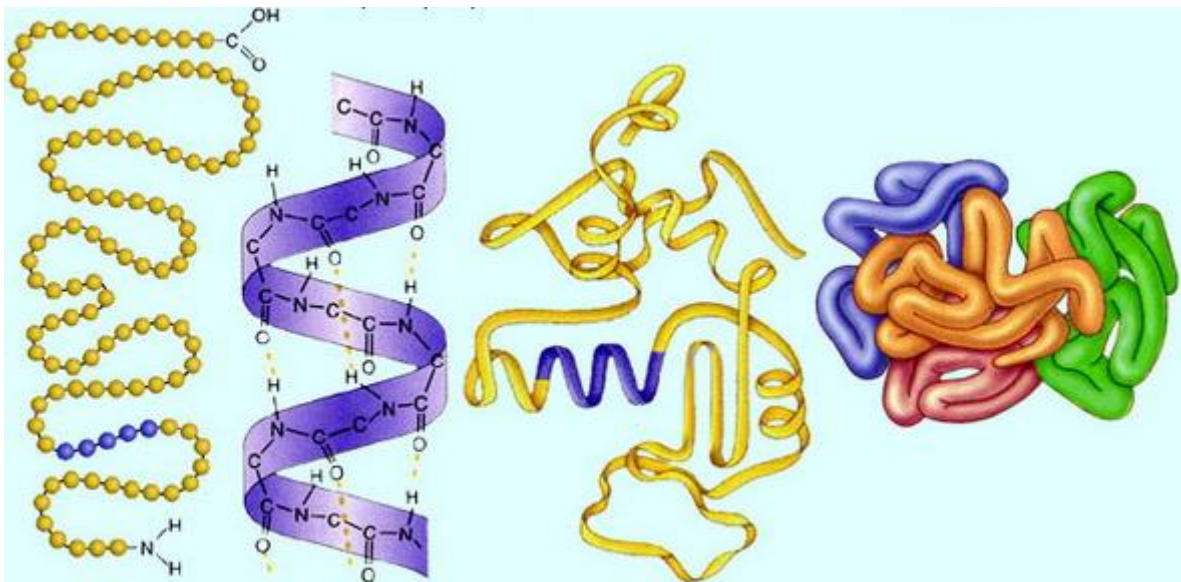
Під впливом кислот білки поведуться як катіони:



У нейтральній зоні рН амінокислоти та білки біполярні, тому поведуться як біполярні іони, тобто цвітер-іони:



Основними рівнями білкової структури є **первинна, вторинна, третинна та четвертинна структури** (рис. 2.2). Розподіл на структури прийнято за систематизацією типів зв'язків, які відповідають за той чи інший рівень організації структури білка.



первинна

вторинна

третинна

четвертинна

Рис. 2.2. Види структур білка

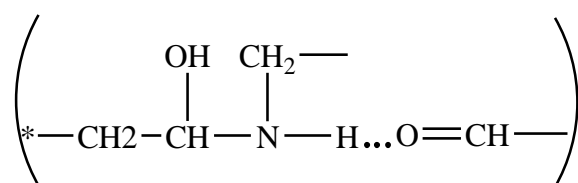
Первинна структура білка – це унікальна послідовність амінокислотних залишків у поліпептидному ланцюгу.

У молекулах білків послідовність розміщення амінокислот строго визначена, характерна лише для даного білка і визначає його природну структуру.

У основі утворення **первинної структури** лежить *пептидний зв'язок*, що являє собою міцний ковалентний зв'язок, який руйнується тільки за жорсткої хімічної або іншої дії, наприклад, під час кип'ятіння в сильно-кислому або лужному середовищі, під дією протеолітичних ферментів.

Вторинна структура – це упорядковане просторове розміщення окремих ділянок поліпептидного ланцюга.

У основі формування **вторинної структури** лежить утворення *водневого зв'язку* в межах олігомерного білка:



У формі спіралі ланцюг утримується завдяки водневим зв'язкам. Дисульфідні зв'язки та деякі амінокислотні залишки заважають утворенню спіралі. Так, у місці розміщення залишку амінокислоти проліну утворюється згин або петля.

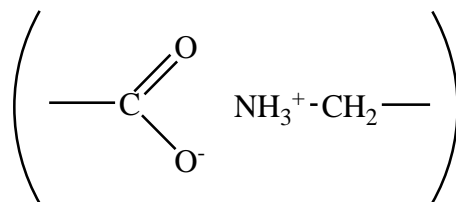
Окрім α -спіралі існує складчаста (β -конформація) структура (керотин), а колагенові притаманна спіраль колагену. Остання викликає зацікавленість, бо структура колагену значно впливає на якісні показники м'яса.

Особливостями вторинної структури білків пояснюється їх різне відношення до фізичного, хімічного та технологічного впливу, під дією якого α -спіраль відносно легко руйнується. У той же час спіралі колагену дуже стійкі як до механічного впливу, так і до дії ферментів.

Третинна структура білка – розміщення поліпептидного ланцюга білка у просторі.

Для кожного білка третинна структура є його унікальною характеристикою, і є неповторним, характерним тільки для цього білка.

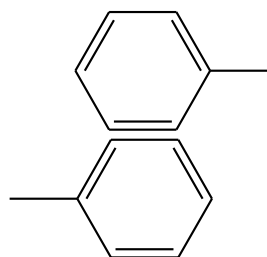
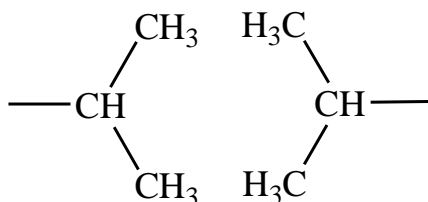
В основі утворення **третинної структури** лежать *ковалентні зв'язки* між окремими ділянками спіралі білкової молекули, а також *полярні та неполярні групи* амінокислот та *іонні зв'язки*, що виникають між позитивно і негативно зарядженими іонними групами одного або різних поліпептидних ланцюгів:



Полярні групи утворюють різні зв'язки між собою як у одному ланцюгу, так і з іншими, а також із водою. Цистеїн утворює *дисульфідні містки* (-CH₂-S-S-CH₂-), можливе також утворення *ефірних зв'язків* та *сольових містків*.

Неполярні радикали здатні взаємодіяти разом завдяки *вандерваальсовим силам*, які виникають при значному зближенні бокових ланцюгів амінокислот.

У конформаційній третинній структурі глобулярних білків велика роль належить *гідрофобним взаємодіям*, які виникають поміж неполярних груп залишків амінокислот:



Четвертинна структура білка – характерна для тих макромолекул білків, у склад яких входять декілька поліпептидних ланцюгів, не зв'язаних між собою ковалентно.

Сумарні властивості незмінного білка отримали назву **нативні властивості**, а їх носій, тобто незмінний білок, – **нативний білок**.

Структура білків лежить в основі їх *фізико-хімічних* та *функціональних властивостей*.

Білки як складні полімерні сполуки характеризуються певними **фізико-хімічними показниками**:

- молекулярною масою;
- наявністю полярних груп;
- значенням ізоелектричної точки;
- певними оптичними властивостями, показником заломлення;
- спектроскопічними властивостями.

Функціональні властивості – це властивість білка-речовини виконувати ту чи іншу *функцію* в технологічному процесі.

Наприклад, це функціональна здатність білка до набухання, розчинення (у водних середовищах), бути емульгатором, піноутворювачем, гелеутворювачем, вологоутримуючою речовиною, стабілізатором, структуроутворювачем (у

багатокомпонентних середовищах типу січеної м'ясної, рибної та овочевої мас, тіста) тощо.

ФВ властивості білка залежать від його структури та стану і можуть бути певною мірою скореговані параметрами технологічного процесу (значенням рН, температурою, ступенем гідратації, іонної сили тощо), фізичною дією (тиск, перемішування, емульгування, піноутворення), хімічним впливом та модифікацією.

ФВ білка зумовлено:

– на рівні *четвертинної структури* – поверхневими характеристиками (розмір та форма білкової молекули, її сумарний заряд та його знак, поверхнева гідрофобність або гідрофільність);

– на рівні *третинної та вторинної структури* – співвідношенням міжмолекулярних та внутрімолекулярних зв'язків різних типів (водневих, іонних, гідрофобних, електростатичних, вандерваальсових), які характеризують гнучкість молекули, тобто її здатність до конформаційних змін без руйнування нативної структури, та просторову доступність й ступінь реакційної здатності функціональних груп білка;

– на рівні *первинної структури* – амінокислотною послідовністю, яка продиктовує закон розподілення заряду білковій молекулі та спосіб упаковки пептидних ланцюгів, тобто геометричне розміщення гідрофобних моментів молекули.

2. Класифікація білків та їх характеристика.

В основі класифікації білків лежать наступні ознаки:

- хімічний склад білків,
- форма молекул білків,
- фізико-хімічні властивості білків,
- походження білків (вид сировини),
- біологічні особливості білків.

Усі білки харчових продуктів залежно від *хімічного складу* поділяються на **прості** (протеїни) та **складні** (протеїди), до складу яких, крім амінокислот, входять і небілкові сполуки (простетичні групи) – глюкоза, ліпіди, пігменти, нуклеїнові кислоти.

Залежно від *небілкової групи* протеїди поділяються на глікопротеїди, нуклеопротеїди, хромопротеїди, фосфоропротеїди, ліпопротеїди.

За *формою молекул* білки харчових продуктів поділяються на дві групи: склеропротеїни, або фібрилярні білки, та сферопотеїни, або глобулярні білки.

Склеропротеїни – це ниткоподібні або спіральні структури, найбільша їх складова частина припадає на амінокислоти; в основному погано розчинні у воді, розчинах солей.

У **сферопотеїнів** поліпептиди утворюють клубки кулеподібної форми

(або еліпсоїдної, овальної), менша частина яких припадає на амінокислоти. У більшості вони добре розчинні у воді.

Білки, які складаються більше ніж з одного ланцюга, зветься **олігомерами**, а окремі їх поліпептидні ланцюги – **протомерами**.

За *фізико-хімічними властивостями* виділяють наступні групи білків за *розчинністю* (за Г. Осборном):

– **альбуміни** – білки, розчинні у воді та розведених розчинах солей в інтервалі рН 4...8,5; характеризуються високою гідрофільністю та дисперсністю, що зумовлює стійкість їх колоїдних розчинів;

– **глобуліни** – поліфункціональні білки, розчинні в розведених нейтральних розчинах солей сильних кислот та нерозчинні у воді; мають більшу молекулярну масу, ніж альбуміни; характеризуються наявністю типового мінімуму розчинності в ізоелектричній точці;

– **глутеліни** – білки рослинного походження, розчинні в розведених лугах та кислотах та нерозчинні в нейтральних розчинниках;

– **проламіни** – білки рослинного походження, розчинні в 50...90% етанолі та нерозчинні у воді та абсолютному спирті;

– **гістони** – низькомолекулярні, основні, завдяки великому вмісту лізину та аргініну, білки, розчинні у воді та кислотах.

3. Модифікація білків.

Модифікація – вплив на структуру білка, що призводить до зміни цілого комплексу фізико-хімічних властивостей.

Модифікація відкриває шлях до цілеспрямованого регулювання функціональних властивостей білкових систем у технології харчових продуктів.

Виділяють три основних напрямки в регулюванні ФВ харчових білків:

- **хімічна модифікація;**
- **ферментативна модифікація;**
- **фізико-хімічна модифікація.**

Структура природних фібрилярних білків є еталоном для отримання м'ясоподібних систем із протеїнів рослинного походження.

Білки, що здатні до гелеутворення, повинні мати дуже компактную структуру з гнучкими поліпептидними ланцюгами, які можуть взаємодіяти між собою та утворювати сітку у просторі.

Особливість структури білків пшеничної клейковини забезпечує утворення зчепленої еластичної системи за рахунок виникнення значної кількості міжмолекулярних дисульфідних зв'язків, які з'єднують багато поліпептидних ланцюгів у одну гігантську молекулу (рис. 2.3).

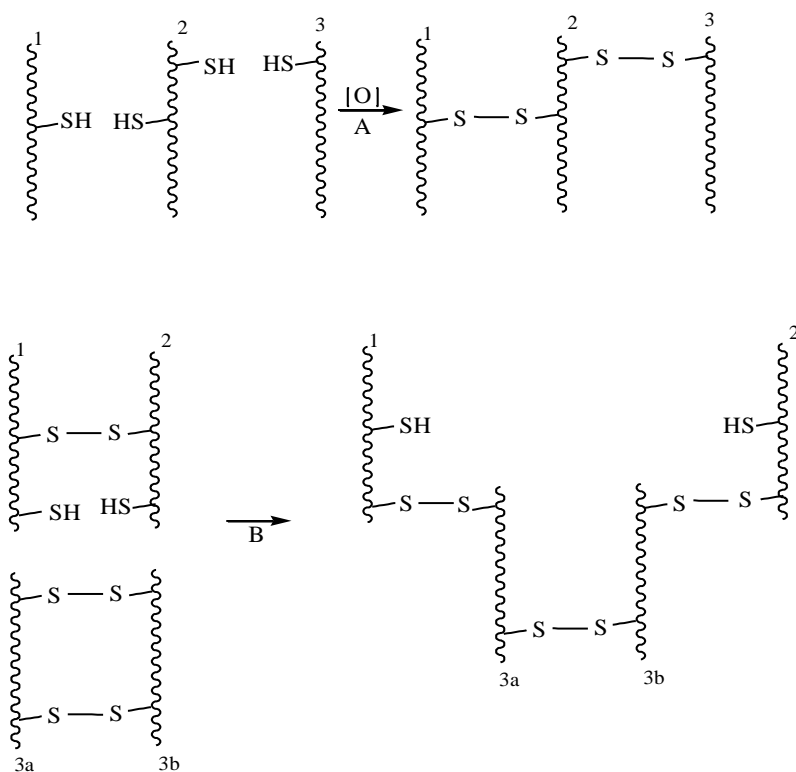


Рис. 2.3. Зв'язування поліпептидних ланцюгів у білках окисленням тіолових груп (А) або шляхом реакції тіол-дисульфідного обміну (Б)

Хімічна модифікація здійснюється за рахунок *кислотного або лужного гідролізу* білків, стабілізації білків шляхом *солеутворення, ацилювання*.

Лужний гідроліз використовується для отримання солюбілізованих білків риби в процесі отримання рибних білкових концентратів. Загальним результатом цього є *підвищення розчинності, емульгуючої та піноутворюючої здатності*.

Можливість **солюбілізації білків шляхом солеутворення** впливає з їх основних властивостей як полімерних амфолітів, здатних до взаємодії з катіонами та аніонами.

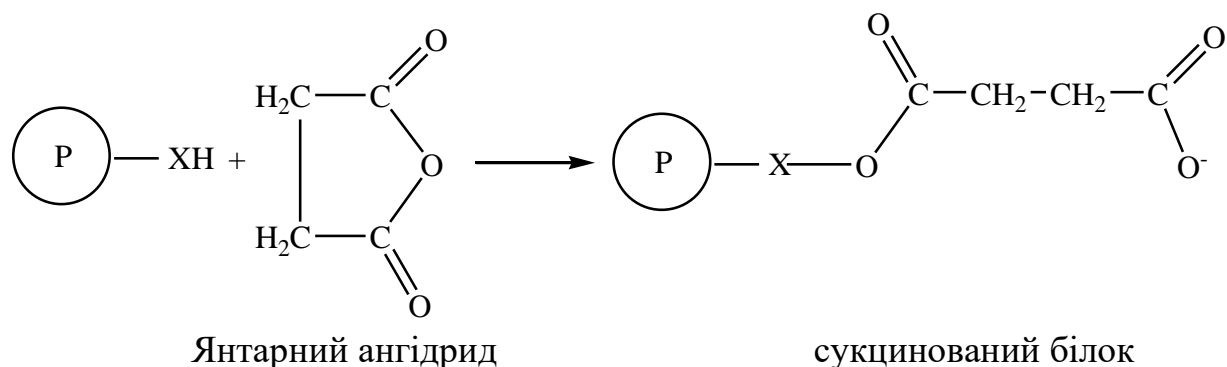
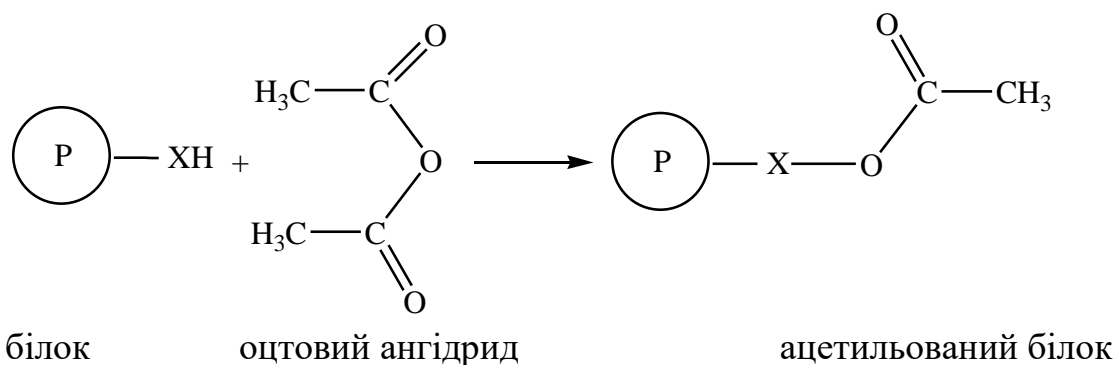
Можливі два види взаємодії:

- утворення сольових «місточків»;
- специфічна сорбція іонів на поверхні білка.

Найбільш широко із солей-модифікаторів використовують хлорид натрію та неорганічні фосфати.

Модифікація білків шляхом **ацилювання** оцтовим або **сукцинування** янтарним ангідридами є одним із найпоширеніших прийомів хімічної модифікації білків.

Реакція білка з оцтовим та янтарним ангідридами в загальному вигляді може бути представлена наступними схемами:



X = NH, O, S; – протеїн (білок)

Ці два процеси принципово відрізняються тим, що сполуки, які утворюються в результаті взаємодії білка з оцтовим ангідридом, компактні та електронейтральні.

Реакція з янтарним ангідридом призводить до утворення більш об'ємних негативно заряджених білкових молекул.

Ферментативна модифікація білків включає:

- ферментативний гідроліз;
- пластеїнову реакцію.

Найбільш ефективний метод підвищення розчинності білка – **ферментативний гідроліз**.

Високий ступінь гідролізу білка тваринного походження під дією таких ферментів (протеїназ), як пепсин, папаїн, протеїназа, на тлі підвищення його розчинності супроводжується підсиленням накопичення пептидів гідрофобного характеру.

Значні перспективи дає **пластеїнова реакція** – зворотний процес ферментативного розщеплення, коли під дією протеолітичних ферментів наново утворюються пептидні зв'язки.

Фізико-хімічна модифікація білкових систем включає наступні види:

- комплексоутворення з природними біополімерами (білками, полісахаридами тощо), а також із мономерними сполуками (вуглеводами, ліпідами);
- механічну дію різного роду;

– термічну дію тощо.

Комплексоутворення за типом *білок-білкова взаємодія* знайшло практичне впровадження ще раніше, ніж виникло наукове тлумачення цього явища. Так, було визначено, що спільне сушіння білків різної природи – риб'ячих та зернових – не лише приводить до отримання високоцінних білкових сумішей, а зберігає і високі функціональні властивості перших.

Високими функціональними властивостями характеризуються кон'югати білків та вуглеводів, що традиційно використовується в технологічних процесах.

Відомі також методи підвищення функціональних показників, особливо «сили» клейковини борошна, при комплексоутворенні білків борошна з кислими полісахаридами, такими як похідні пектину, а також за присутності ксантану (0,1...0,5%).

Поряд з нуклеотидами, білки від денатурації захищають також ліпіди – разом вони здатні до комплексоутворення.

Механічна дія також має певну роль у модифікації властивостей білкових речовин. Так, інтенсивність помолу, спосіб і ступінь помолу є ключовими, за інших рівних умов, у визначенні якості пшеничного борошна.

Встановленням певних режимів **термічної дії** регулюють деякі функціональні властивості м'ясних систем, зокрема вологоутримуюча здатність, ніжність, соковитість виробів.

З-поміж способів фізико-хімічної модифікації найбільш перспективним є комплексоутворення, оскільки воно не має очевидних недоліків, що характерні для хімічної та ферментативної модифікацій.

4. Функціональні властивості білків.

Розчинення – гетерогенна фізико-хімічна взаємодія білка як твердої речовини та рідини, що супроводжується переходом твердої фази в розчин.

Розчинність є одним з основних, найважливіших показників функціональності білків та технологічних властивостей білковмісних продуктів.

Не менш важливим показником, що має відношення до регулювання параметрів технологічного процесу, є здатність білка розчинятися під дією технологічних факторів.

Поняття розчинності та поняття гідратації білкових речовин не є тотожними. Незважаючи на однакову спрямованість процесів, вони, по суті, різні.

Введенням до системи корегуючих речовин, наприклад електrolітів, або зміною рН можна значно змінити умови, і не розчинений, але гідратований білок може бути переведений у розчинений стан.

Білки здатні до набрякання з утворенням високогідратованих гетерогенних

систем та здатні утворювати розчини, які виявляють властивості *колоїдних розчинів* й *розчинів високомолекулярних сполук (ВМС)* залежно від молекулярної маси та гідрофільності.

Білки характеризуються аномальною розчинністю, яка залежить від багатьох факторів, і насамперед від рН водного середовища та ізоелектричної точки білка.

Поліамфотерність білка призводить до *мінімальної розчинності білка в ізоелектричній точці* з утворенням мікрогетерогенної системи – *суспензії або флокулята*.

Розчинність білків залежить від ступеня нативності. Денатуровані білки, як правило, розчиняються гірше, ніж нативні, за одних і тих же значень рН.

Розчинність залежить від властивостей рідкого середовища. Для деяких білків (наприклад, фібрилярних білків м'яса тварин) слабкі розчини електролітів (NaCl) підвищують їх розчинність. Але під дією насичених розчинів сильних електролітів розчинені білки здатні випадати в осад, тобто висолюватися. Термін *висолювання* отримав назву від процесу осадження білків під час додавання до їх розчинів кухонної солі.

Різні солі мають різну висолюючу здатність, яка пояснюється здатністю аніонів та катіонів до гідратації.

За аналогією з висолюванням на білки впливають спирти, які в певних концентраціях також здатні до дегідратації полімеру.

Ниткоподібні білки мають ниткоподібну або іншу асиметричну структуру, досягають у довжині 400...500 нм, мають поперечиний розмір 0,3...0,5 нм, контактуючи з відповідним розчинником утворюють гомогенні, рівноважні та термодинамічно стійкі (у певних інтервалах температур) системи.

За рахунок гігантських розмірів молекули білка на окремих ділянках мають неоднорідні властивості: з одного боку, за рахунок полярних груп (-COOH), (-NH₂), (-OH) вони добре взаємодіють з такими полярними розчинниками, як вода, тобто гідратують; та з іншого – через наявність у структурі гідрофобних радикалів (-CH₃, -CH₂, -C₆H₅ тощо) не можуть бути гідратовані, але можуть, до певної міри, взаємодіяти з неполярними розчинниками або жирами.

У технології харчових продуктів колоїдні розчини білків і колоїдний стан білків у продуктах відіграють значну роль, незважаючи на їх відносну лабільність під дією технологічних факторів.

На зміні агрегативної стійкості колоїдів базується дуже багато технологічних процесів. Практично, переважна кількість білковмісних продуктів містять білки, що здатні до міцелоутворення.

Гідратація – це процес зв'язування води сухими речовинами або структурою продукту з виникненням, як правило, гетерогенної колоїдної системи. Процес гідратації належить до складних колоїдних процесів.

Ступінь гідратації – це здатність сухої речовини продукту переводити

воду зі структурно вільного стану у стан структурно зв'язаний за кількісної характеристики її реалізації.

Білкові речовини в чистому вигляді та в складі білковмісних продуктів у технологічному процесі здатні перетворюватися в бажаному напрямку тільки за наявності певного ступення гідратації.

Як правило, продукти які містять білки у значних кількостях, тобто більш-менш концентровані за білками, спроможні до додаткової гідратації, оскільки здатність білкових речовин зв'язувати воду значно більша за фізично присутню кількість води у продукті.

Набухання – це спонтанний процес поглинання високомолекулярним білком низькомолекулярної рідини-розчинника (води), яке приводить до значного збільшення маси і об'єму взятої харчової речовини.

Продукти з проміжною вологістю в процесі набухання характеризуються ступенем набухання, як відносна величина що може характеризувати кінетику процесу набухання.

Під час гідратації білкових речовин розрізняють необмежене та обмежене набухання.

Необмежене набухання приводить до утворення розчинів, тому що під дією розчинника молекули білка відриваються одна від одної та переходять у розчин.

Обмежене набухання не закінчується розчиненням. Більшість олігомерних білків набухають обмежено, бо вони з'єднані на рівні четвертинної структури ковалентними зв'язками.

Набухання білків у процесі гідратації має вибірковий характер стосовно розчинника (згідно класифікації білків за розчинністю за Г. Осборном).

На ступінь та кінетику набухання білкових речовин у відповідному до властивостей білка розчиннику впливають різні технологічні фактори: температура, тиск, величина рН середовища, присутність у розчині сторонніх речовин, особливо електролітів, та їх концентрація, ступінь подрібнення білкових речовин та така величина, як «вік» полімеру.

Гідратація білкових молекул відбувається за рахунок **іонної та молекулярної адсорбції**, що пов'язано з присутністю в білках полярних груп. При цьому вільні полярні групи забезпечують *іонну адсорбцію*, а зв'язані – *молекулярну*.

Величина молекулярної адсорбції постійна для кожного білка.

Дегідратація білків – це протилежний гідратації процес, тобто процес видалення вологи.

Розрізняють *оборотну та необоротну* дегідратацію. Як правило, *необоротна дегідратація супроводжується денатурацією білків*.

Дегідратація білковмісних продуктів може бути наслідком цілеспрямованої дії згідно технологічного процесу, а також результатом впливу різних

небажаних факторів, наслідком яких є втрата функціональних властивостей.

Одним із факторів дегідратації є денатурація білків, у результаті чого змінюються як їх агрегатний стан, так і відношення до води.

Однією з основних ознак дегідратації є переходи колоїдного стану білкових речовин:

- золь – гель,
- **гель (1 роду) – гель (2 роду),**
- розчин – флокулят.

Одні й ті самі білки за різних значень рН мають різну стійкість до дегідратації. Відомо, що в *ізоелектричній точці* білки знаходяться в *найменш гідратованому стані*. Їх здатність утримувати воду найменша. Тому фактори, які підсилюють дегідратацію, наприклад температура, в ізоелектричній точці діють найбільш ефективно.

Дегідратація білків проходить також при всіх видах сушіння з отриманням продуктів з проміжною вологістю.

Причиною дегідратації білків можуть бути також біохімічні, осмотичні та ферментативні процеси.

Ферментативні процеси в м'ясній сировині у період посмертного задубіння призводять до комплексоутворення білків, після чого, зокрема, зменшується питома поверхня білків, що виявляється в зниженні **стереоефекту гідратації** за рахунок просторової доступності гідрофільних груп.

Денатурація – процес, при якому під дією зовнішніх факторів (температури, механічної дії, дії хімічних агентів та інших факторів) відбувається зміна вторинної, третинної та четвертинної структури білкової макромолекули, тобто її нативної просторової структури.

Денатурація супроводжується зміною фізико-хімічних та біологічних властивостей білків.

Денатурація білків у технології харчових продуктів повинна сприйматися з кількох позицій:

- фактор, який забезпечує реалізацію поняття *кулінарна готовність*;
- фактор, який дозволяє або цілком припинити ферментативну діяльність, або зменшити її швидкість;
- фактор, який забезпечує мікробіологічну безпеку;
- фактор втрати білками своїх функціональних властивостей і своєї видової специфічності.

До денатурації призводять наступні технологічні фактори – висока або низька температура, випромінювання, значні зміни рН, іонної сили, колоїдної рівноваги, інтенсивна механічна дія та інші поверхневі ефекти, хімічні речовини та модифікація, вплив часу. При цьому порушуються найбільш чутливі до впливу четвертинна, третинна та вторинна структури білків. Первинна структура залишається без змін. Типовим наслідком денатурації

простих білків є їх комплексоутворення з іншими білками та органічними сполуками, а для олігомерів – розпад на субодиниці.

Із загальних закономірностей денатурації слід, перш за все, виділити значне погіршення гідрофільності та підвищення гідрофобності білків.

Під температурою денатурації розуміється найнижча температура, за якої починаються видимі денатураційні зміни.

Коагуляція білка – процес зміни колоїдного стану білків під дією різних факторів. Залежно від властивостей та концентрації білка, коагуляція може йти з утворенням кінцевих продуктів з різним агрегатним станом.

Температура коагуляції (температурна гель-точка) – це найменша температура, за якої білок змінює свій колоїдний стан.

Введенням сахарози та інших простих цукрів або розчинних декстринів вдається підвищити температуру коагуляції білків, тобто температурно їх стабілізувати, що широко використовується в технології солодких страв і соусів з використанням яєць. Навпаки, використання високих концентрацій солі, спирту та інших дегідраторів цю температуру знижує.

Коагуляційні процеси використовуються для виділення білків.

Виморожування розчинника приводить до підвищення концентрації сухих речовин, наслідком чого є висолювання білків, тобто їх часткова денатурація. За рахунок цього заморожені гідратовані білки за властивостями відрізняються від нативних. Речовини, які знижують температуру замерзання, отримали назву кріопротекторів, до яких слід віднести сахарозу, сіль, гліцерин.

У денатурації білків значну роль відіграють інші компоненти біологічної системи, у тому числі ліпіди, вуглеводи. Завдяки складній будові та досить високій реакційній здатності функціональних груп білків, вони легко з ними комплексують з утворенням сполук, які значно видозмінюють властивості білків. Як правило, наслідком цього є значне зниження функціональних можливостей білків.

Взаємодія з ліпідами іде кількома шляхами. По-перше, ця взаємодія може йти за рахунок адсорбції білкових молекул на бімолекулярному шарі ліпідів. Вона може супроводжуватися зміною структури білкових молекул, тобто їх денатурацією.

Другий вид взаємодії між білками та ліпідами йде за рахунок включення білка до складу поверхні бімолекулярного шару, що викликає часткову зміну на рівні четвертинної та третинної структур білка. Наслідком цього є зміна функціональних можливостей білка.

Третій вид взаємодії білків та ліпідів полягає в тому, що за рахунок білка на поверхні мембрани білок повністю змінює четвертинну, третинну, вторинну структури.

Взаємодія поміж білком та ліпідом можлива під впливом різних технологічних факторів, наприклад тепла, вологи.

Широко відома в технології реакція цукроамінної конденсації, яка лежить у основі термічної денатурації та деструкції білків. Результатом реакції є значна зміна функціональних та технологічних властивостей білків, а також органолептичних показників харчової системи – кольору, смаку, консистенції.

Деструкція білка – це руйнування первинної структури білка. Глибина деструкційних процесів залежить від багатьох технологічних факторів, до яких, у першу чергу, слід віднести температуру, тиск, наявність ферментів, присутність деяких компонентів у активній формі тощо.

Під впливом хімічних факторів – хімічної модифікації, наприклад ангідридами кислот, окислення, відновлення, пластеїнової реакції, ферментативної модифікації – можливе порушення і на рівні первинної структури, що є проявом деструкції.

Деструкція білків стала важливим технологічним етапом і зумовлює обґрунтування багатьох параметрів технологічного процесу.

На рис. 2.4 наведено два принципово незалежних один від одного шляхи ферментативного виділення лігандів, зв'язаних із білком. Менше специфічний шлях ґрунтується на руйнівній дії протеаз. За неспецифічної дії ферменти здатні руйнувати ліганд, не руйнуючи при цьому білок.

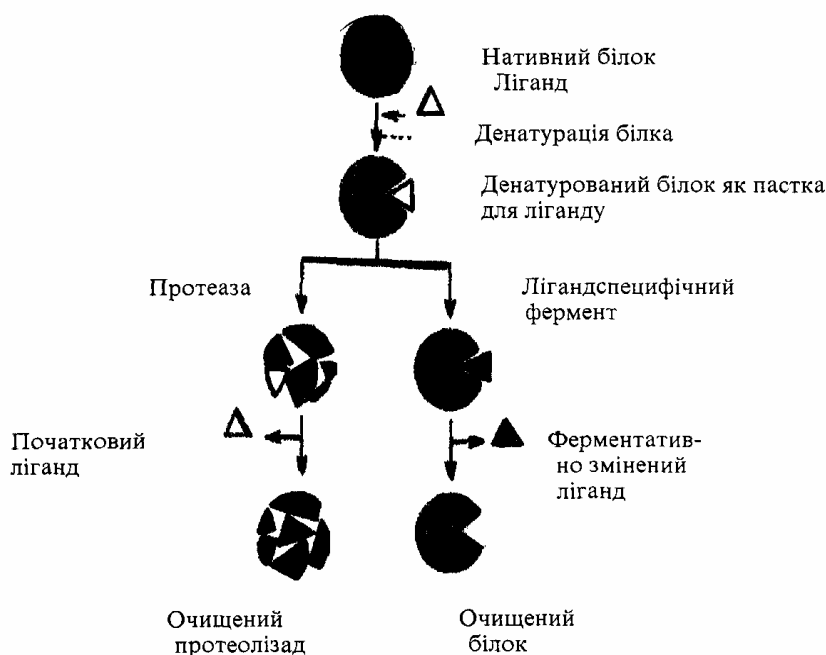


Рис. 2.4. Принципова схема протеолітичної деструкції білків

Запитання для самоперевірки:

1. Білки. Класифікація білків. Їх склад і структура. Фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості білків.

2. Гідратація білків. Вид зв'язку води з білковою молекулою. Механізм адсорбційного зв'язування води.

3. Вплив середовища, температури на процеси гідратації білків. Вплив

гідратації білків на якість харчових продуктів.

4. Дегідратації білків. Види дегідратації та її сутність. Роль у технологічних процесах.

5. Денатурація білків. Види денатурації. Зміна структури та властивостей білкової молекули за денатурації.

6. Коагуляція білків. Особливості процесів коагуляції залежно від колоїдного стану та концентрації білків в середовищі. Роль коагуляції білків у технологічних процесах.

7. Деструкція білків. Теплова та ферментативна деструкція. Зміна структури та властивостей білків унаслідок деструкції. Вплив факторів середовища на цей процес.

8. Характеристика білкових препаратів та їх функціонально-технологічні властивості. Модифікація властивостей білків.

9. Функціональні властивості білків.

10. Відмінність білків до здатності утворювати розчини ВМС та колоїдні розчини.

11. Набрякання білків. Загальні відомості про механізм.

Лекція 2.3 Вуглеводи в технологічному процесі виробництва продуктів харчування (6 год).

1. *Загальна характеристика вуглеводів.*

2. *Товарознавчо-технологічна класифікація вуглеводів та їх загальні функціонально-технологічні властивості.*

3. *Зміна властивостей цукру та цукристих речовин під впливом технологічних факторів*

4. *Загальна характеристика крохмалю, його функціонально-технологічні властивості. Модифікація крохмалю.*

Рекомендована література для вивчення теми: [12, 13]

Ключові слова: вуглеводи, моносахариди, олігосахариди, полісахариди, крохмаль, карамелізація, меланоїдиноутворення, клейстеризація, ретроградація, модифіковані крохмалі.

1. Загальна характеристика вуглеводів

Вуглеводи – поліоксиальдегіди та поліоксикетони, а також похідні цих сполук.

Вуглеводи найчастіше класифікують за *хімічним складом* таким чином:

– моносахариди (триози – гліцериновий альдегід; тетрози – тріоза, ерітроза; пентози – ліксоза, ксилоза, арабіноза, рибоза; гексози – талоза, галактоза, ідоза, гулоза, манноза, глюкоза, фруктоза, альтроза, аллоза);

– олігосахариди (дисахариди – сахароза, трегалоза, мальтоза, лактоза);

– полісахариди (крохмаль, глікоген, клітчатка, пектинові речовини тощо).

Моносахариди – це сполуки, в основі яких лежить нерозгалужений вуглеводневий ланцюг, при одному із атомів вуглецю якого знаходиться карбонільне угруповання, а при всіх інших – по одній гідроксигрупі. Вони мають узагальнюючу формулу $(\text{C}_n\text{H}_n\text{O})_n$.

Моносахариди класифікуються наступним чином: триози ($n=3$), тетрози ($n=4$), пентози ($n=5$), гексози ($n=6$), гептози ($n=7$). Залежно від того, чи входить до складу моносахариду альдегідна або кетогрупа розрізняють *альдози* та *кетози*. Залежно від будови хіральних центрів розрізняють *D-ізомери* та *L-ізомери*.

Складні вуглеводи поділяються на *низькомолекулярні сахароподібні* (олігосахариди), та *високомолекулярні несахароподібні*.

Дисахариди (сахароза, трегалоза, мальтоза, лактоза, ізомальтоза) утворюються із двох простих цукрів за рахунок виділення однієї молекули води.

Залишки молекул простих цукрів з'єднуються поміж собою в молекулах дисахаридів двома способами:

- за рахунок напівацетального гідроксилу одного простого цукру і звичайного гідроксилу (як правило у положенні C4) іншого простого цукру;
- за рахунок напівацетальних гідроксилів обох простих цукрів.

Високомолекулярні несахароподібні або вищі **полісахариди** є кінцевими продуктами фото-, або біосинтезу рослин.

Полісахариди – полімерні вуглеводи, молекули яких побудовані з моносахаридних залишків, з'єднаних глікозидними зв'язками.

Гомополісахариди вирізняються глікозидними зв'язками та вторинною структурою молекул, а **гетерополісахариди** – ще й структурою складових монополісахаридів.

Узагальнюючу схему класифікації вуглеводів, які зустрічаються у харчових продуктах наведено на рис. 2.5.

Полісахариди поділяються на ті, що перетравлюються організмом – крохмаль, глікоген, частково пектин, протопектин, геміцелюлоза, та ті, що не перетравлюються – *харчові волокна*.

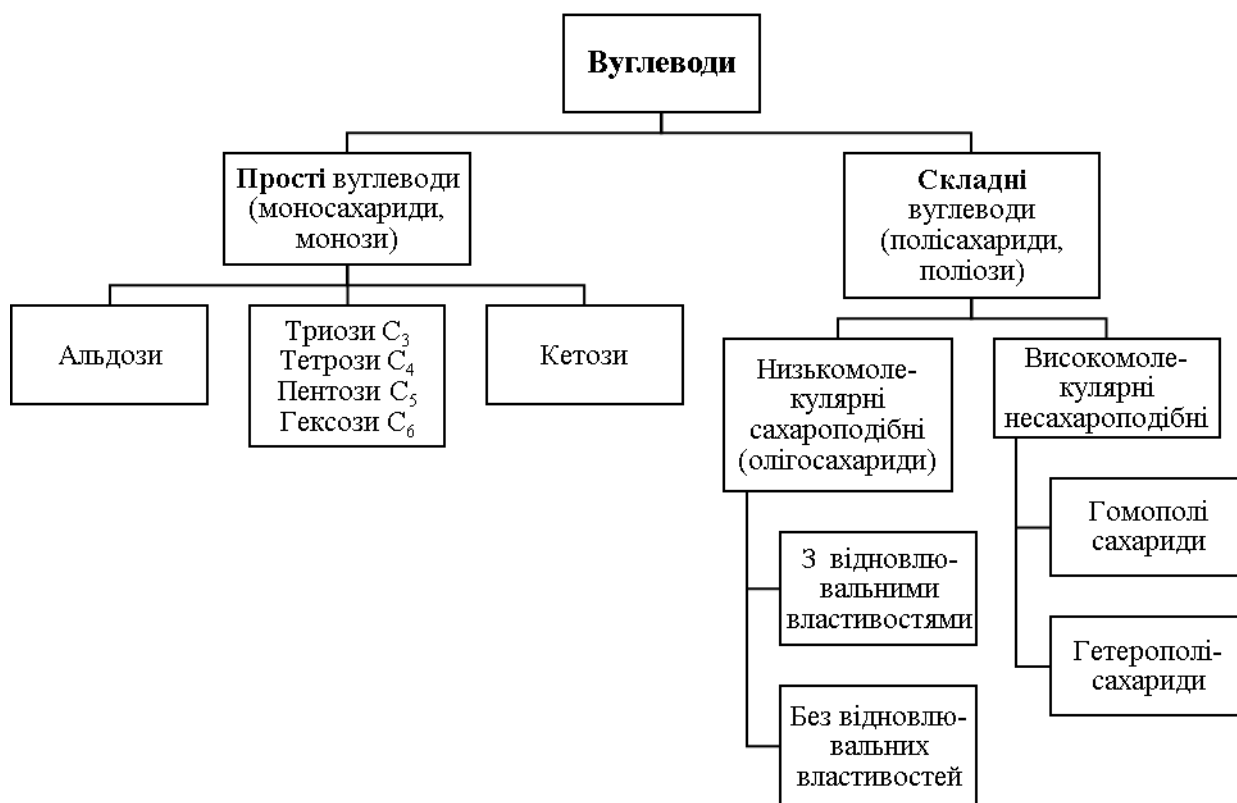


Рис. 2.5. Класифікація вуглеводів

2. Товарознавчо-технологічна класифікація вуглеводів та їх загальні функціонально-технологічні властивості.

За товарознавчою класифікацією вуглеводи в чистому вигляді у заклади ресторанного господарства та підприємства харчової промисловості надходять у виділеному стані – цукор, глюкози, фруктози, мед, штучний мед, у вигляді сиропів – соргового, кавунового (нардека), виноградного (бекмесу), кленового, а також фруктозного сиропу із топінамбуру та цикорію.

Поміж полісахаридів найбільше поширені крохмалі, крохмале-продукти – модифіковані крохмалі, патока, глюкози, саго.

У вигляді товарного продукту до підприємств ресторанного господарства та харчових виробництв поступають гідроколоїди – пектини (яблучний, цитрусовий), сульфатовані полісахариди – агар, агароїд, фуцеларан, карагінан.

Гідроколоїди виконують наступні функції:

- загусників (thickening agents), завдяки збільшенню в'язкості;
- гелеутворювачів (gelling agents), завдяки зміні структури з текучої на постійну;
- стабілізаторів (stabilizers), роблячи можливим збереження постійної структури протягом певного часу;
- кріопротекторів.

Гідроколоїди за походженням поділяються на

- гідроколоїди природного походження;

– повністю, або напівштучні гідроколоїди.

Гідроколоїди природного походження включають:

– продукти які виділені з рослин, так звані *гуммі*, типові для дерев та кущів сухих районів, наприклад гуммі: араб'як, карайя, трагаканта, клей вишні, сливи. *Гуммі (камеді)* – поліцукри, які виділяються при порушенні цілості рослин у вигляді прозорої рідини, яка застигає;

– *екстракти*, які отримуються фізичними або хімічними методами з:

- насіння (з борошна насіння рожкового дерева);
- водоростів (агар-агар, карагенан, агароїд, альгінати);
- рослинної сировини (пектин, геміцелюлози);
- сировини морського походження (хітин та його розчинна форма хітозан);
- з мікроорганізмів (ксантан, декстрин).

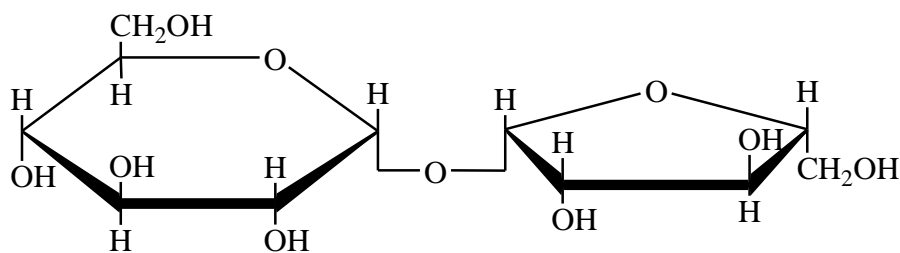
Повністю або напівштучні гідроколоїди отримують різними методами модифікації природної сировини, наприклад, перетворенням целюлози в карбоксиметилцелюлозу, метилцелюлозу, гідроксипропілцелюлозу.

Серед технологічних властивостей моносахаридів та дисахаридів найбільш суттєвим у технологічному процесі є їх здатність надавати харчовим системам *солодкого смаку*.

Полісахариди не мають солодкого смаку, але під час гідролізу крохмалю нагромаджуються декстрини, що мають солодкий смак. Так солодкуватим смаком характеризується патока – продукт неповного кислотного гідролізу крохмалю.

3. Зміна властивостей цукру та цукристих речовин під впливом технологічних чинників

Сахароза – дисахарид, який складається з двох моноцукрів – α -глюкози і α -фруктози, з'єднаних між собою глюкозидними зв'язками. Сахароза – дисахарид (α -D-глікопіранозил – β -D-фруктофуранозид) – представлена формулою.



За товарними ознаками сахароза є кристалічною безкольоровою речовиною з температурою плавлення кристалів 185...186°C, її розчини

повертають площину поляризації праворуч на +66,53°.

До основних технологічних властивостей цукру, які одночасно збігаються з функціональними властивостями сахарози, слід віднести:

- здатність до розчинення з утворенням розчинів, або сиропів різної густини;
- здатність до термічного перетворення з утворенням карамелі, а також меланоїдинів;
- здатність до кислотного та ферментативного гідролізу;
- здатність виступати в ролі дегідрататора системи;
- здатність виступати в ролі структуроутворювача, панірувального матеріалу, барвника.

Сахароза добре розчинна у воді, за 20°C у 1 кг води розчиняється 2,039 кг сахарози.

Загальна розчинність сахарози та інших цукрів може бути підвищена за рахунок додавання інвертного цукру. Більше того, ця добавка дозволяє регулювати і добрати певну в'язкість розчинів сахарози.

Таблиця 2.2. Розчинність сахарози за різних температур

Температура, °С	Розчинність сахарози	
	% за масою (% р/р*)	кг у 1 кг води
0	64,18	1,792
10	65,58	1,905
20	67,09	2,039
30	68,70	2,195
40	70,42	2,381
50	72,25	2,604
60	74,18	2,873
70	76,22	3,205
80	78,38	3,622
90	80,61	4,157
100	82,97	4,872

* – % р/р_{сахарози} – градуси Брікса (визначеного ареометром Брікса або рефрактометрично)

Здатність до пересичення. Підвищення температури кипіння залежно від концентрації сахарози має нелінійний характер.

Пересичені розчини, як правило, в технологічній практиці отримують декількома шляхами:

- охолодженням насичених розчинів до нижчих температур;
- введенням у насичений розчин при температурі насичення додатково речовини, яка здатна віднімати воду, тобто дегідрататора;

– випарюванням насиченого розчину, що призводить до збільшення концентрації сухих речовин.

У технологічній практиці велике значення має швидкість кристалізації із насичених розчинів. Швидкість кристалізації в пересичених розчинах і розміри кристалів можуть значно зменшуватись при додаванні глюкози, інвертного цукру, глюкозних сиропів, гідроколоїдів, що збільшують в'язкість. Ці властивості використовуються в технологіях отримання продуктів, де сахароза не викристалізовується і потребує значної концентрації.

Одночасно при пересиченні для розчинів сахарози характерний фазовий перехід із розчинів у викристалізований стан.

Ступінь викристалізації залежить від виникнення центрів кристалізації, кількість яких лінійно залежить від коефіцієнта пересичення та інтенсивності механічної дії, наприклад перемішування.

У процесі кристалізації проходять два самостійні процеси:

- первинне зародження кристалів;
- рекристалізація кристалів, тобто довільне зростання з певною швидкістю.

Структуроутворююча здатність основана на властивості розчинів сахарози, або сиропів, або інвертного цукру змінювати поступово в'язкість за зміни температури, при цьому не змінюючи фазовий стан, тобто не викристалізовуючись.

Гігроскопічність сахарози. Гігроскопічність сахарози є її об'єктивною властивістю, що суттєво впливає на умови зберігання, а також впливає на текстуру деяких харчових продуктів.

Склоподібний стан цукру та деякі кондитерські вироби. Шляхом технологічної трансформації цукру із кристалічного стану у склоподібний отримують значну кількість харчових виробів, які посідають вагому частку в обсязі реалізації кондитерських виробів населенню.

Склоподібне тіло може бути отримане декількома шляхами:

- шляхом термічного розплавлення кристалічного цукру;
- шляхом швидкого заморожування розчину;
- швидким насиченням розчину при підвищенні температури з послідовним швидким його охолодженням (у випадку «варених» цукрів);
- шляхом дегідратації розчину (ліофілізацією або розпилом) для розчинів сахарози, лактози.

Склоподібний стан не є стабільним. За певних температур, у так званій «перехідній» зоні в'язкість падає (рис. 2.6), і цукор може викристалізовуватись.

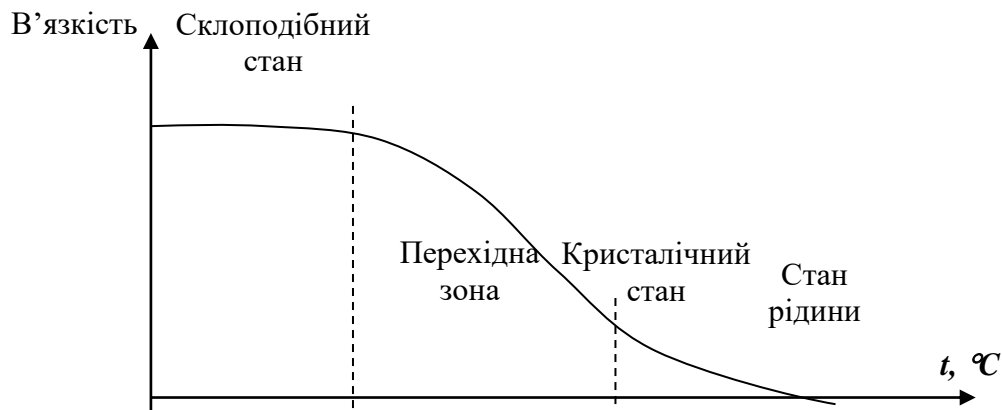


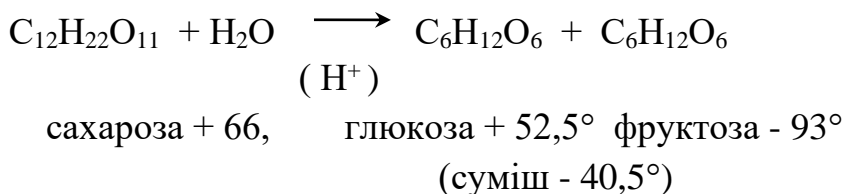
Рис. 2.6. Перехід цукру зі склоподібного стану в кристалічний: зміна в'язкості залежно від температури

Солодкий смак та підсолоджувачі. Солодкий смак, носіями якого є багато цукристих речовин, – одна з головних технологічних характеристик, яка є домінуючою при обґрунтуванні їх використання в технології харчових продуктів. Смак цукру є лінійною функцією від його концентрації. За «силою» солодкого смаку цукри розміщуються у ряд: підсолоджувачі > фруктоза > сахароза > гліцерол > глюкоза > галактоза > гліцин > лактоза і мальтоза.

Гідроліз дисахаридів. У технологічних процесах розрізняють *кислотний та ферментативний гідролізи* дисахаридів. Гідроліз сахарози може проходити під дією ферменту інвертази, наприклад інвертази дріжджів у технології виробів із дріжджового тіста.

Під час нагрівання розчинів дисахаридів у присутності кислот дисахариди здатні розпадатися на мономери.

Сахароза гідролізується наступним чином:



За рахунок зміни оптичної активності відносно до повороту площини поляризації процес гідролізу отримав назву *інверсії*, а еквімолекулярна суміш глюкози та фруктози – *інвертного цукру*.

Ступінь і швидкість інверсії залежать від параметрів технологічного процесу – тривалості процесу, температури гідролізу, концентрації сахарози, концентрації та виду кислоти.

3.2 Неензиматичне побуріння цукристих речовин під дією технологічних факторів.

Неензиматичне побуріння (неферментативне покоричнювання) – комплекс складних реакцій, спрямованих на різні продукти, з формуванням бурих та чорних пігментів, які сприяють формуванню смаку та запаху готових продуктів або напівфабрикатів.

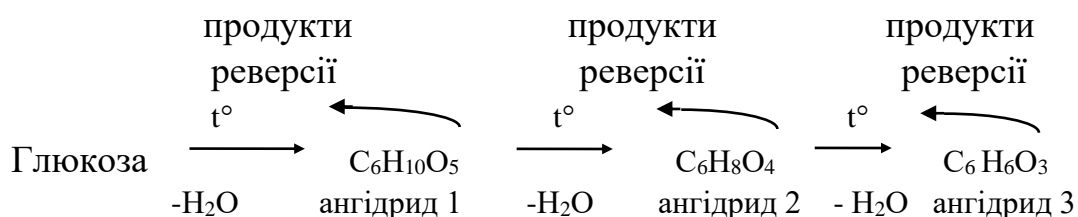
Неензиматичне побуріння об'єднує такі процеси, як *реакція Майара*, *карамелізація*, *утворення меланоїдинів*. Останнє поняття стосується загальної форми бурих та чорних пігментів, які утворюються в результаті реакції неензиматичного побуріння (термін «меланіни» застосовується до утворення пігментів унаслідок ензиматичного побуріння).

Карамелізація – термічне перетворення цукрів з отриманням склоподібного тіла, що супроводжується зміною забарвлення та виникненням цілої гамми нових речовин.

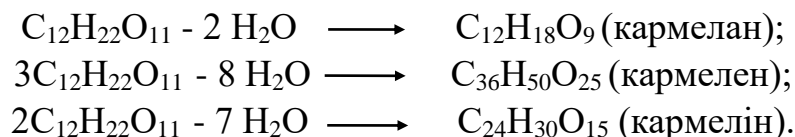
Нагрівання цукрів до температур понад 100°C у нейтральному або слабкокислому середовищі призводить до їх дегідратації з утворенням *ангідридів цукрів*.

Ангідриди – ненасичені продукти реакції карамелізації, які мають зависоких температур високу реакційну здатність.

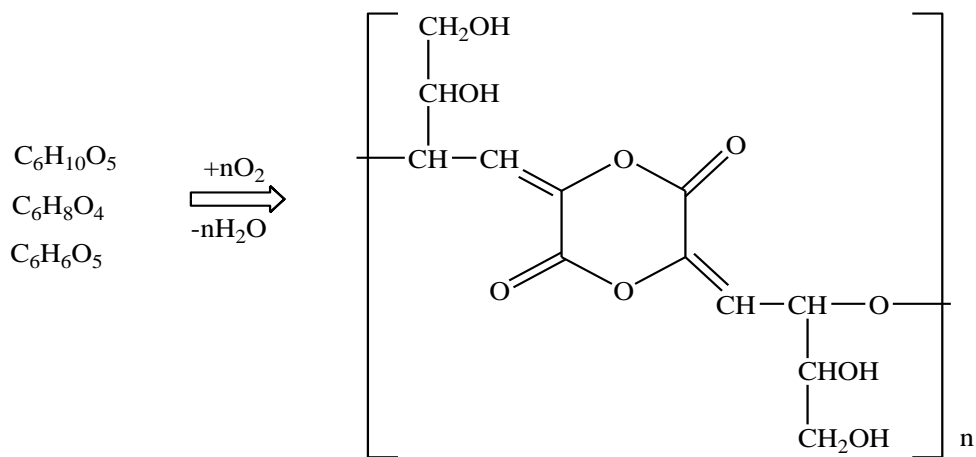
Найбільше вивчено шлях термічного перетворення глюкози:



Для сахарози встановлено деякі стадії ангідридикації, що мають певне технологічне значення. Насамперед, стосовно інтенсивності кольору:



Водночас із можливою зміною кольору проходять процеси поліконденсації ангідридів. Результатом цих процесів є утворення карамелі – склоподібного тіла.



Продукт поліконденсації (склоподібне забарвлене тіло)

Процес карамелізації цукрів йде не лише з утворенням склоподібного забарвленого тіла, а й з утворенням:

- групи ароматичних летких і реакційноздатних речовин;
- гліцериновий альдегід та діоксіацетон;
- піровиноградний альдегід та молочна кислота;
- 5-окси-метилфурфурол;
- левуленова та мурашина кислоти.

Реакція меланоїдиноутворення – це реакція термічної конденсації вуглеводів та білків з утворення меланоїдинів.

Субстрати реакції меланоїдиноутворення, у першу чергу, представлені карбонільними сполуками та редуруючими цукрами (полігідроксикарбонільні сполуки). Присутні також інші сполуки, які мають карбонільні групи, наприклад деякі вітаміни – аскорбінова кислота, вітамін К, ортофеноли, природні ароматичні сполуки (цинамові альдегіди та ваніль), продукти окислення ліпідів та ін.

Неензиматичне побуріння відбувається й під час зберігання харчових продуктів. Процес прискорюється при підвищенні температури та має прояв при пастеризації, варенні, дегідратації.

Меланоїдини – це гетерогенна група високомолекулярних темнозабарвлених сполук, утворення яких супроводжується нагромадженням у харчовій системі продуктів деструкції вуглеводів, амінокислот та продуктів їх спільної взаємодії.

Реакція меланоїдиноутворення об'єктивна з погляду на властивості речовин (редукованих цукрів та амінокислот), це суто технологічний процес, бо його перебіг залежить від багатьох технологічних факторів: температури, тривалості, концентрації та співвідношення компонентів, реакції середовища, присутності інгібіторів та ініціаторів, – а також регулюється ними.

Загальна схема та стадії неензиматичного побуріння.

Принципові етапи неензиматичного побуріння (рис. 2.7) включають:

- утворення цукрозамінних комплексів у результаті цукрозамінної конденсації «конденсації Майара»;
- перетворення цукрозамінних комплексів за рахунок перегрупування Амадори (або Хейнца);
- деструкція кетозамінів і утворення реакційноздатних карбонільних сполук;
- деструкція за Штекером;
- формування меланоїдинів.

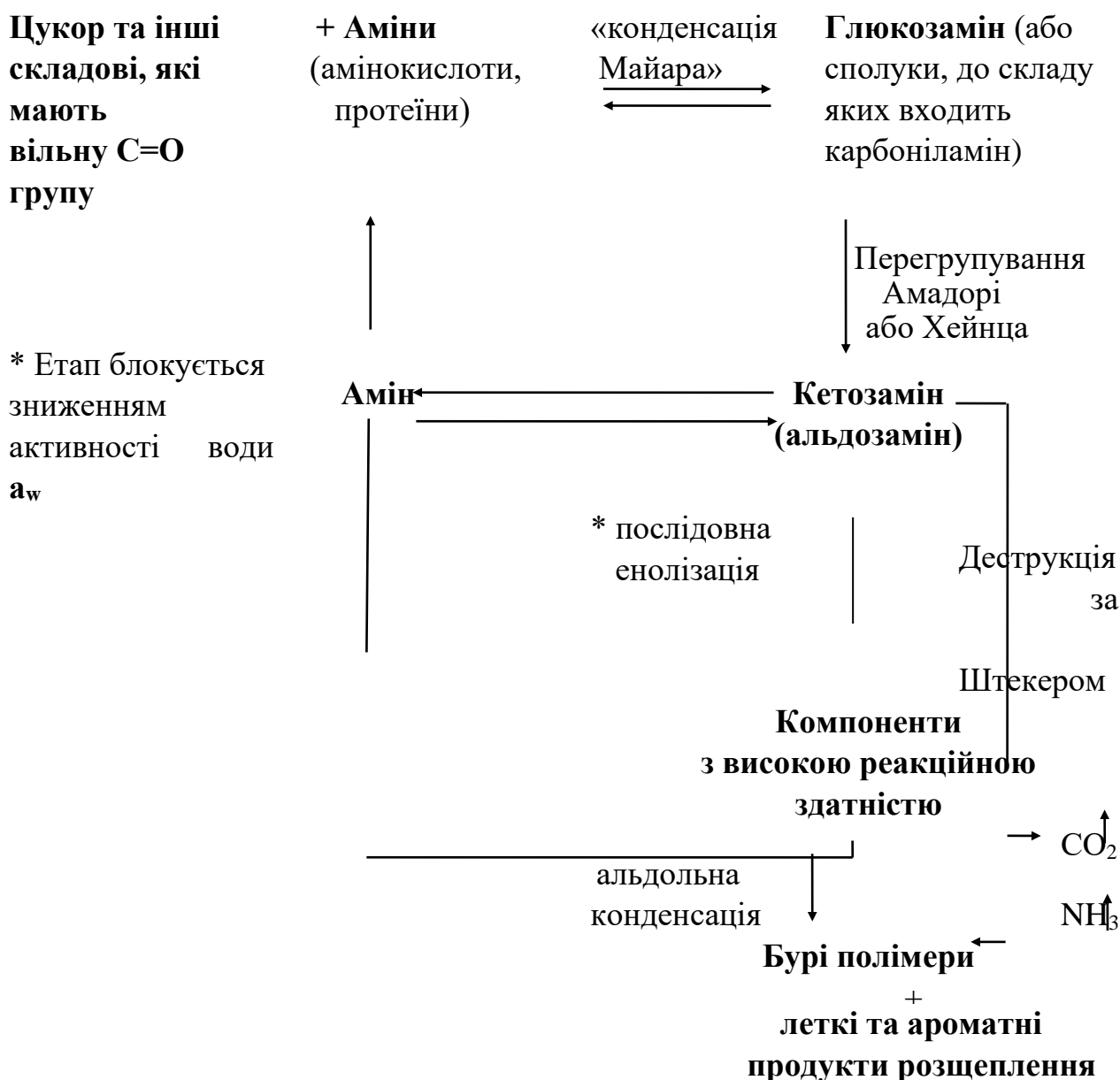


Рис. 2.7. Принципова схема неензиматичного побуріння

У загальному вигляді реакції меланоїдиноутворення можна розподілити на два етапи:

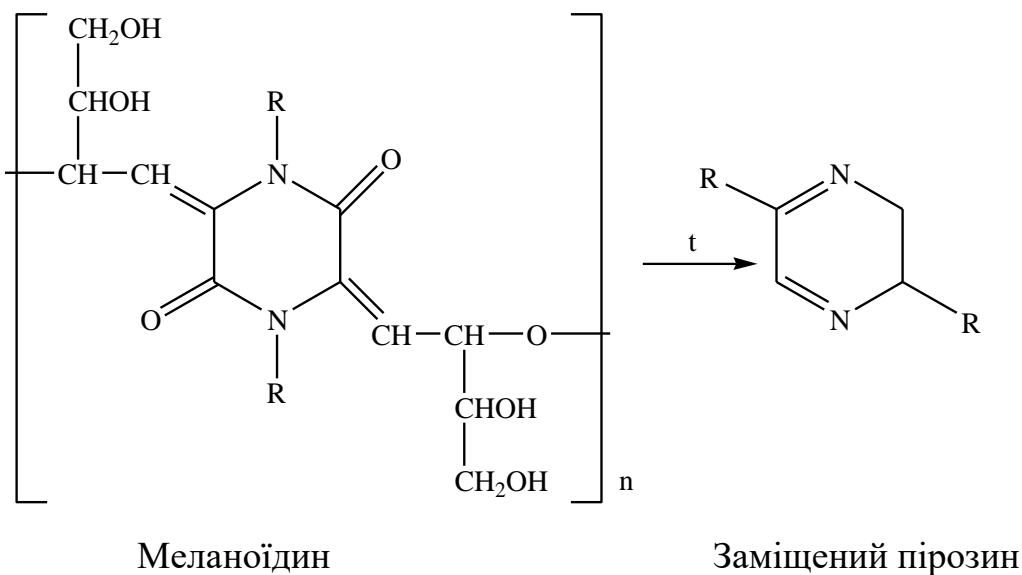
- 1) утворення та нагромадження реакційноздатних карбонільних сполук, утворених з редукуючих цукрів;

2) формування бурих полімерів.

Реакційноздатні сполуки майже завжди присутні в харчових продуктах, але їх кількість може суттєво збільшуватися за певних обставин.

Формування бурих полімерів. Другий етап неензиматичного побуріння більш складний і до кінця не з'ясований. Карбонільні сполуки, утворені на першому етапі побуріння, в хімічному плані нестабільні й тому активно спроможні до деструкції або полімеризації.

Вважають, що в основі будови полімерів меланоїдинів може бути мономер, який характеризується формулою.



До факторів впливу на неензиматичне побуріння належать різноманітні фізичні та хімічні фактори, а значить, і технологічні, які впливають не тільки на швидкість, а й на природу реакції побуріння:

- *природа відновлювальних цукрів;*
- *температура;*
- *активність води;*
- *значення рН.*

4. Загальна характеристика крохмалю, його функціонально-технологічні властивості. Модифікація крохмалю

У деяких технологічних процесах особливий вплив на якість кулінарних виробів чинить крохмаль, який є представником резервних рослинних полісахаридів. Фізіологічно – це речовина-депо, аналог тваринного глікогену, а не структурний полісахарид, такий, як целюлоза, пектин.

З іншою метою у харчовій промисловості крохмалі використовуються:

- для захисту гігроскопічних порошкоподібних речовин (наприклад, цукру), оскільки крохмалі адсорбують вологу, не утворюють грудок;
- для змішування з борошном з метою корегування в ньому вмісту білка

(«сили» борошна);

- у виробництві аперитивів (snacks), екструдованих та вальцевих продуктів;
- у виробництві алкогольних напоїв (пиво, горілка тощо).

Крохмаль за формою має вигляд зерна з природно організованою структурою. Ці зерна являють собою сферичні кристали (рис. 2.7), які видимі в електронний мікроскоп з дифракційною сіткою рентгенівських променів.

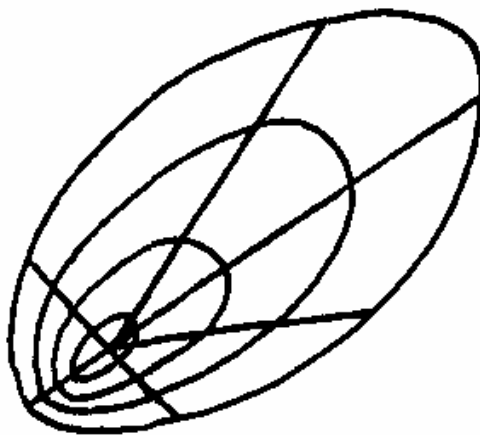


Рис. 2.7. Вигляд гранули крохмалю під мікроскопом

Крохмаль – це полісахарид $(C_6H_{10}O_5)_n$, який побудований з молекул α -Д-глюкопіраноз і складається з двох фракцій – амілози (10...20%) та амілопектину (80...90%). Майєр К. уперше показав, що крохмаль не є хімічною індивідуальною сировиною, а складається із зазначених двох фракцій, які знаходяться в різних співвідношеннях.

Амілоза – в основному, лінійний полісахарид, у якому α -Д-глюкопіранози зв'язані у положенні 1-4.

Існує два типи амілоз:

- амілози з відносно низьким ступенем полімеризації (близько 2000), які не мають «структурних аномалій», повністю розщеплюються β -амілазою;
- амілози з більшим ступенем полімеризації (понад 6000), які мають структурні бар'єри для β -амілази; розщеплюваність їх складає 60%. Амілоза повністю розщеплюється β -амілазою з неальдегідного кінця, частинами – по два глюкозних залишки, які утворюють із приєднанням однієї молекули води мальтозу.

Амілоза у водних розчинах нестійка, особливо за зниження температури. Концентровані розчини дуже швидко трансформуються в аморфні гелі, більш-менш міцні, еластичні та, інколи, ізотропні. З часом утворюються також кристалічні гелі та спостерігається утворення «незворотних» осадів (рис. 2.8).

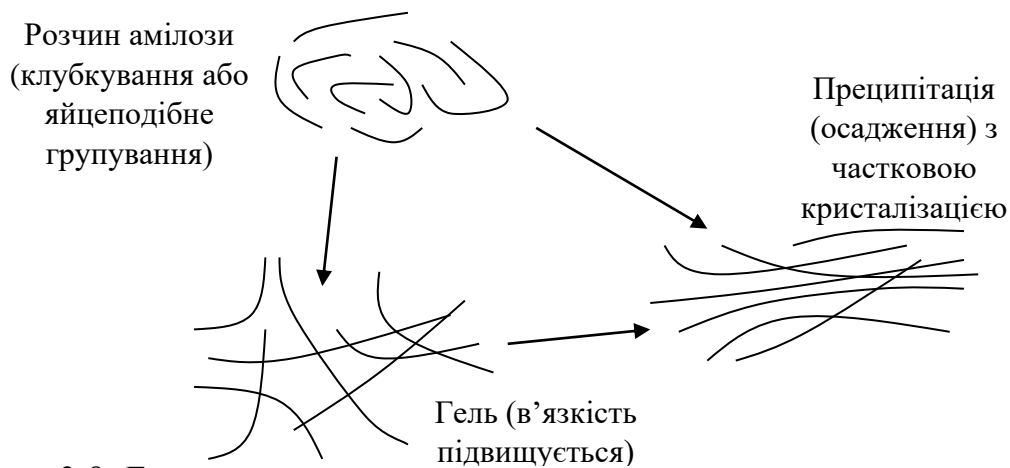


Рис. 2.8. Еволюція розчинів амілози

Старіння, або ретроградація (гелеутворення, затвердіння) супроводжується синерезисом з розділенням рідкої та твердої фаз.

На швидкість старіння впливають значення рН, присутність іонів, концентрація та молекулярна маса амілози.

Амілопектин, на відміну від амілози, має розгалужену структуру, в якій у лінійній частині глюкоза зв'язана α -1,4-глюкозидними зв'язками, а в місцях з'єднання бокових ланцюгів існує зв'язок α -1,6, який руйнується приблизно в 4 рази важче, ніж зв'язок α -1,4 (рис. 2.9). Ступінь кристалізації амілопектину значно нижча, ніж амілози.

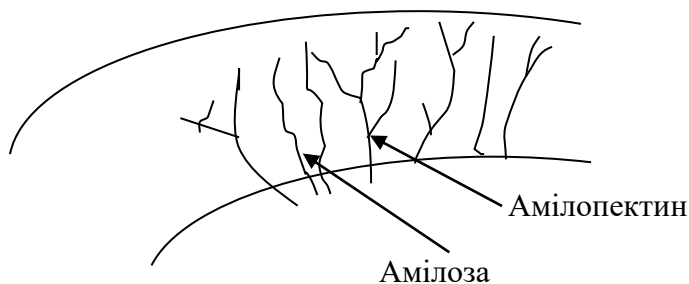


Рис. 2.9. Розміщення молекул амілози і амілопектину в зерні крохмалю

Зміна властивостей крохмалю під дією технологічного процесу.

Набухання та клейстеризація значною мірою залежать від впливу зовнішніх умов – швидкості підвищення температури, гідромодулю, механічної дії, розміру зерен крохмалю, присутності електролітів, а також від стану крохмальних полісахаридів, які можуть змінюватись в результаті руйнування або утворення структури продукту, а також виду та активності амілолітичних ферментів.

Набухання крохмальних зерен та гідратація складових полісахаридів, які йдуть одночасно у водному середовищі за підвищення температури як єдиний

процес, отримали назву *клейстеризації* крохмалю, а кінцевий колоїдний продукт (дисперсія) – *клейстера*. У спеціальній та іноземній літературі термін «клейстеризація» ототожнюється з терміном гелювання (*gelatinizacion*).

Клейстеризація – це руйнування нативної структури крохмальних зерен у процесі гідротермообробки, яке супроводжується набуханням.

У інтервалі температур етапу 0...1 (рис. 2.10), до температури клейстеризації, змін у структурі зерна не відбувається.

У інтервалі температур етапу 1...2 поступово зникає шаруватість, у центрі зерна утворюється порожнина, на поверхні з'являються складки, у точці зростання відбувається розрив водневих зв'язків, за рахунок проникнення води зникає оптичний ефект; у точці 2 полісахариди знаходяться в гідратованому стані, структура зерна втрачає видову специфічність, процес незворотний за умов зниження температури і видалення вологи.

У інтервалі температур етапу 2...3 за достатньої кількості вологи проходить набухання зерна з одночасною дифузією амілози та амілопектину в зовнішнє середовище, що призводить до збільшення частки розчинних у воді речовин.

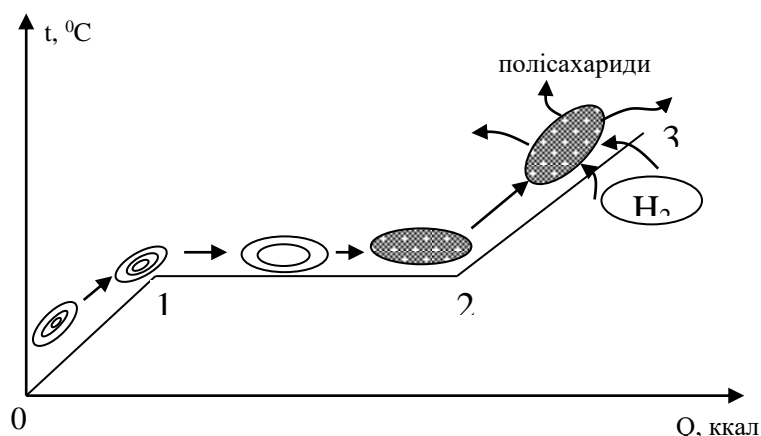


Рис. 2.10. Етапи клейстеризації крохмалю:

0...1 – зростання температури, структуру зерна збережено, процес зворотний;

1...2 – ендотермічна зупинка, температура клейстеризації, процес незворотний;

2...3 – набрякання крохмалю з утворенням клейстеру

Температурний інтервал, у якому відбувається клейстеризація крохмалю, є характерним показником для різних видів крохмалю.

Клейстер є складною колоїдною системою, що містить розчин амілози та амілопектину та набухлі крохмальні зерна.

В'язкість клейстеру зумовлена присутністю набухлих крохмальних зерен, що утворюють велику поверхню контакту з водою, а також здатністю розчинених у воді полісахаридів утворювати тримірну сітку, що містить

значну кількість води.

За подовження гідротермообробки, зерна вибухають, проходить частковий гідроліз і розчинення складових зерен, а за певних умов – їх дифузія у водне середовище, наслідком чого є зниження в'язкості.

За малих концентрацій крохмалю (2...5%, що характерне для супів-пюре, киселів, соусів, а також тіста для млинців, тобто виробів відносно рідкої консистенції) крохмаль знаходиться в цілком клейстеризованому стані, а крохмальний клейстер – у колоїдному стані золя.

За недостатньої кількості води, тобто за збільшення концентрації крохмалю в системі, утворюється гелеподібна структура системи.

З фізіологічної точки зору слід підкреслити, що клейстеризовані крохмалі краще атакуються амілолітичними ферментами.

Гідроліз крохмалю, як процес, заснований на здатності полісахаридів під впливом технологічних факторів зазнавати деструкції з нагромадженням великої кількості речовин, що характеризуються індивідуальними властивостями і відіграють певну роль в технологічних процесах.

За рушійними силами розрізняють *кислотний* та *ферментативний* гідроліз. Механічна деструкція крохмалю отримала назву *механолізу*.

У процесі гідролізу крохмалю збільшується кількість вільних альдегідних груп, зменшується ступень полімеризації і питома обертання вуглеводнів гідролізату, утворюються аміло-, еритро-, ахроо-, тетрадекстрини, трисахариди, мальтоза, глюкоза.

Модифікація крохмалів використовується для підвищення стійкості крохмалів до різних технологічних факторів, таких, як нагрівання, стерилізація, темперування, механоліз, тривалість зберігання, дії технологічного середовища у вигляді кислот, лугів, іонної сили, присутності в розчині сухих речовин тощо.

Модифікація крохмалів поділяється на:

- фізичну;
- хімічну;
- біологічну.

Залежно від змін, що відбуваються у крохмалях, виділяють чотири основні **типи модифікації**:

- набування;
- деполімеризація;
- стабілізація (утворення похідних без поперечнозшитих молекул);
- утворення поперечнозшитих полімерних ланцюгів.

Для використання з харчовою метою дозволені п'ять видів *хімічної модифікації* та їх комбінації:

– етерифікація оцтовим та бурштиновим ангідридом, сумішшю ангідридів оцтової та адипінової кислот, ангідридами октенілбурштинової кислоти, фосфориліл-хлоридом, триметилфосфатом та триполіфосфатом натрію, а також однозаміщені ортофосфати натрію з утворенням складноєфірних похідних;

- етерифікація окисом пропілену з утворенням ефірів;
- кислотна модифікація хлористоводневою та сірчаною кислотами з утворенням гідролізованих продуктів;
- відбілювання перекисом водню, надоцтовою кислотою, перманганатом калію та гіпохлоритом натрію;
- окислення гіпохлоритом натрію.

Таблиця 2.4 Технологічний ефект від модифікації крохмалів

Вид модифікації	Головні технологічні характеристики крохмалю
Набухання	Розчинність та диспергування без теплової обробки, набухання в холодній воді
Етерифікація (ацетилювання)	Підвищення прозорості та стабільності клейстеру за низьких температур, полегшена технологічна обробка
Етерифікація (фосфорилювання)	Підвищення прозорості та стабільності клейстеру, стійкість до заморожування – відтаювання
Етерифікація октенілбурштиновим ангідридом	Підвищення емульгуючої та стабілізуючої здатності
Утворення поперечнозшитих фосфатних ефірів	Підвищення в'язкості та густоти; підвищення стійкості до нагрівання, механолізу, впливу кислого середовища; підвищення стабільності, уповільнення клейстеризації

Запитання для самоперевірки:

1. Вуглеводи. Загальна їх характеристика та класифікація.
2. Характеристика основних фізичних і хімічних властивостей вуглеводів.
3. Характеристика кислотного гідролізу цукрів. Сутність процесу.
4. Карамелізація цукрів. Сутність процесу та вплив технологічних факторів на ступінь термічних змін. Місце в технологічних процесах.
5. Характеристика реакції меланоїдиноутворення. Умови перебігу та механізм реакції.
6. Характеристика крохмалю, його основних фізичних та хімічних властивостей.
7. Набрякання та клейстеризація крохмалю. Сутність процесу та його основні стадії.

Лекція 2.4. Жири і зміна їх властивостей під впливом технологічного процесу
(6 год).

1. Загальна характеристика жирів.
2. Класифікація жирів та їх характеристика.
3. Функціонально-технологічні властивості жирів.
4. Модифікація жирів.
5. Зміна жирів у процесі зберігання та під впливом технологічних факторів.
6. Окислення жирів.

Рекомендована література для вивчення теми: [14]

Ключові слова: ліпіди, омилювальні ліпіди, неомилювальні ліпіди, тригліцериди, фосфоліпіди, стероїди, окислення, автоокислення, термоокислення.

1. Загальна характеристика жирів

Ліпідами (від грецького *lipos* – жир) називають практично нерозчинні у воді (гідрофобні) компоненти клітини, які можуть бути екстраговані з неї неполярними, органічними розчинниками. У технологічній літературі ці сполуки називають жирами, а в біохімії – ліпідами.

Існує декілька класифікацій за суттєвими ознаками.

За *взаємодією з лугами* ліпіди поділяють на дві групи:

- омилювальні ліпіди;
- неомилювальні ліпіди.

Омилювальні ліпіди – це ліпіди, що гідролізуються з утворенням солей жирних кислот, тобто мила.

Неомилювальні ліпіди не містять жирнокислотних залишків, тому не гідролізуються і не утворюють мил.

Ліпіди також класифікують *за вмістом функціональних груп*, які відіграють важливу роль в життєвому метаболізмі та визначають технологічні та товарознавчі властивості:

- тригліцериди;
- фосфоліпіди;
- стероїди.

Ліпіди поділяють за *їх функціями*:

– **резервні ліпіди** в сировині, як правило, містяться у вигляді «вільних». У олійних культур вони, як правило, на 95...97% складаються з триацилгліцеридів (тригліцеридів).

– **структурні ліпіди** утворюють структуру клітин до окислення та гідролізу, а також воски та їх похідні. Їх кількість – 3...5%.

За хімічним складом ліпіди поділяють на дві великі групи – *прості та складні*.

До **групи простих** нейтральних ліпідів (їх молекули не містять атомів азоту, фосфору, сірки) відносять в першу чергу, похідні вищих карбонових кислот та спиртів: гліцеріноліпіди, воски, ефіри холестерину, гліколіпіди.

Складні ліпіди у своєму складі містять не тільки залишки високомолекулярних карбонових кислот, але й фосфорну та сірчану кислоти. Найважливішими серед них є фосфоліпіди.

2. Класифікація жирів та їх характеристика.

Серед основних товарних продуктів, які поступають до закладів ресторанного господарства є гідратовані олії (саломаси) різного призначення, маргарини та маргаринова продукція в асортименті, майонези, рафіновані, дезодоровані жири та олії, жирові суміші.

Перерахована та інша жирова сировина виробляється з природних джерел сировини рослинного та тваринного походження (рис. 2.11).

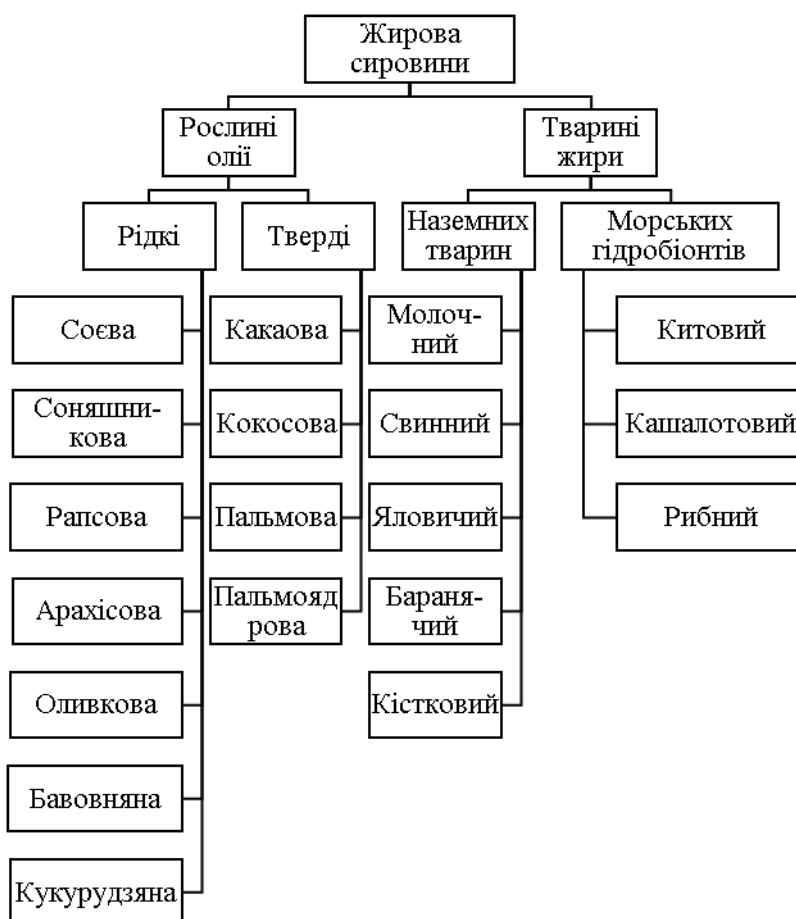


Рис. 2.11 Класифікація жирової сировини

Рослинні жири бувають рідкими та твердими, **тваринні** – твердими. Тверді жири розподіляються на жири наземних тварин (резервні жири та жир

молока) та жири морських тварин.

Властивості олії та жирів та їх споживче значення, в основному, залежить від жирнокислого складу та їх комбінації в гліцеридах.

Жири класифікують за *превалюючим вмістом жирних кислот* на 7 груп:

- лінолево-олеїнова група (олія соняшникова, бавовняна, арахісова, кукурудзяна);
- лінолево-ліноленова група (олія соєва);
- олео-пальмітинова група (олія оливкова, пальмова);
- лауринова група (олія кокосова, пальмоядрова);
- ерукова група (олія рапса, гірчиці);
- жири тваринні наземних тварин (молочний, жир яловичини, баранини, свиней, кістковий жир);
- жири морських тварин та риби (китовий, кашалотовий, рибний жири).

Жири наземних тварин об'єднують групу жирів, які дуже широко використовуються в технологічних процесах та харчуванні – молочний жир, сало свиней, яловичини, баранини, кістковий жир.

3. Функціонально-технологічні властивості жирів

Ліпіди характеризуються певними фізико-хімічними та функціональними властивостями, які значною мірою визначають технологічні властивості харчових продуктів, такі як:

- нерозчинність у воді;
- відносно низька температура плавлення;
- пластичність;
- здатність застигати під час охолодження.

У технології продукції закладів ресторанного господарства жири виконують *роль теплопередаючого та технологічного середовища*, що використовується у технологічних процесах при *смаженні*.

Жири виконують *роль екстрагуювальної речовини*, завдяки якій значна кількість жиророзчинних речовин переходить із продуктів у розчинений стан, що полегшує їх засвоєння.

Жири в технологічних процесах можуть відігравати *роль ізолювального та зв'язувального матеріалу*. Тому в технологічних процесах дуже часто використовується зберігання деяких харчових продуктів у жирах, що забезпечує збереження їх якості.

Як зв'язувальний матеріал у сумішах, жири дуже часто використовуються в кондитерських кремах, пастах та інших виробках.

Жири здатні *суттєво впливати на текстуру виробів* і в технології кондитерських виробів виконувати *роль розпушувачів*.

Жири виконують також *роль наповнювача технологічних сумішей*.

Точка плавлення тригліцеридів залежить від декількох параметрів:

- присутності жирних кислот з короткими вуглеводними ланцюгами;
- присутності ненасичених жирних кислот.

За складом усі відомі природні жири є сумішшю різних триацилгліцеридів, тому не мають чіткої точки плавлення, а характеризуються інтервалом плавлення.

Консистенція жирів дуже часто є найважливішою технологічною характеристикою, що визначає можливість використання жиру.

Дуже чітко необхідно розуміти, що під поняттям «консистенція» для жиру розуміється *необхідна консистенція заданої температури*. Консистенція жирів оцінюється за допомогою багатьох методів, серед яких домінують:

- реологічні (пенетрація, віскозиметрія та екструзійні методи);
- методи визначення вмісту тугоплавких та рідких тригліцеридів за допомогою дилатометрії, термічного диференціального аналізу, ядерно-магнітного резонансу;
- методи визначення «індексу твердості» твердих і рідких фракцій (%), який дорівнює їх співвідношенню.

4. Модифікація жирів

Модифікація жирів – **це вплив, який, переважно, змінює їх структуру**, – гідрогенізація, переестерифікація, фракціонування.

Лише два перші процеси передбачають хімічні зміни в структурі жирів.

Гідрогенізація – гетерогенний каталітичний процес, здійснюється з метою зниження ненасиченості жирних кислот, які входять до складу тригліцеридів рослинних олій та жирів морських тварин. Залишки ненасичених жирних кислот в молекулах ацилгліцеринів приєднують водень.

Існує два типи гідрогенізації (*повна та неповна*), які мають різне призначення.

Селективна гідрогенізація деяких олій здійснюється з метою зменшення вмісту ліноленової кислоти, що суттєво підвищує стійкість жиру.

Неповна або повна гідрогенізація з технологічної точки зору має за мету отримання твердих жирів для виготовлення маргаринів, тобто жирів, здатних до емульгування, а також сприяє підвищенню температури плавлення для отримання таких жирів, які б мали потрібну температуру за кімнатної температури або за температури технологічного процесу.

Процес гідрогенізації виконується в декілька етапів. Водень у присутності каталізатора пропускається через олію за температури близько 100°C, тиску від 760 до 7600 торс. Каталізатори, що використовуються для переестерифікації – це нікель, мідь та паладій. Після гідрогенізації олія сепарується та фільтрується.

Переестерифікація – зміна гліцеридного складу жирів та масел шляхом перерозподілу залишків жирних кислот всередині та між молекулами

гліцеридів.

Переестерифікація жирів здійснюється за відсутності вологи в середовищі за певних температурних умов у присутності каталізаторів. Каталізатори, що використовуються для переестерифікації – це алкоголяти металів (етилат та метилат натрію) у концентрації 0,1...0,3%. Процес здійснюється за температури 100...160°C. Каталізатори інактивуються лугами, пероксидами та водою.

Механізм переестерифікації – це декілька послідовних стадій гідролізу з використанням проміжних гліцеридів. Алкоголят підлягає гетероциклічному розпаду, і іон алкоголяту атакує ефірний зв'язок гліцериду. При цьому отримують складний ефір жирних кислот у пропорціях, еквівалентних концентрації каталізатора.

За перебігом процесу переестерифікації розрізняють два види – *внутрішньомолекулярна* та *міжмолекулярна переестерифікація*.

З точки зору технологічної реалізації виділяють два види переестерифікації – *спрямована* та *не спрямована*.

Завдяки переестерифікації вдається поміняти місцями жирні кислоти як усереднені тригліцериду (**внутрішньомолекулярна переестерифікація**), так і різними тригліцедами (**міжмолекулярна переестерифікація**).

Спрямована переестерифікація йде за відносно низьких температур, за яких тугоплавкі тригліцедами знаходяться в кристалічній формі та за потреби можуть бути відокремлені фільтрацією.

Неспрямована переестерифікація переслідує, як правило, дві мети.

По-перше, це оптимізація вмісту твердих тригліцеридів деяких жирів і, таким чином, регулювання температури плавлення жирів.

По-друге, це виробництво твердих жирів, багатих на лінолеву кислоту, для виробництва маргаринів з підвищеною харчовою цінністю шляхом переестерифікації пальмової та соняшникової олії.

Переестерифікація також дозволяє отримати моно- та дигліцедами. З цією метою процеси здійснюються за нестачі гліцерину, за температури близько 200°C, у вакуумі та під інертним газом.

5. Зміна жирів у процесі зберігання та під впливом технологічних факторів.

Велика кількість різноманітних впливів на жири призводить до трансформації їх властивостей, що змінює характеристики і, як правило, погіршує харчову цінність, а також товарознавчо-технологічні властивості жирів.

До складу ліпідів входить велика група ненасичених хімічних сполук, що робить їх дуже реакційноздатними. Найчастіше саме жири є тим лімітувальним фактором, який зумовлює параметри технологічного процесу та термін зберігання.

Значні зміни відбуваються з жирами за їх окислення.

6. Окислення жирів

В основі окислення жирів лежить взаємодія їх з киснем повітря. Темпи окислення жирів індивідуальні та залежать від багатьох факторів.

Гліцериди ненасичених жирних кислот окислюються швидше, ніж насичених. Вільні жирні кислоти окислюються швидше, ніж у складі гліцеридів. Здатність до окислення збільшується зі збільшенням ненасиченості, і знижується зі збільшенням кількості атомів вуглецю в молекулах жирної кислоти.

Згідно з концепцією, що існує, взаємодія ліпідів з киснем проходить за типом ланцюгових вільнорадикальних реакцій з утворенням перекисів.

Механізм перебігу вільнорадикального окислення.

Вільні радикали – це молекули, в яких один з атомів має вільну валентність (у формулах він позначається крапкою).

Вільні радикали в жирах утворюються під дією *ініціатору* шляхом відщеплення атома водню від вуглеводневого ланцюга вільної або зв'язаної з гліцерином жирної кислоти.

Процес окислення ліпідів починається з утворення вільного радикалу під дією *ініціаторів окислення*:

- енергії світла та інших видів випромінювання;
- теплової енергії;
- присутності металів зі змінною валентністю;
- хімічних речовини, які здатні відщеплювати водень зі зв'язку R-H.

В процесі автоокислення ліпідів виділяють наступні стадії:

– ініціювання процесу утворення радикалів;

– взаємодія утворених радикалів з іншими гліцеридами, молекулами кисню з утворенням перекисних радикалів (зародження ланцюгової вільнорадикальної реакції);

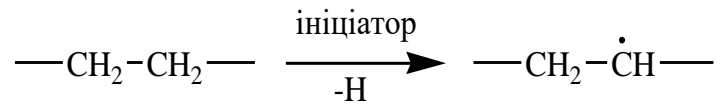
– утворення гідроперекисів в результаті взаємодії з іншими жирними кислотами (гідроперекиси – *первинні продукти автоокислення ліпідів*);

– розпад гідроперекисів як нестійких сполук з утворенням оксидо-сполук, спиртів, альдегідів, кетонів, кислот з вуглеводним ланцюгом різної довжини, що називаються *вторинні продукти автоокислення ліпідів* (затухання реакції);

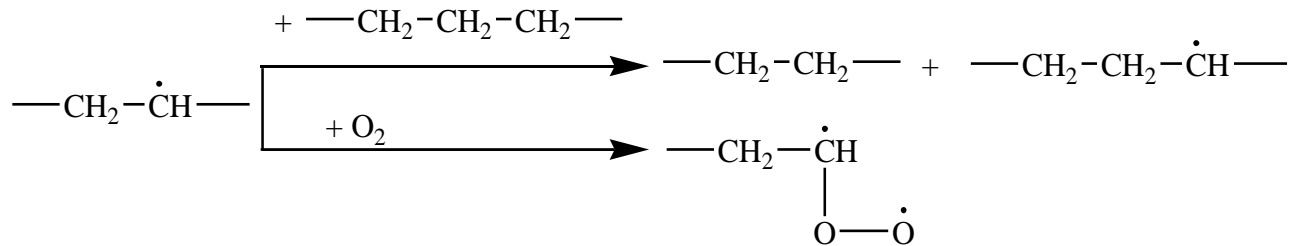
– гідроперекиси здатні до полімеризації, поліконденсації з утворенням *третинних продуктів автоокислення ліпідів*.

Наведені стадії автоокислення можуть йти не тільки послідовно але й паралельно, що визначає складність визначення показників якості жиру.

Атоми з вільною валентністю, утворюються з ненасичених вуглеводневих ланцюгів проте значно важче, можуть утворюватися і з насичених за схемою:

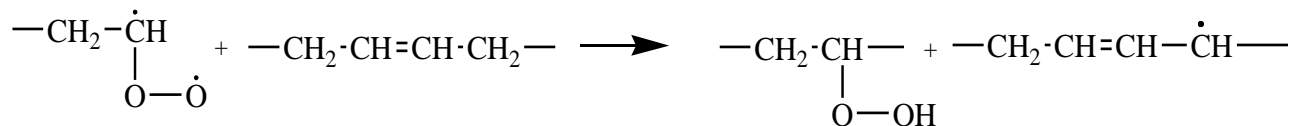


Завдяки великій активності радикали взаємодіють з іншими гліцеридами, утворюючи ізомери, а також з молекулами кисню, утворюючи перекисні радикали:



Перекисний радикал

Перекисний радикал під час взаємодії з іншими молекулами жирних кислот утворює гідроперекиси та нові радикали і т.ін.:



Активними ініціаторами окислення ліпідів є важкі метали – мідь, залізо, марганець, нікель, кобальт, що знаходяться в складі металевої тари, інвентарю.

Процес окислення прискорюється під дією світла, тобто енергії кванту, близького до ультрафіолетового випромінювання, як складової частини видимого світла, – 400 кДж, що є достатнім для активації радикалу.

Спонтанне самоокислення жирів проходить завжди за зберігання їх у охолодженому, затемненому стані, в неметалевому посуді. Це проходить завдяки тому, що в жирах завжди є молекули з енергією більшою, ніж у середньому по системі.

Швидкість утворення полімерів та їх структура залежать від температури та доступу кисню. За безкисневих умов виникають (С–С) зв'язки, а за доступу кисню і низьких температур можливе виникнення полімерів з перекисними зв'язками типу –С–О–О–С–.

Запитання для самоперевірки:

1. Загальна характеристика жирів.
2. Функціонально-технологічні властивості жирів.
3. Модифікація жирів.
4. Зміна жирів у процесі зберігання.
5. Зміна жирів під впливом технологічних факторів.
6. Окислення жирів.

Лекція 2.5 Вода та її значення в технологічних процесах (2 год).

1. Вода як розчинник та екстрагент.
2. Фізичні та фізико-хімічні властивості води, її структура.
3. Активність води.
4. Класифікація та характеристика форм і типів зв'язку води з харчовими речовинами.

Рекомендована література для вивчення теми: [15, 16].

Ключові слова: вода, рідина, кипіння, замерзання, пароутворення, активність води, розчинник, екстрагент, вільна вода, зв'язана вода, сорбція, адсорбція

1. Вода як розчинник та екстрагент

Вода в технологічних процесах може використовуватися як *технологічне середовище, розчинник або екстрагент*.

До розчинників відносять тільки такі речовини, що відповідають наступним вимогам:

- 1) добра активна розчинність;
- 2) неагресивність щодо речовин, які розчиняються, та до матеріалів обладнання;
- 3) нетоксичність;
- 4) поширеність у природі та доступність.

Рідини, що використовуються як екстрагенти, повинні мати:

1. *Селективну розчинність.*
2. *Високі дифузійні властивості.*
3. *Хімічну індиферентність відносно до вилучених речовин.*
4. *Здатність затримувати та не ініціювати розвиток мікрофлори.*
5. *Фармакологічну індиферентність.*
6. *Певну леткість, бажано за більш низьких температур.*
7. *Сировинну та вартісну доступність.*

Таким чином, на основі сформульованих вимог, воді, як екстрагенту, може бути дано характеристику, описану нижче.

1. Більшість важливих речовин, якими оперує технологія харчових продуктів, у воді розчиняються і тому вилучаються з продуктів достатньо повно.

2. Вода має здатність до проникнення через оболонки клітин, якщо вони не просякнуті жироподібними.

3. Вода може бути причиною гідролізу та температурної деструкції діючих в технології речовин.

4. Вода не має ніяких антисептичних властивостей.

5. Вода у фармакологічному плані індиферентна.

6. Вода має високу температуру кипіння, вивітряється дуже важко, тому її випарювання ускладнене.

7. Вода доступна всім закладам ресторанного господарства та підприємствам харчової промисловості.

2. Фізичні та фізико-хімічні властивості води, її структура

Структура води

Вода має молекулярну масу 18,02 і може існувати як пара, рідина та лід, які характеризуються наступними показниками фазових переходів:

а) точка за 101,3 кПа (1атм) °С:

- замерзання (плавлення) – 0,00;

- кипіння – 100,00;

б) теплота, кДж/моль (ккал/моль):

- плавлення за 0 °С – 6,01(1,435);

- пароутворення за 100 °С – 40,63 (9,704);

- сублимації при 0 °С – 50,91 (12,16).

За 0°С вода має питому вагу – 0,9998 г/см³; в'язкість – 1,787·10⁻³ Па·с; поверхневий натяг – 75,6×10⁻³ н/мм; тиск водяної пари – 610,4 Па або 4,58 мм.рт.ст.

Такі фізичні та теплофізичні показники, як температура плавлення, кипіння, схована теплота пароутворення та плавлення, питома теплоємність, поверхневий натяг – аномально завищені за зіставлення з іншими гідридами (NH₃, HCl, H₂S, CH₃). І, навпаки, у рідкому стані вода поводить себе як мономер відносно величин в'язкості та коефіцієнта дифузії.

З технологічної точки зору в складі харчових продуктів за *структурою* виділяють *вільну* та *зв'язану воду*.

Зв'язана вода (волога) – це асоційована вода, що утримується різними компонентами харчових продуктів за рахунок різного роду зв'язків.

Вільна вода (волога) – це така, що не зв'язана полімерами продуктів і доступна для протікання різних реакцій.

Колігативні властивості розчинів.

Серед фізичних та фізико-хімічних властивостей води дуже важливі такі, що вказують на зміну її стану, передавання теплоти та маси: температура кипіння, питома теплоємність, схована теплота плавлення, схована теплота пароутворення, теплопровідність, в'язкість.

Інша група властивостей води пов'язана зі здатністю розчинника, а саме: діелектрична постійна величина, дипольний момент, поверхневий натяг.

До *колігативних властивостей розчинів* належить:

– зниження тиску пари, розчинника;

– зміна температури кипіння (підвищення) та замерзання (зниження);

– утворення градієнта осмотичного тиску за роботи у напівпроникних мембранах.

Зниження тиску пари розчинника. Це явище пояснюється тим, що кількість води, яка випарюється знаходиться в стані рівноваги з такою, що конденсується, тобто процеси відбуваються за однакової швидкості.

Якщо 1% молекул у розчині належить розчиненій нелеткій речовині, тиск пари буде складати лише 99% тиску пари чистого розчинника, що стверджується **законом Рауля:**

$$P_B = X_B \cdot \dot{P}_B \quad (2.1)$$

Зниження тиску пари розчинника визначається рівнянням

$$\Delta P = \dot{P}_B - P_B = (1 - X_B) \cdot \dot{P}_B = X_A \cdot \dot{P}_B, \quad (2.2)$$

Вплив нелеткої розчиненої речовини на тиск пари рідини наведено на рис. 2.12. За будь-якої температури тиск пари зменшується на частку свого початкового значення пропорційно X_B так, що крива тиску пари розчину (пунктирна) слідує за кривою тиску пари чистого розчинника (суцільна), залишаючись постійно нижче за неї.

Температура кипіння рідини – це така температура, за якої рідка фаза знаходиться в рівновазі з фазою пари за тиску навколишнього середовища.

Нормальна або стандартна температура кипіння відповідає тиску в 1 атм.

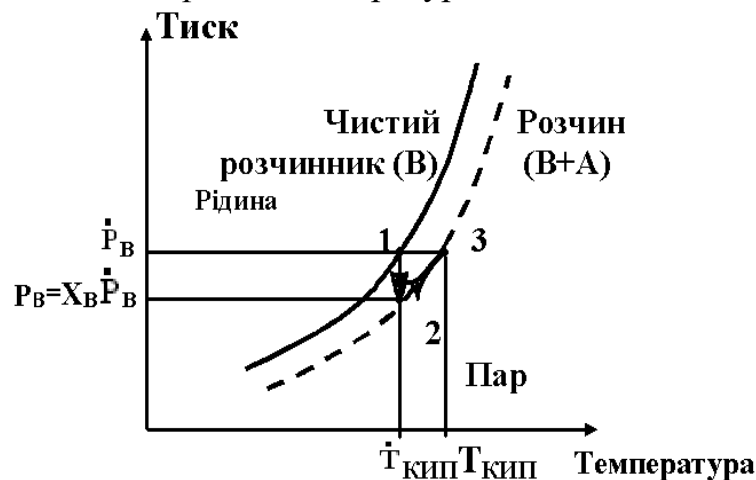


Рис. 2.12. Вплив розчинної речовини на рівновагу системи рідина – пар для розчинника

Для розведених розчинів температура кипіння прямопропорційна молярності m_A речовини A , тобто числу молів речовини A на 1 кг розчинника:

$$\Delta T_{\text{кип}} = T_{\text{кип}} - \dot{T}_{\text{кип}} = K_{\text{кип}} \cdot m_A, \quad (2.3)$$

де $K_{\text{кип}}$ – молярна константа підвищення температури кипіння розчинника.

Зниження температури замерзання розчинів пояснюється за аналогією під час підвищення температури кипіння.

На рис. 2.14 схематично зображено поведінку чистого розчинника **B** у рівновазі з чистою кристалічною речовиною **B** (рис. 2.14, а).

Зниження температури замерзання розчину описується рівнянням

$$\Delta T_{\text{пл}} = T_{\text{пл}} - \dot{T}_{\text{пл}} = - K_{\text{пл}} \cdot m_A, \quad (2.4)$$

де $\dot{T}_{\text{пл}}$ – температура плавлення (замерзання) чистого розчинника **B**; $T_{\text{пл}}$ – температура плавлення (замерзання) розчину чистого розчинника **B**; m_A – молярність розчиненої речовини; $K_{\text{пл}}$ – молярна константа зниження температури плавлення, або кристалічна константа.

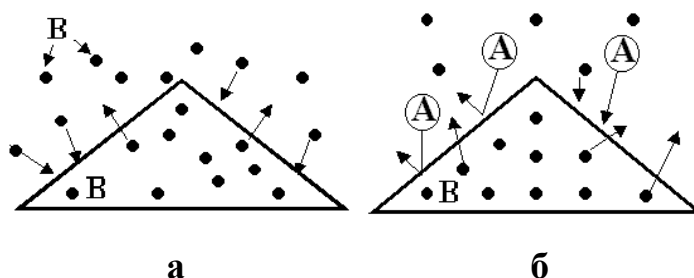


Рис. 2.13. Зниження температури замерзання розчинів: а – рівновага між рідкою та твердою фазами розчинника; б – зміна рівноваги за додавання речовини **A**

Утворення осмотичного тиску за роботи в напівпроникних мембранах.

Осмотичний тиск виникає за наявності напівпроникних мембран та визначається за формулою:

$$\pi = C_A \cdot RT, \quad (2.5)$$

де C_A – молярність розчиненої речовини, тобто число молів у 1 л розчину.

3. Активність води

Вода в харчових продуктах завдяки своїм структурним зв'язкам характеризується різними властивостями, доступністю, що дозволяє принципово розділити її за цими ознаками на *вільну* та *зв'язану*.

Ось чому в технології продуктів харчування поряд з такою характеристикою як *загальна вологість* виділяють не менш важливі показники *зв'язаної вологи*, *вологоутримуючої* та *воловиділяючої здатності*.

Співвідношення вільної та зв'язаної вологи часто є домінуючим показником, що характеризує технологічну, товарознавчу та мікробіологічну стабільність продуктів.

Активність (a_w) визначається за даної температури T_1 та за умов рівноваги системи за формулою

$$a_w = \frac{P_w}{P_w^0} \quad (2.6)$$

де, P_w – парціальний тиск пари води розчину або в продукті; \dot{P}_w – парціальний тиск пари води в повітрі за тієї ж температури.

Активність води (доступність молекул води) – це невіразна відносна величина, яка відображає «стандартний» стан, що використовується для порівняння. Активність води може змінюватися від 0 до 1. Вибрана «стандартна величина» – це стан чистої води, активність якої дорівнює одиниці.

Активність води можна трактувати як відношення парціального тиску пари води над продуктом (P_w) до такого ж парціального тиску пари води (\dot{P}_w) над поверхнею води в закритому об'ємі в стані рівноваги за умови однакової температури (T_1).

За величини *активності води* продукти поділяють на такі, що характеризуються вологістю:

- високою ($a_w = 1,0 \dots 0,9$);
- проміжною ($a_w = 0,9 \dots 0,6$);
- низькою ($a_w = 0,6 \dots 0,0$).

Кондитерські вироби за a_w також розділяють на три групи:

- з низькою вологістю ($a_w = 0 \dots 0,65$), в яких волога складає 10...13% (деякі види тортів, рулетів, цукерки з праліновими корпусами, печиво, крекери і т.ін.);
- з проміжною вологістю ($a_w = 0,65 \dots 0,9$) 13...35% (деякі види тортів та тістечок, рулетів цукерок із збитими, желейними, желейно-фруктовими корпусами);
- вироби з високою вологістю. Вологи в цих виробах більше за 35%. Це, в основному, торти та тістечка.

Ізотерма абсорбції

Ізотерма абсорбції (десорбції) – це крива, яка відображає зв'язок між кількістю води (маса води, г H_2O /г СР (сухої речовини)), що міститься у харчовому продукті з активністю води в ньому за певної температури. Інакше кажучи, це така крива, що характеризує парціальний тиск пари, який утворюється з води продукту, залежно від її вмісту у продукті.

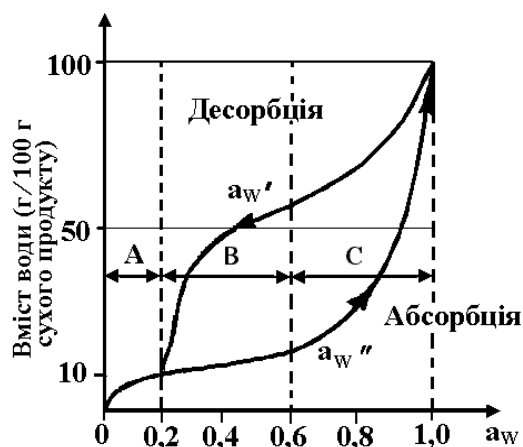


Рис. 2.14. Теоретична інтерпретація ізотерм сорбції

З технологічної та наукової точки зору, а також для розуміння ізотерм сорбції важливим є узагальнення секторів **A**, **B**, **C** ізотерм сорбції харчових продуктів. Властивості води дуже різняться під час переходу із зони **A** (суха) до зони **C** (дуже волога).

Якщо розглядати ізотерми сорбції (рис. 2.14), то сектор **A**, який лежить у межах значень активності води $0 < a_w < 0,2 \div 0,3$ відповідає стану *міцно зв'язаної* води.

На межі зони **A–B** вода утворює мономолекулярний шар.

Вода в зоні **B** утворює мультишари на поверхнях і утримується за рахунок вода–вода–водневих зв'язків.

Вода в зоні **C** складає більше 92% загального вмісту. Вона слабко зв'язана, практично вільна, і утримується завдяки фізичному зв'язку.

4. Класифікація та характеристика форм і типів зв'язку води з харчовими речовинами

За класифікацією П.О. Ребіндера та А.В. Попова харчові продукти за структурою поділяються на колоїдні, капілярно-пористі.

Капілярно-пористі харчові продукти під час втрати вологи можуть набути властивостей крихкого матеріалу.

Колоїдні тіла під час висушування зменшують свої фізичні розміри, зберігаючи при цьому еластичність.

Капілярно-пористі колоїдні тіла мають властивості та ознаки перших двох.

Зв'язок води з матеріалом за класифікацією П.О. Ребіндера поділяють на: *хімічний або фізико-механічний*. При цьому розрізняють **хімічний, адсорбційний, капілярний та осмотичний зв'язок вологи з матеріалом** (три останні відносяться до фізико-механічної форми зв'язку).

Хімічно зв'язаною водою вважають таку, що зв'язана з матеріалом у вигляді гідроксильних іонів і таку, що входить до складу кристалогідратів.

Хімічно зв'язана вода під час сушіння не видаляється. У розрахунках під час визначення сухих речовин її не враховують.

Перша утворюється в результаті хімічної взаємодії в певному стехіометричному відношенні, при якому вода, як така, зникає. Видалити її можна тільки за хімічної взаємодії, наприклад, під час реакції між амінокислотами з утворенням дипептиду або прокалювання.

Друга – *кристалогідратна*, входить до складу кристалу та видаляється тільки під час прокалювання.

Абсорбційно зв'язана волога відноситься до фізико-хімічної форми зв'язку та утворюється за рахунок виникнення поверхневих ефектів.

Осмотично зв'язана вода відноситься до фізико-хімічно зв'язаної.

Капілярно зв'язана вода – вид механічно-зв'язаної. Вона утворюється в харчових продуктах при наявності в їх структурі різного роду пор, капілярів,

мікропорожнин, які значно збільшують поверхню контакту між твердою частиною речовини та повітрям, або водою (парою).

Запитання для самоперевірки:

1. Вода як розчинник та екстрагент.
2. Фізичні та фізико-хімічні властивості води, її структура.
3. Активність води.
4. Стан та властивості води в харчових продуктах. Ізотерма абсорбції. Вплив температури на зміну сорбції.
5. Класифікація та характеристика форм і типів зв'язку води з харчовими речовинами.

Лекція 2.6 Вітаміни та мінеральні речовини в технологічному процесі виробництва продуктів харчування (2 год).

1. Вітаміни. Загальна характеристика та класифікація.
2. Водно- та жиророзчинні вітаміни. Вітаміноподібні речовини. Провітаміни.
3. Технологічні фактори, що зумовлюють руйнування вітамінів.
4. Використання вітамінів у харчових технологіях.
5. Мінеральні речовини. Загальна характеристика та класифікація.
6. Значення у харчуванні, фізіологічне та технологічне значення мінеральних речовин.
7. Властивості мінеральних речовин.
8. Використання мінеральних речовин у харчових технологіях.

Рекомендована література для вивчення теми: [8, 17]

Ключові слова: вітаміни, водорозчинні вітаміни, жиророзчинні вітаміни, вітаміноподібні речовини, вітамінні препарати, мінеральні речовини.

1. Вітаміни. Загальна характеристика та класифікація.

Вітаміни – життєво необхідні, низькомолекулярні, органічні, біологічно високоактивні з'єднання різної хімічної природи, які *не синтезуються* (або синтезуються в недостатній кількості) в організмі, надходять з їжею та виконують функцію каталізаторів – прискорювачів обмінних процесів.

Вітаміни належать до *незамінних факторів харчування*, але вони не є джерелом енергопостачання. Вміст їх у харчових продуктах складає, як правило, 10...100 мг/100 г.

Важливе значення вітамінів пояснюється, перш за все, тим, що багато з них у сполученні з білками утворюють ферменти.

Більшість вітамінів не здійснюють негативної дії на організм людини, навіть у тих випадках, коли вони поступають з їжею в дуже великій кількості. Тільки за надмірного введення деяких вітамінів, особливо вітаміну Д, в організмі спостерігаються розлади, які одержали назву гіпервітамінозу.

Більшість вітамінів відносно нестійкі, руйнуються під дією високих температур, сильних кислот та лугів, іонізуючого випромінювання та низки інших факторів. Це треба враховувати під час зберігання та консервування продуктів, особливо виготовляючи різні препарати, що містять вітаміни.

Таблиця 2.5. Класифікація вітамінів

Жиророзчинні вітаміни	Водорозчинні вітаміни	Вітаміноподібні речовини
Ретинол (вітамін А)	Аскорбінова кислота (вітамін С)	Холін (вітамін В ₄)
Кальцифероли (вітамін Д)	Тіамін (вітамін В ₁)	Інозит (міоінозит, мезоінозит)
Токофероли (вітамін Е)	Рибофлавін (вітамін В ₂)	Вітамін U
Філохінони (вітамін К)	Піридоксин (вітамін В ₆)	Ліполева кислота
	Нікотинова кислота (ніацин, вітамін РР)	Оротова кислота (вітамін В ₁₃)
	Цианкобаламін (вітамін В ₁₂)	Пангамова кислота (вітамін В ₁₅)
	Фолацин (фолієва кислота)	Метилметионін-сульфоній хлорид (вітамін U)
	Пантотенова кислота (вітамін В ₃)	Ліпоева кислота
	Біотин (вітамін Н)	Карнітин (вітамін В ₇)
	Біофлавоноїди (вітамін Р)	Параамінобензойна кислота (вітамін Н ₁)

Вітаміни поділяють на дві групи:

– *водорозчинні* (характеризуються термолабільністю, нестійкістю до лугів і порівняно високою стійкістю до кислот), у організмі людини запас водорозчинних вітамінів, як правило, невеликий;

– *жиророзчинні* (здебільшого стійкі до високої температури, до дії лугів, кислот), за умов достатнього надходження до організму людини більша частина вітамінів цієї групи відкладає в його органах і тканинах у вигляді запасів.

Також виділяють *вітаміноподібні речовини*, ступінь незамінності яких для організму людини вивчено недостатньо. Однак вони справляють сприятливий ефект на процеси обміну речовин, особливо в екстремальних умовах.

2. Водно- та жиророзчинні вітаміни. Вітаміноподібні речовини. Провітаміни.

У звичайних харчових раціонах, що включають продукти тваринного і рослинного походження, найбільш дефіцитними (частіше усього узимку і ранньою весною) є водорозчинні вітаміни С, В₁, В₂ та жиророзчинні А і Д, тому що вони можуть руйнуватися в процесі технологічної обробки і збереження. Всі вітаміни виконують захисну роль в організмі людини, але механізм участі в цих процесах специфічний для кожного вітаміну (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 Загальна характеристика вітамінів

Найменування вітаміну	Добова потреба	Джерела надходження	Біологічна роль
Водорозчинні			
Аскорбінова кислота (вітамін С, антискорбутний)	50...75 мг	Зелені частини рослин (кріп, петрушка, салат, селера, цибуля), овочі (перець, картопля, капуста, томати), ягоди (чорна смородина, агрус, горобина, шипшина, обліпіха), цитрусові та інші фрукти	Бере участь в окислювально-відновних процесах і в тканинному диханні, поліпшує обмін амінокислот, вуглеводів та вітамінів, забезпечує окислювання проліну в гідроксипролін і синтез колагену. Впливає на діяльність печінки, ЦНС, залоз внутрішньої секреції (щитовидної залози і надниркових), обмін заліза і холестерола, нормалізує кровотворення, підвищує опір організму інфекціям, інтоксикаціям, перегріванню, переохолодженню, кисневому голодуванню.
Тіамін (вітамін В ₁ , антиневритний фактор)	1,4...2,4 мг	Житній і пшеничний хліб з висівного борошна, дріжджі і висівки, крупи (гречана, вівсяна й ін.), бобові (горох, квасоля, соя), картопля, овочі, волоські горіхи, арахіс, фундук, м'ясо.	Бере участь у регуляції вуглеводного, білкового, жирового і водно-сольового обміну, виконує коферментні функції (декарбоксілази кетокислот, транскетолази); регулює ендогенний синтез жиру і сприяє нагромадженню в організмі ненасичених жирних кислот. Поліпшує передачу нервових імпульсів, затримуючи розщеплення ацетилхоліну холінестеразою, підвищує опір організму до інфекційних захворювань.
Рибофлавін (вітамін В ₂ , антисеборейний фактор)	1,5...3 мг	Молоко, молочні продукти, яйця, м'ясо, печінка, нирки, бобові, гречана крупа.	Бере участь у тканинному диханні, обміні вітамінів, виконує коферментні функції (оксидоредуктази, що здійснюють ряд найважливіших реакцій в організмі: окислювання амінокислот, альдегідів, моноамінів, пуринових основ, жирних кислот, вуглеводів). Впливає на функції шкіри, слизових оболонок, стимулює кровотворення, сприяє гостроті зору, нормальному розвитку плоду в період вагітності, росту дітей.
Піридоксин (вітамін В ₆ , адермітний)	2...3 мг	М'ясо, риба, субпродукти (особливо печінка і нирки), яєчні жовтки, а також горох, дріжджі, висівки, оболонка зерна.	Бере участь у реакціях декарбоксілювання ряду амінокислот з утворенням біологічних амінів, входить до складу ферментів, що каталізують обмін білків, бере участь у синтезі вітаміну РР із триптофану та коензиму А з цистеїну. Впливає на функції шкіри, нервову діяльність, бере участь у синтезі гемоглобіну, цитохромів, каталази, піроксидози, у перетворенні лінолевої кислоти в арахідонову.
Цианкобаламін	2...5 мкг	Продукти тваринного	Регулює кровотворення, активізує дозрівання червоних кров'яних

(вітамін В ₁₂ , антианемічний фактор)		походження: печінка, нирки, деякі кисломолочні продукти, яєчний жовток.	тілець. Виявляє ліпотропну дію, приймаючи участь у стимулюванні синтезу холіну, підсилює процеси утворення нуклеїнових кислот, поліпшує використання білка клітками, прискорює перетворення каротину у вітамін А, стимулює процеси загоєння ран.
Нікотинова кислота (ніацин, вітамін РР, антипелагрічний фактор)	15...25 мг	Печінка, яловичина, свинина, баранина, молоко і молочні продукти, висівки і дріжджі, хлібобулочні і круп'яні вироби.	Бере участь в складі анаеробних дегідрогеназ в окислювально-відновних реакціях та клітинному диханні. Впливає на ЦНС, органи кровотворення, травну і серцево-судинну системи (зокрема, розширює периферичні судини, поліпшує обмін холестерола), запобігає виникненню пелагри (діарея, дерматит, деменція).
Пантотеновая кислота (вітамін В ₃)	5...10 мг	Печінка, яєчний жовток, м'ясо, бобові, кольорова капуста.	Бере участь у перетворенні білків, у синтезі гемоглобіну, є складовою частиною ферментів (коензиму А, що забезпечує біосинтез жирних кислот). Впливає на функції нервової системи, запобігає дисбактеріозу кишечника, сприяє знешкодженню промислових отрут.
Фолієва кислота (фолацин, вітамін В ₉ , птероїлглутамінова кислота).	200 мкг	Свіжі овочі (салат, капуста, селера, томати, морква, буряк), печінка, нирки, яловичина, яєчний жовток, сир.	Виконує коферментні функції (у складі ферментів переносить одновуглецеві фрагменти при біосинтезі метіоніну, серину), бере участь у метилюванні урацилу і перетворенні його в тимін, сприяє біосинтезу пуринових основ, нуклеотидів і нуклеїнових кислот. Дефіцит викликає малокрів'я, порушення біосинтезу ДНК.
Біотин (вітамін Н)	150 мкг	Печінка, серце, дріжджі, бобові, кольорова капуста, гриби, яєчний жовток, горіхи	Бере участь в обміні білків, жирів і вуглеводів, необхідний для дії ферментів, каталізуючих біосинтез органічних сполук, бере участь в біосинтезі жирних кислот, пуринових основ. Регулює трофічну діяльність нервової системи, шкіри.
Жиророзчинні			
Ретинол (вітамін А, антиксерофтальмічний фактор)	1,5...2,5 мг: 1/3 - ретинол, 2/3 - β- каротин	Ретинол: вершкове масло, яйця, ікра, сметана, вершки, сир, жирна риба. β-каротин: морква, перець, гарбуз, томати, ягоди, фрукти, зелень петрушки.	Бере участь в утворенні білка родопсину – зорового пурпуру в сітківці ока, що забезпечує адаптацію до різної інтенсивності висвітлення. Впливає на бар'єрну функцію шкіри і слизових оболонок, на проникність клітинних мембран і біосинтез їх компонентів, бере участь у обміні білків, ліпідів, солей Са, впливає на активність ферментів тканинного дихання, процеси окисного фосфорилування.
Кальциферол (вітамін D, антирахітичний фактор)	Для дорослих – 2,5мкг, для дітей – 12,5 мкг	Продукти тваринного походження: печінка, молочні жири, яйця, ікра, риба жирних сортів.	Впливає на фосфорнокальцієвий обмін, формування кісткової тканини. Сприяє усмоктуванню Са і Р в кишечнику, підтримує оптимальне співвідношення Са і Р в крові. Впливає на вуглеводний обмін, регулює цикл реакцій трикарбонових кислот, регулює процеси окислювання і фосфорилування у тканинному диханні.
Токоферол (вітамін Е,	Для дорослих –	Рослинні олії (соняшникова, соєва,	Впливає на функцію полових залоз, необхідний для нормального плину вагітності, стимулює діяльність м'язів, сповільнює згортання

вітамін розмноження)	10...20 мг, для дітей – 0,5 мг/кг маси тіла	бавовняна, кукурудзяна), зелені листи овочів, ячні жовтки.	крові, сприяє накопиченню вітаміну А в печінці, затримує його окислення. Виявляє антиоксидантні властивості, зокрема ліпідів. Функціонує як структурний компонент біологічних мембран, необхідний для синтезу білків та коферментів, що містять тіолові групи.
Філлохінони (вітамін К, коагуляційний фактор).	0,2...0,3 мг	Листові овочі, капуста, томати, картопля, печінка яйця.	Бере участь у синтезі протромбіну – білка, що забезпечує згортання крові (антигеморагічний фактор). Нормалізує рухову функцію ШКТ.
Вітаміноподібні з'єднання			
Холін (вітамін В ₄)	250...600 мг	Печінка, нирки, м'ясо, оселедці, ячний жовток, жирний сир, бобові, капуста.	Бере участь в обміні жирів, синтезі ацетилхоліну (передавач нервових імпульсів), сприяє утворенню в печінці лецитину (ліпотропний фактор), попереджає жирове переродження печінки. Виявляє позитивну дію на процеси росту і захисні системи організму.
Інозит	1...1,5 мг	Печінка, м'ясо, молоко, хліб з борошна грубого помелу, овочі і фрукти.	Бере участь в обміні фосфоліпідів, обміні речовин нервової тканини, стимулює рухову активність кишечника, сприяє зменшенню кількості холестерола, виявляє ліпотропну дію. У тканинах тварин міститься у вигляді фосфатидів, а в рослинах представлений фітином.
Біофлавоноїди (вітамін Р, флавоноїди і поліфеноли, антоціани, катехіни)	35...50 мг	Овочі, фрукти, ягоди, зокрема, зелений горошок, чорна смородина, цитрусові, плоди шипшини.	Підтримують еластичність капілярів, зміцнюють їх стінки і зменшують проникність шляхом стабілізації гіалуронової кислоти. Беруть участь в окислювально-відновних реакціях. Вітамін Р підсилює активність аскорбінової кислоти, зменшує її окислення.
Карнітин (вітамін В _т)	Не встановлено	Печінка, м'ясо, молоко.	Бере участь в окисленні жирних кислот, у процесах трансметиловання і біосинтезу жирних кислот.
Параамінобензойна кислота (вітамін Н ₁)	Не встановлено	Рисові висівки, дріжджі, шпинат, гриби, печінка.	Забезпечує ріст рослин. Впливає на пігментацію і ріст волосся, шкіри, гормони щитовидної залози і мозкового шару надниркових.
Оротова кислота (вітамін В ₁₃)	Не встановлено	Дріжджі, печінка, молоко.	Впливає на синтез білків, поліпшує функції печінки
Метилметионінсульфоній (вітамін U)	Не встановлено	Сок сирих овочів і плодів (капусти, петрушки, томатів, селери).	Активний постачальник метильних груп для хімічних процесів, зв'язаних з відновленням слизових оболонок органів травлення.
Пангамова кислота (вітамін В ₁₅)	Не встановлено	насіння рослин, дріжджі, рисові висівки, печінка.	Бере участь в каталітичному прискоренні реакцій переносу метильних груп (у біосинтезі холіну, метіоніну, креатину), стимулює синтез глікогену в м'язах і печінці, виявляє детоксуючі властивості. Підвищує інтенсивність жирового обміну, сприяє усуненню жиру в печінці, активує обмін кисню в клітках тканин і органів.

Функції вітамінів. Вітаміни забезпечують нормальний плин біохімічних і фізіологічних процесів в організмі. Вони беруть участь у каталізі обмінних процесів, оскільки містяться в активних групах ферментів.

Авітаміноз – це стан глибокого дефіциту якого-небудь вітаміну в організмі з розгорнутою клінічною картиною недостатності (цинга, бері-бері, пелагра тощо).

Гіповітаміноз – стан організму за недостатнього вмісту одного чи декількох вітамінів у їжі.

Первинні гіповітамінози зв'язані з низьким вмістом вітамінів у продуктах харчування, що може мати місце в результаті наступних причин:

- однобічне незбалансоване харчування переважно рафінованими продуктами, недостатнє вживання продуктів рослинного походження;
- неправильна кулінарна обробка продуктів, що призводить до руйнування вітамінів;
- застосування консервантів, що руйнують вітаміни;
- неправильні умови зберігання продуктів.

Вторинні гіповітамінози розвиваються в тих випадках, коли знижується здатність засвоювати вітаміни або підвищується потреба в них.

Гіпервітаміноз призводить до порушення обмінних процесів. Особливо небезпечно в цьому відношенні передозування вітамінів А і D, що призначають дітям для профілактики рахіту і порушень росту.

3. Технологічні фактори, що зумовлюють руйнування вітамінів.

Вітамін С чутливий до тепла, світла й кисню. Він може частково або повністю руйнуватися в продуктах у результаті тривалого зберігання або приготування кулінарної продукції. У рослинних продуктах міститься фермент аскорбатоксидаза, що каталізує утворення ДАК. Зниженню його вмісту в їжі сприяє і повторне нагрівання.

Вітамін В₁ нестабільний при нагріванні у лужних середовищах – швидко руйнується за 80...100°C, але у кислому середовищі витримує нагрівання до температури 130...140°C. Також тіамін чутливий до впливу кисню й радіації.

Руйнуванню В₁ сприяють тіаминази, що містяться в м'ясі і внутрішніх органах прісноводних і морських риб.

Вітамін В₂ легко руйнується при кип'ятінні в нейтральних і лужних розчинах. Він дуже чуттєвий до світла, ультрафіолетових променів, тому стерилізація продуктів опроміненням може привести до руйнування рибофлавіну.

Вітамін В₆ відносно стабільний при нагріванні, але чутливий до окислення і розкладається під впливом ультрафіолетового світла, а також у лужних середовищах.

Вітамін В₁₂ втрачає свою активність під впливом світла, кисню та у

сильно кислих або лужних середовищах. Вітамін В₁₂ термостабільний.

Ніацин добре зберігається в харчових продуктах, стійкий до дії хімічних і фізичних факторів, витримує висушування, тривале нагрівання за високої температури, при варінні харчових продуктів втрати вітаміну становлять 15...20%.

Пантотенова кислота чутлива до дії високих температур і руйнується при стерилізації і тривалій кулінарній обробці, руйнуванню пантотенової кислоти сприяють також кисле й лужне середовище.

Фолієва кислота легко руйнується при кулінарній обробці харчових продуктів, особливо овочів. Тривале варіння приводить до втрати близько 90% вітаміну. У продуктах тваринного походження фолієва кислота зберігається краще.

Біотин досить стійкий до дії високих температур і окислення, витримує стерилізацію за 120°C, а також кип'ятіння в кислих і лужних розчинах.

Вітамін А чутливий до окислення на повітрі. Температура та вплив світла прискорюють втрату активності. Окислення жирів і масел може зруйнувати жиророзчинні вітаміни, включаючи вітамін А.

β-каротин є одним з найбільш стійких вітамінів в овочах, але за умов тривалого кипіння його втрати можуть становити 25%. Каротиноїди можуть втрачати частину своєї активності в продуктах при зберіганні через дію ферментів і під впливом світла й кисню.

Вітамін D легко піддається впливу окислювачів і мінеральних кислот, але відносно стійкий до впливу температури та практично не руйнується при кулінарній обробці харчових продуктів.

Токофероли достатньо стійкі до впливу температури. Світло та кисень можуть виступати руйнуючими факторами вітаміну Е при тривалому зберіганні харчових продуктів та їх кулінарній обробці.

Вітамін К нестійкий при нагріванні в лужному середовищі та під час опромінювання.

Основними засобами зменшення втрат водорозчинних вітамінів у продуктах, зокрема вітаміну С, є:

- забезпечувати швидкий прогрів овочів під час кулінарної обробки;
- здійснювати варіння овочів за помірного кипіння, не допускаючи викіпання рідини;
- не перевищувати термінів теплової обробки харчових продуктів, що необхідні для їх доведення до кулінарної готовності;
- використовувати очовчеві відвари для виготовлення супів, соусів;
- не допускати тривале зберігання готових страв з овочів.

4. Використання вітамінів у харчових технологіях.

У сучасних умовах перед харчовою промисловістю поставлена задача не тільки зберегти вітаміни при переробці тієї чи іншої сировини, але й

збагачення вітамінами продуктів з невисокою вітамінною активністю шляхом **вітамінізації**.

Доступними і найбільш раціональними методами консервування вітамінної сировини є її сушка і сульфитація.

Вітамінізація харчових продуктів здійснюється у кондитерській, рибній, жировій, консервній, молочній, спиртогорілчаній промисловості та на виробництвах безалкогольних напоїв.

Збагачення харчових продуктів вітамінами здійснюється також шляхом використання вітамінних препаратів.

Вітамінні препарати залежно від властивостей і зручності вживання випускаються в різному вигляді: порошках, таблетках, драже, концентратах, у водних, спиртових, спиртоцукрових, масляних, сиропоподібних розчинах.

5. Мінеральні речовини. Загальна характеристика та класифікація.

Залежно від кількості мінеральних речовин в організмі людини і харчових продуктах їх підрозділяють на **макро-** і **мікроелементи**.

Макроелементами вважають елементи, масова частка яких в організмі перевищує $10^{-2}\%$. До них відносять калій, натрій, кальцій, магній, фосфор, хлор і сірку.

Мікроелементами вважають елементи, масова частка яких в організмі складає 10^{-3} - $10^{-5}\%$.

Ультрамикроелементами вважають елементи, масова частка яких в організмі нижче $10^{-5}\%$.

Мікроелементи умовно поділяють на дві групи:

– абсолютно життєво необхідні (кобальт, залізо, мідь, цинк, марганець, йод, бром, фтор);

– ймовірно необхідні (алюміній, стронцій, молібден, селенів, нікель, ванадій і деякі інші).

Мікроелементи називають життєво необхідними, якщо за умов їх відсутності або недовліку порушується нормальна життєдіяльність організму.

До найбільш дефіцитних мінеральних речовин у харчуванні сучасної людини відносяться кальцій і залізо, до надлишкових — натрій і фосфор.

Недолік або надлишок у харчуванні яких-небудь мінеральних речовин викликає порушення обміну білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, що приводить до розвитку ряду захворювань.

6. Значення у харчуванні, фізіологічне та технологічне значення мінеральних речовин.

Кальцій – основний структурний компонент кісток і зубів, входить до складу ядер клітин, клітинних і тканинних рідин, необхідний для згортання крові; утворює сполуки з білками, фосфоліпідами, органічними кислотами; бере участь у регуляції проникності клітинних мембран, у процесах передачі нервових імпульсів, у молекулярному механізмі м'язових скорочень,

контролює активність ряду ферментів.

Магній – необхідний для активності ряду ключових ферментів, що забезпечують метаболізм організму, бере участь у підтримці нормальної функції нервової системи і м'яза серця, здійснює судинорозширювальну дію, підвищує рухову активність кишечника, що сприяє виведенню шлаків з організму, в тому числі холестерину.

Калій разом з іншими солями забезпечує осмотичний тиск, бере участь у передачі нервових імпульсів, регуляції водно-сольового обміну, сприяє виведенню води, а отже, і шлаків з організму, підтримує кислотно-лужну рівновагу внутрішнього середовища організму, бере участь у регуляції діяльності серця й інших органів, необхідний для функціонування ряду ферментів.

Натрій бере участь у підтримці осмотичного тиску в тканинних рідинах і крові, у передачі нервових імпульсів, регуляції кислотно-лужної рівноваги, водно-сольового обміну, підвищує активність травних ферментів.

Фосфор бере участь у всіх процесах життєдіяльності організму: синтезі і розщепленні речовин у клітинах, регуляції обміну речовин, входить до складу нуклеїнових кислот і ряду ферментів, необхідний для утворення АТФ.

Сірка є складовою частиною деяких гормонів і вітамінів.

Хлор бере участь в утворенні шлункового соку, формуванні плазми, активує ряд ферментів, легко всмоктується з кишечника в кров.

Залізо – необхідне для біосинтезу сполук, що забезпечують подих, кровотворення, бере участь в імунобіологічних і окислювально-відновних реакціях, входить до складу цитоплазми, клітинних ядер і ряду ферментів.

Мідь є необхідним елементом у метаболізмі людини, входить до складу ферментів, відіграє роль в утворенні еритроцитів, вивільненні тканинного заліза і розвитку кістяка, центральної нервової системи і сполучної тканини.

Йод є необхідним елементом, що бере участь в утворенні гормону тироксину.

Фтор необхідний для нормального стану зубної емалі.

Хром – необхідний для глюкозного і ліпідного обміну, а також для утилізації амінокислот, має важливе значення для профілактики легких форм діабету й атеросклерозу в людини.

Марганець – необхідний як кофактор у ряді ферментних систем, відіграє роль у правильному функціонуванні флавопротеїнів, у синтезі сульфатованих мукополісахаридів, холестерину, гемоглобіну й у багатьох інших процесах метаболізму.

Нікель виконує роль у якості кофермента в процесах метаболізму заліза.

Цинк як кофермент бере участь у широкому спектрі реакцій біосинтезу білка і метаболізму нуклеїнових кислот, що забезпечують, у першу чергу, ріст і полове дозрівання організму.

Селен є необхідним для активації одного з ключових ферментів

антиоксидантної системи організму – глутатіонпероксидази.

7. Властивості мінеральних речовин

Мінеральні речовини у складі харчових продуктів часто визначають структурні характеристики продуктів. Мінеральні речовини входять до складу полімерних молекул, утворюючи так звані сольові мостики, дисульфідні мостики тощо, і тим самим впливають на просторову конформацію макромолекул, структурні характеристики сировини, її реакцію на зовнішній вплив, функціональні властивості деяких сполук.

Достатньо велике значення мають властивості мінеральних елементів й під час здійснення ферментативних процесів.

В м'ясній сировині початкове червоне забарвлення та його зміни за різних умов визначаються наявністю у складі гемоглобіну та міоглобіну заліза, а саме у його небілковій частині – гемі.

Небілкова частина міоглобіну (гем) – це комплексна сполука чотирьох пірольних кілець з центральним атомом заліза. Саме атом заліза забезпечує різні барвникові відтінки м'яса тому, що, легко окислюючись і віддаючи один електрон, він може утворювати три форми міоглобіну: міоглобін, оксиміоглобін та метміоглобін.

При руйнуванні цих сольових мостиків та заміні іонів Ca^{2+} та Mg^{2+} на одновалентні іони Na^+ або K^+ відбувається перехід протопектину в пектин та розм'якшення рослинної сировини.

Важливе значення має кальцій та фосфор у технології переробки молока. Кальцій та магній у молоці присутні у вигляді, головним чином, солей фосфорної кислоти, значно менше – лимонної. При цьому більша частина фосфату кальцію зв'язана з казеїном у вигляді казеїнфосфатного комплексу. Фосфат частково входить до складу казеїнкальційфосфатного комплексу, тобто до складу білкової частини.

Під час виробництва харчових продуктів мінеральні речовини можуть істотно впливати на ведення технологічного процесу. Частина їх може втрачатися, інша може переходити з однієї форми в іншу тощо.

8. Використання мінеральних речовин у харчових технологіях

Мінеральні речовини широко використовуються у різних галузях харчової промисловості. Серед напрямків використання мінеральних речовин слід виділити наступні:

- мінеральні речовини як барвники;
- мінеральні речовини як консерванти;
- мінеральні каталізатори;
- мінеральні речовини, що перешкоджають злежуванню і комкуванню;
- мінеральні речовини, що регулюють текстуру харчових продуктів.

До *мінеральних барвників* відносяться: вугілля, вуглекислі солі кальцію, діоксид титану, оксиди заліза.

Нітрат натрію й нітриту калію і натрію застосовують при обробці (посолі) м'яса і м'ясних продуктів для збереження червоного кольору.

До мінеральних консервантів відносяться діоксид сірки, солі сірчистої кислоти, які виявляють виражену антибактеріальну дію.

До мінеральних каталізаторів відносяться речовини, що різко змінюють швидкість реакцій.

До мінеральних речовин, що перешкоджають злежуванню і комкуванню, відносяться речовини, що вводять у готові порошкоподібні чи кристалічні продукти для запобігання злежування, комкування чи агломерації їхніх часток.

Мінеральні солі при виробництві хліба застосовуються як стабілізатори та активатори ферментативної активності дріжджів, поліпшують структурно-механічні властивості тіста.

При виробництві плавлених сирів як солі-плавники використовують солі ортофосфорної кислоти або натрієві солі лимонної кислоти. При цьому у кальцій-казеїновому комплексі відбувається заміна іонів кальцію на натрій, що спричиняє руйнування нерозчинного комплексу та утворення розчинного у воді казеїн-натрієвого комплексу.

При виробництві ковбасних виробів часто використовують суміші солей фосфорної кислоти, які збільшують водозв'язуючу здатність білків, позитивно впливають на емульгуючу та стабілізуючу здатність жирів, гальмують процеси окислення ліпідів.

Функціональним компонентом є також і звичайний хлорид натрію. Кількість солі, яку додають під час соління м'ясних виробів 2...2,5%, відповідає концентрації, за якої розчинність білків фракції актоміозину найбільша і білки частково переходять до розчину.

При виробництві виробів з гелеподібною структурою на основі полісахаридних гелеутворювачів достатньо часто використовують солі модифікатори, що дозволяють знизити гідролізуючу дію кислот при нагріванні, різко зменшити падіння гелеутворюючої здатності.

Як модифікатори ці солі знижують температуру гелеутворення, а також підвищують міцність готових гелів.

При виробництві структурованих продуктів на основі альгінату натрію використовують хлорид кальцію, як джерело іонів кальцію, що слугують зшивними агентами та викликають гелеутворення альгінату.

Запитання для самоперевірки:

1. Загальна характеристика та класифікація вітамінів. Водно- та жиророзчинні вітаміни. Вітаміноподібні речовини та провітаміни.

2. Характеристика технологічних факторів, що зумовлюють руйнування вітамінів. Стабілізація властивостей вітамінів.

3. Використання вітамінів у харчових технологіях. Вітамінні препарати та вітамінізація харчових продуктів.

4. Загальна характеристика та класифікація мінеральних речовин.

5. Значення у харчуванні, фізіологічне та технологічне значення мінеральних речовин.

6. Властивості мінеральних речовин.

Змістовий модуль 3

Харчові продукти та їхні зміни під час теплової обробки

Лекція 3.1. Харчові продукти як джерело білкових речовин (4 год)

1. Білки яєць сільськогосподарської птиці.
2. Білки м'яса риби та інших гідробіонтів.
3. Білки м'яса тварин.
4. Білки субпродуктів.
5. Білки молока
6. Білки рослинного походження.

Рекомендована література для вивчення теми: [11, 18...21].

Ключові слова: ововітелін, оволіветин, овоальбумін, овомукоїд, овомуцин, сполучна тканина, м'язова тканина, міофібрилярні білки, саркоплазматичні білки, казеїн, сироваткові білки, проламіни, глютеліни

1. Білки яєць сільськогосподарської птиці.

Яйця належать до продуктів, що дуже широко використовуються у технологічних процесах приготування їжі. Високі функціональні (піноутворююча, емульгуюча, драглеутворююча, стабілізуюча) та технологічні (висока спорідненість із іншими продуктами, добрі смак, колір, консистенція, структуроутворююча здатність та ін.) властивості, а також харчова цінність яєць дозволяють їх використовувати і як активний компонент технологічного процесу, і як рецептурний компонент їжі.

Протеїни містяться в кожній частині яйця в різному стані. Так, більша частина протеїнів (близько 50%) знаходиться у вільному розчиненому стані в білку яйця, близько 44,3 % – у вигляді комплексних сполук з ліпідами – у жовтках. Для білків характерна наявність простих протеїнів, для жовтків – протеїдів у комплексі з ліпідами, цукрами, фосфором.

У жовтку яєць знайдено два види протеїнів – *ововітелін та оволіветин*, маса яких при співвідношенні 4:1.

Ововітелін – фосфопротеїд (містить 1/3 маси усього фосфору яєць), **оволіветин** – також фосфопротеїд, але містить ще до 1/3 усієї сірки. У значно менших кількостях у жовтку містяться фосфітин та оовітеломукоїд. У оболонці жовтка, яка складна за структурою, виявлено керотин та білки мукоїдної природи.

Протеїни білка представлені п'ятьма різними білками:
овоальбуміном (75%),
овомукоїдом (13%),

овомуцином (7%),
овокональбуміном (3%)
овоглобуліном (2 %).

Овоальбумін, овокональбумін, овоглобулін належать до протеїнів, овомукоїд та овомуцин – глікопротеїди.

Овоальбумін – основна фракція білка яєць (3/4 усіх протеїнів), добре розчиняється у воді, слабких розчинах солей, слабких кислотах і розбавлених лугах (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Розчинність білків у розчинниках

Вид протеїнів	Вид розчинників
Овоальбумін	Вода, слабкі розчини солей, розбавлені кислоти та луги
Овоглобулін	Розбавлені сольові розчини
Овомуцин	Розбавлені луги
Ововітелін	Розбавлені кислоти і луги, 10 %-й розчин кухарської солі
Оволіветин	Вода

Ізоелектрична точка протеїнів яйця знаходиться у кислій зоні рН. За даними різних дослідників ізоелектрична точка овоальбуміну знаходиться в межах рН 4,55...4,88.

Денатурація яєчних протеїнів, може бути викликана чисельними агентами, як такі: температура, міцні кислоти та луги, сечовина, солянокислий гуанідин, детергенти, саліцилати, органічні розчинники – алкоголь, ацетон, – ультрафіолетові промені, х-промені, промені солей радію, звукові хвилі, високий тиск, а також механічною дією, наприклад збиванням.

Під час денатурації протеїну виділяють три стадії:

- внутрішньомолекулярна перебудова, або власне денатурація;
- флокуляція денатурованих молекул, підготовка до коагуляції;
- утворення нерозчинного у воді згустку.

Швидкість реакції денатурації залежить, головним чином, від температури та рН, а також від концентрації розчину, присутності солей та інших речовин. Швидкість теплової денатурації сягає мінімуму за рН 6,76.

Коагуляція яєчного білка відбувається поступово в межах температур від 57,5 до 82,0°C. Чим температура вище, тим швидше відбувається тепла коагуляція овоальбуміну.

Денатурація збиванням. Струшування розчину протеїну викликає поверхневу денатурацію. Помічено, що денатурація виникає у проміжній фазі між розчином овоальбуміну та повітрям.

Швидкість денатурації залежить також значною мірою від рН розчину протеїну. На протилежність до теплової денатурації, поверхнева денатурація має найбільшу швидкість у ізоелектричній точці овоальбуміну або поблизу неї.

Протеїни яйця також денатурують під впливом **ультрафіолетового опромінювання, високого тиску, звукових хвиль.**

Коагуляція спиртом. Алкоголь справляє на овоальбумін такий же вплив, як і температура. Денатурація настає або в ізоелектричній точці, або поблизу неї.

Під час денатурації відбуваються численні зміни в нативному овоальбуміні – підвищення в'язкості, зниження спорідненості до води, зміна форми молекул, хімічні та біологічні зміни.

Підвищення в'язкості альбуміну внаслідок денатурації суттєво залежить від його концентрації, рН розчину протеїну та способу денатурації.

Спорідненість до води овоальбуміну залежить від типу денатурації: овоальбумін, денатурований нагріванням, має менше спорідненості до води, ніж протеїн, денатурований поверхнево. Денатурований нагріванням овоальбумін адсорбує тільки 80% тієї кількості води, що адсорбується нативним овоальбуміном.

Під час денатурації змінюється **форма молекули** – молекулярна структура нативного протеїну упорядкована і компактна, тоді як у денатурованого протеїну вона безладна та дифузна.

Денатурація викликає також й хімічні зміни: виділення сульфгідрильних та інших груп, виділення азоту та сірки тощо. Ступінь дисоціації молекули овоальбуміну різна залежно від способу денатурації.

Денатуровані протеїни володіють **специфічними біологічними властивостями**, вони краще перетравлюються ферментами, ніж нативні, що підтверджується методом *in vitro*, так і експериментально на тваринах.

2. Білки м'яса риби та інших гідробіонтів

Під м'ясом риби розуміють *м'язову, жирову, сполучну, нервову тканини.*

Білки м'яса риби містять майже всі амінокислоти, у тому числі незамінні, знайдені у продуктах тваринного походження.

М'ясо риби вирізняється більш сприятливим співвідношенням повноцінних та неповноцінних білків унаслідок малого вмісту сполучної тканини.

М'язове волокно риби складається з *міофібрил, саркоплазми, сарколеми та ядра.* Білки м'язового волокна риби підрозділяють відповідно до його структурних елементів. Основне харчове значення мають *міофібрилярні та саркоплазматичні білки.*

До **міофібрилярних білків** належать

міозин;

актин;

актоміозин;

тропоміозин,

які складають близько 65% усієї кількості білків м'язового волокна.

Міофібрили складаються зі щільних гелеподібних пучків (товщина 0,8...1 мкм) субмікроскопічних елементарних фібрил (товщина від 5...10 нм).

Ниткоподібні молекули **міозину** строго орієнтуються в міофібрилах, що викликає оптичну анізотропію та зумовлює еластичність м'язового волокна. Міозин складає 20...30% усіх м'язових білків, він нерозчинний у воді, але розчиняється у сольових розчинах. Ізоелектрична точка міозину риби – за рН 5,2...5,4, він здатний до значної гідратації.

Актин – другий за своїм біологічним значенням м'язовий білок (10...15% усіх м'язових білків).

Відомі два види взаємного переходу актину: неактивний глобулярний актин G та активний фібрилярний актин F, розподілений за всією довжиною волокна. За певних умов актин реагує з міозином, утворює активний комплекс – **актоміозин**, що спроможний у присутності іонів калію та магнію й за участі АТФ міцно стискатися, він є основною скорочувальною речовиною м'язів.

Актоміозин є основним білком міофібрил, не розчиняється у воді, розчиняється у слабких сольових розчинах.

Тропоміозин – головний структурний білок міофібрил, розчиняється в насиченому розчині NaCl, неповноцінний білок.

До білків **саркоплазми**, що розчинні у воді та складають близько 25% усіх білкових речовин м'язових волокон, належать:

міоген;

глобулін X;

міоальбумін;

міоглобін;

нуклеопротеїди.

Міоген складається з двох фракцій: міогену А та міогену В. Міоген А володіє ферментною активністю, бере участь у вуглеводному обміні.

Міоальбумін розчиняється у воді та в 10% розчині NaCl, у білках м'язів риб міститься в кількості до 1%.

Глобулін X – нерозчинний у воді. Порівняно з м'ясом теплокровних, у м'ясі риб міститься у 2-3 рази менше глобулінів, вміст глобуліну складає 8...15% від загальної кількості білків.

Міоглобін – хромопротеїд, у якому білкова частина представлена глобіном, а небілкова – гемом. Міоглобін зв'язує кисень та забезпечує постачання м'язів киснем. Він забарвлює м'язи в червоний колір, є

розчинним у воді та 10% розчині NaCl.

Білкові речовини м'язових (клітинних) ядер представлені **нуклеопротеїдами**, які розчиняються в розчинах слабких лугів. Нуклеопротеїди – складні білки, до складу яких входять рибонуклеїнові кислоти (РНК).

Білки сарколеми (оболонки волокна) представлені, головним чином, білками сполучної тканини – колагеном та муцинами. Під час нагрівання у воді за $t=60\ldots 96^{\circ}\text{C}$ колаген легко та швидко переходить у водорозчинну форму – глютин, чим пояснюється нетривалий термін варіння риби.

3. Білки м'яса тварин

М'ясом називають скелетну мускулатуру тварин, до складу якої входять *м'язова, сполучна та жирова тканини*.

Найбільшу харчову цінність має м'язова тканина, найменшу – сполучна.

Хімічний склад м'яса та вміст кісткової тканини неоднакові в різних частинах туші.

Кількість білка у м'ясі тварин різної вгодованості в окремих отрубках коливається в межах 15...21% та залежить від вмісту жиру: чим більше жиру в м'ясі, тим менше вологи та білка.

Загальний вміст білків м'яса недостатньо характеризує його харчову цінність, бо поряд з повноцінними білками (актоміозин, міоген, глобулін Х), до складу яких входять усі незамінні амінокислоти, у м'ясі є неповноцінні білки (колаген, еластин).

Поперечносмугаста (скелетна) **м'язова тканина** є найбільш цінною в харчовому відношенні частиною м'яса.

До складу **м'язової тканини** входять *білки м'язових волокон* та *білки міжклітинного середовища*. Білковий склад м'язової тканини зумовлюється, в основному, складом м'язового волокна.

Білки м'язового волокна входять до складу оболонки (сарколеми), ядер, саркоплазми, міофібрил та інших структурних елементів клітини.

Розподіл білків відповідно до морфологічної структури м'язового волокна наведено на рис. 3.1.

Білки сарколеми – *колаген, ретикулін, еластин* – складають приблизно 4,4...5,0% загальної кількості білків клітини. Це основні білки сполучної тканини.

Відомі наступні різновиди сполучної тканини: *жирова; ретикулярна; щільна; хрящова; кісткова*.

Пухка сполучна тканина прошаровує всі органи та тканини. У тканинах вона представлена: *ендомізієм; перемізієм; епімізієм* та разом із м'язовою тканиною складає основу будь-якого м'ясного відрубу.

У **сполучній тканині** розрізняють наступні білки: *колаген, проколаген,*

еластин, ретикулін, муцин, мукоїд, альбумін, глобулін.

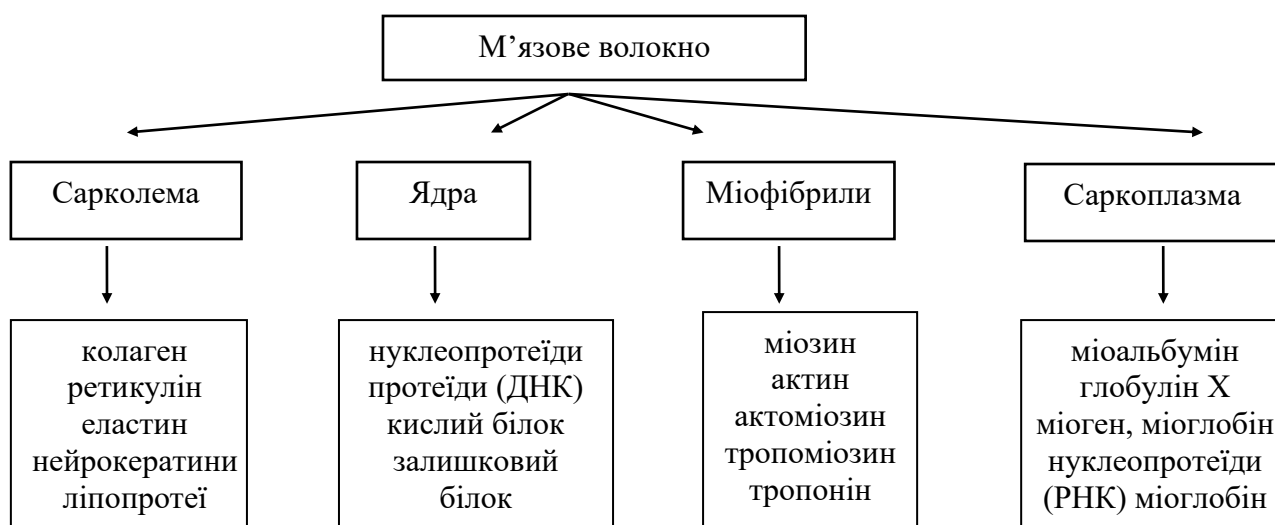


Рис. 3.1. Розподіл основних білків м'язового волокна

Колаген – це білок, який не розчиняється у воді (холодній), під час варіння він переходить у глютин, який добре розчиняється в гарячій воді. Колаген є неповноцінним білком.

За нагрівання у воді за $t = 60 \dots 70^\circ\text{C}$ вони скорочуються приблизно на 1/3 або 1/4 від первісної довжини. Велике значення має температура: якщо її підвищити до 80°C , колаген перетворюється на желатин, який розчиняється у воді.

Еластин – це основний білок еластинових волокон. На відміну від колагену та ретикуліну, не розчиняється під час нагрівання. Він не розчиняється в холодній та гарячій воді, розчинах солей, розведених кислотах та лугах, не утворює желатину.

Ретикулін входить до складу ретикулінових волокон, що утворюють сітчасті комірки, в яких закладено кровоносні судини та клітини органів.

Кількість сполучно-тканинних утворень та складність їхньої будови – зумовлюють неоднакову технологічну цінність різних частин туші та м'яса різних видів тварин.

Білки ядер – це нуклеопротейди й так звані кислий та залишковий білки.

Білки міофібрил: міозин; актин; актоміозин; тропоміозин;

складають приблизно 65% внутріклітинних білків. Вони відіграють важливу роль у змінах м'язових тканин.

Міозин – це найважливіший білок мускульної тканини, на частку якого припадає 35...40% усіх м'язових білків.

Ізоелектрична точка білка відповідає рН 5,4...5,5.

Температура денатурації міозину $45 \dots 50^\circ\text{C}$.

Актин складає близько 15% від загальної кількості м'язових білків. Він

існує у двох формах: глобулярній (*G-актин*) та фібрилярній (*F-актин*).

Температура денатурації приблизно 50 °С.

Актоміозин – володіє високою в'язкістю, він спроможний різко скорочуватися за певних концентрацій солей калію та магнію, а за більш високих концентрацій цих солей у присутності АТФ актоміозин розпадається на актин та міозин. Актоміозин у воді не розчиняється. Температура денатурації актоміозину 42...48°C. У парному м'ясі його міститься 3,7 %.

Тропоміозин (2,5% усіх білків) належить до глобулінів є неповноцінним білком.

Ізоелектрична точка тропоміозину за рН 5,1.

Тропонін – глобулярний білок.

Білки саркоплазми: *міоглобулін; глобулін Х; міоген; нуклеопротеїди; міоглобін* складають приблизно 32...37% внутрішньоклітинних білків.

Міоальбумін (1...2% усіх білків) є типовим альбуміном. Температура коагуляції його 45... 47°C, ізоелектрична точка відповідає рН 3,0...3,5.

Глобулін-Х (20% усіх білків) включає ряд білків, які є типовими глобулінами, деякі з них виявляють властивості ферментів. Ізоелектрична точка глобуліну-Х – близько 5,2.

У розчинах білок коагулює за 50°C.

Міоген (20%) розчиняється у воді. Температура коагуляції його розчинів 55...65°C, ізоелектрична точка знаходиться в інтервалі рН від 6,0 до 6,5.

Нуклеопротеїди є складними білками, які складені з рибонуклеїнових кислот (РНК) та білкового компоненту.

Міоглобін міститься в м'язовій тканині в кількості 0,1...1,0%. Він, як і гемоглобін крові, належить до дихальних білків, діє як проміжний переносник кисню від гемоглобіну до окислювальних ділянок клітин.

Міоглобін – неповноцінний білок. Ізоелектрична точка 6,29.

Основною структурою, яка надає міоглобінові червоного забарвлення, є **протопорфін**, який становить замкнену структуру, що складається з чотирьох з'єднаних разом пірольних кілець; у центрі структури знаходиться двовалентне залізо (Fe^{2+}).

Колір м'яса залежить від трьох факторів:

- концентрації міоглобіну,
- ступеня зв'язування кисню міоглобіном,
- величини заряду заліза в гемі (Fe^{2+} або Fe^{3+}).

Зв'язаний з киснем міоглобін, що містить Fe^{2+} – **оксиміоглобін** (MbO_2), – надає м'ясу яскравого світло-червоного забарвлення.

Окислений і нездатний зв'язуватися з киснем міоглобін, до складу якого входить тривалентне залізо Fe^3 , – **метміоглобін** ($MetMb$) має брунатний колір.

Відновлений, здатний зв'язуватися з киснем **міоглобін** (Mb) з іоном Fe^{2+} характеризується темно-червоним кольором.

4. Білки субпродуктів

Субпродуктами називають другорядні продукти забою тварин: внутрішні органи (їстівні), голови, хвости, нижні частини кінцівок, губи, а також м'ясу обрізь. Субпродукти складають у середньому 10...18% від живої ваги тварини, залежно від її виду, породи, статі, віку та вгодованості.

Субпродукти за складом поділяють на три основні групи:

– паренхіматозні субпродукти: печінка, легені, нирки, головний мозок, вим'я та селезінка. Кожен з цих органів складається з остова (основи) та паренхіми. Остов складається, в основному, з колагену, розділяється на окремі відділи, в яких знаходиться паренхіма, специфічна для кожного органу. Специфіка будови цих органів пов'язана з тим, що за життя тварини вони виконували функції, не пов'язані з рухом;

– серце, язик, діафрагма, шлунок. Ці органи пов'язані з функціями руху. До їх складу входять сполучна та м'язова (гладка, поперечносмугаста) тканини;

– голова, ноги (путовий суглоб), губи, хвости, вуха. Будова цих частин наближається до будови та складу м'ясної туші, але відрізняється кількісним співвідношенням м'язової, сполучної та жирової тканин.

Рубець. Амінокислотний склад білків рубця характеризується повним набором незамінних амінокислот, загальна кількість яких близька до вмісту в м'ясі.

М'ясна обрізь. За хімічним складом м'ясна обрізь незначно відрізняється від м'яса.

Серце. У серці міститься багато гемоглобіну (до 2,5 %), за рештою показників білковий склад серця не відрізняється від білкового складу м'яса.

Нирки. Білки нирок представлені глобулінами, альбумінами, нуклеопротейдами, муцинами та мукоїдами, колагеном та еластином.

Язик. Білки язика мало відрізняються за складом від білків м'яса.

Головний мозок. Містить дуже мало білків, порівняно з іншими субпродуктами. Вони представлені в основному альбумінами, глобулінами, ліпопротейдами, нуклеопротейдами, нейрокреатинами та незначною кількістю інших білків.

Легені. Відрізняються високим вмістом колагену (4,6%), еластину (~1%) та невеликою кількістю повноцінних білків.

Вим'я. Білки вимені містять 24,97 % незамінних амінокислот.

Печінка. Білки печінки представлені великою кількістю глобулінів та альбумінів. Також у печінці міститься досить велика кількість хромопротейдів ферину та феритину, які виступають постачальниками заліза

в організм, особливий інтерес становить залізовмісний пігмент гемосидерин.

5. Білки молока

Ступінь чистої утилізації молочного білка в організмі людини складає 75%. Високу біологічну цінність білків молока зумовлено їх складом, збалансованістю незамінних амінокислот, їх добрим перетравленням та засвоюваністю.

Колоїдний стан білків визначає їх легку доступність та перетравлення протеолітичними ферментами. Так, казеїн засвоюється в організмі на 95%, сироваткові білки (альбуміни та глобуліни) – на 97 %.

У молоці вирізняють дві групи білків, які мають різні властивості: *казеїн* та *сироваткові білки*. Білки першої групи при доведенні молока до рН 4,6 випадають при 20 °С в осад, а другої – за таких же умов залишаються в сироватці.

Казеїн, на частку якого припадає від 78 до 85 % загального вмісту білка в знежиреному молоці, знаходиться у вигляді колоїдних частинок, або міцел, тоді як неказеїнові, **сироваткові білки** залишаються в молочній сироватці в кількості від 15 до 22% і знаходяться в ній у розчиненому вигляді.

Фракційний склад казеїну та сироваткових білків складається з видів, які наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Фракційний склад білків молока

Казеїнова фракція			Фракція сироваткових білків		
Білки	Вміст, % від загальної кількості білків знежиреного молока	ІЕТ	Білки	Вміст, % від загальної кількості білків знежиреного молока	ІЕТ
Казеїни	78...85		Сироваткові	15...22	
α-казеїни	45...55	4,1	β-лактоглобулін	7...12	5,3
β-казеїни	25...35	4,5	α-лактоальбумін	2...5	4,2...4,5
κ-казеїни	8...15	4,1	альбумін	0,7...1,3	4,7
γ-казеїни	3...7	5,8...6,0	імуноглобулін и	1,9...3,3	5,5...6,8
			протеозо-пептони	2...6	3,3...3,7

За своїм складом білки молока можуть бути простими та складними. До перших зараховують сироваткові білки, а до других – казеїн, який є фосфопротеїдом, тому що до його складу входить фосфорна кислота.

Казеїн у молоці знаходиться у вигляді **кальцій-фосфат-казеїнового комплексу (КФКК)**. Цей комплекс складається з казеїнату кальцію з колоїдним фосфатом кальцію, до його складу також входять у невеликій кількості лимонна кислота, магній, калій та натрій.

Мицели казеїну стійкі до нагрівання та механічної обробки молока. Стабільність їх залежить від вмісту розчинних солей кальцію, хімічного складу казеїну, активної кислотності та інших факторів.

Ізоелектрична точка спостерігається для казеїну при рН 4,6...4,7.

Комплекс білків, які залишаються в сироватці після видалення з молока до досягнення ізоелектричної точки казеїну, називають *сироватковими*.

Ізоелектрична точка β -лактоглобуліну рН 5,3.

Ізоелектрична точка α -лактоальбумін рН 4,2...4,5.

6. Білки рослинного походження

Велика кількість білка міститься в окремих видах насіння, найбільше – у бобових та олійних культурах, наприклад у горосі, квасолі, сої, соняшнику.

У олійних плодах та насінні білки складають суттєву частку сухої маси (1/5...1/2 сухої речовини), %: соняшник – 13,5...19,1; бавовник – 19,3...21,3; льон – 24,1...25,6; рицина (ядро) – 17,0...29,1; коноплі – 21,3...22,2; соя – 26,5...44,7.

У організмі рослини білки виконують різноманітні функції, основними з яких є структурна, енергетична та захисна.

Білки, що містяться в олійному насінні, у переважній кількості (80...94% від загальної суми) розглядаються як запасні. У меншій кількості в насінні містяться структурні білки, що входять до складу різних структурних елементів клітини, та каталітичні (ферментні) білки.

Окрім цих білків, у клітинах рослин присутні захисні та токсичні білки, вони утворюються в рослинах при мікробному зараженні, пригнічуючи розвиток мікроорганізмів.

У насінні олійних рослин синтезуються білки-інгібітори ферментів – трипсину та хімотрипсину, а також ферменти-інгібітори гідролаз.

Основними фракціями білків насіння є: альбуміни; глобуліни; проламіни; глютеліни.

Білкові речовини пшеничного борошна складають у середньому 14...18% з маси борошна.

До складу білкових речовин зерна та пшеничного борошна входять протеїни. У невеликій кількості є ліпо-, гліко- та нуклеопротеїди.

Фракційний склад білків пшеничного борошна залежить також від

співвідношення ендосперму та оболонки.

Білки оболонок, алейронового шару складаються, в основному, з альбумінів та глобулінів, білки ендосперму – з глютелінів та проламінів, що утворюють клейковину.

Основні фракції білків борошна є *проламіни та глютеліни*.

Проламіни – білки, які розчиняються в 60...80% розчині етанолу у воді. У борошні з пшениці та жита представником проламінів є гліадин.

Вміст гліадину в пшеничному борошні становить 3%, житньому – 6...7% від маси борошна.

Глютеліни – білки борошна, які розчиняються у 1,1...0,2% розчинах лугів. Їх кількість становить 20...50% від маси всіх азотистих речовин борошна.

Основним представником глютелінів у пшеничному та житньому борошні є глютенін. Глютенін та гліадин становлять від 2/3 до 1/2 маси всіх білків борошна.

Загальна характеристика білків борошна пшениці та їх функції у тістоутворенні наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Характеристика білків муки пшениці та їх функції у тістоутворенні

Тип протеїнів, їх співвідношення	Глютеліни, проламіни (85 % протеїнів)		Неглютеліноподібні (15 %)	
	Глутенін 40-45 %	Гліадин 55-60 %	Альбумін 60 %	Глобулін 40 %
Вміст у молях на 100 г - іонізованих груп	87 (слабо іонізованих) збагачені на амінокислоти з лужними характеристиками	66 (дуже слабо іонізованих) збіднені на лізин		Багатий на лізин
-амінокислотних груп	365	381		
+	значна кількість			
гідроксильних груп	здатність до гідратації та утворювати водневі зв'язки			
- неполярних груп	301	390		
	значна кількість			
	значна кількість дозволяє утворювати зв'язки з ліпідами	збагачений на пролін		
- групи - SH + 1/2 (S-S)	1-17 тільки у формі SH			
	утворення S-S в	утворення S-S		

	середині та поміж ланцюгами [S - - S-S- - S] _n що призводить до збільшення молекулярної маси і обумовлює складення ланцюгів	зв'язків поміж ланцюгами		
Функції:	відповідають за утворення S-S зв'язків та їх обмін в процесі замісу тіста, тістоутворення, та визрівання муки			
	відповідають за утворення гідрофобних зв'язків з гліколіпідами	відповідають за утворення гідрофільних зв'язків з гліколіпідами		
	відповідають за еластичність та пружність тіста, його нерозтягнення	відповідають за пружність тіста, але не за еластичність	коагулюють під впливом тепла в процесі теплової обробки	
	впливає на тривалість та оптимум замісу та утворення пористої сітчастої структури клейковини	впливає на об'єм виробів із борошна		

Білки борошна належать до ліофільних речовин. Здатність до набрякання залежить від властивостей білків та рН середовища. Ізоелектрична точка білків пшеничного борошна знаходиться в межах рН 5,5...7,1.

Запитання для самоперевірки:

1. Білки яєць. Фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості, перетворення в технологічному процесі.
2. Білки м'яса риби та інших гідробіонтів. Фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості, перетворення в технологічному процесі.
3. Білки м'яса тварин. Фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості. Міоглобін та його перетворення в технологічному процесі.
4. Білки субпродуктів, їх змінювання за технологічного впливу.
5. Білки молока. Загальна характеристика, фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості білків молока.
6. Змінювання білків молока в технологічному процесі.

7. Білки рослинного походження. Фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості. Змінювання, що їх викликає технологічний вплив.

Лекція 3.2. Харчові продукти як джерело харчових жирів (2 год)

1. Жири тваринного та рослинного походження.
2. Ферментативне окислення ліпідів молока та молочних продуктів, м'яса, риби та овочів.
3. Вплив технологічних чинників та процесу збереження на властивості, харчову та біологічну цінність жирів.
4. Види псування жирів. Способи стабілізації жирів.
5. Оцінка рівня окислення та здатності жирів до окислення.

Рекомендована література для вивчення теми: [19, 20, 21].

Ключові слова: жири, ліпіди, окислення, йодне число, число омилення, густина, в'язкість, ферментативне окислення ліпідів, псування жирів.

1. Жири тваринного та рослинного походження Характеристика основних тваринних жирів, маргаринів

Жири тваринного походження фізіологічно виконують роль енергетичного резерву в організмі, вони, як правило, більше насичені.

Жир свиней значною мірою депонується під шкірою (сало), до його складу, крім жиру, входять сполучна тканина та вода; після екстракції використовується як товарний жир, а також як компонент фритюрних жирів, маргаринів.

Жир яловичий використовується також як компонент сумішей жирів різного технологічного призначення, у тому числі і фритюрних.

Жири китів багаті на ненасичені жирні кислоти з 20...22 атомами вуглецю і мають у своєму складі жирні кислоти з 4, 5 та 6 подвійними зв'язками.

Жири риб ще більше ненасичені, маючи у своєму складі до 75 % ненасичених жирних кислот, тому вони швидко окислюються і використовуються за спеціальними призначеннями.

Більшість жирів, які використовуються для виготовлення маргаринів, фритюрних жирів, попередньо відновлюються (гідруються) воднем.

Асортимент **маргаринів** дуже великий, вони відрізняються один від одного, як жировою основою – жири з риби, китів, рослинні жири гідровані, – так і наповнювачами – молоко, вершки, вершкове масло, вода, ароматизатори, какао і т. ін.

За наявності широкого асортименту маргарини повинні відповідати

наступним вимогам:

- бути компактними за текстурою за $t\ 20\ ^\circ\text{C}$;
- мати властивість легко намазуватися за $t\ 5\dots 10\ ^\circ\text{C}$;
- швидко розтоплюватися в ротовій порожнині;
- мати, як правило, смак та аромат вершкового масла.

Для роздрібної торгівлі промисловість випускає дієтичні маргарини з наступними основними властивостями:

- маргарини низькокалорійні – емульсії, які містять до 50 % води і повітря. Їх виготовлення передбачає використання емульгаторів та стабілізаторів, що продиктовано значним вмістом вологи;
- маргарини із вмістом до 50 % лінолевої кислоти для хворих гіперхолістеремією та гіперглікопротеїномією II типу.

Жири для емульгування, як правило, мають такий склад:

рідкі тригліцериди	–	80...100 %
тверді	–	0...12 %
моногліцериди	–	0...50 %
інші емульгатори	–	0...5 %
антиоксиданти	–	сліди.

Вершкове масло (молочний жир) та маргарини традиційно використовуються у споживанні як самостійно, так і у вигляді рецептурного компоненту. Асортимент вершкового масла, як і маргаринів, дуже великий, тому немає рації наводити особливості його складу.

Жири рослинного походження. Серед олій лінолево-олеїнової групи головною є соняшникова олія, у якій доля олеїнової кислоти досягає 75 % загальних жирних кислот, а доля лінолевої - 15 %. Вона містить жиророзчинні вітаміни А, D, Е та характеризується високими органолептичними показниками.

Основним представником олій лінолево-ліноленової групи є олія сої, яка по об'ємам виробництва займає перше місце у світі.

До групи олео-пальмітнових жирів відносяться оливкова та пальмова олії.

Оливкову олію отримують із м'якотних частин та ядер кісточок. Особливістю складу є значна кількість олеїнової та пальмітинової кислот, які визначили її використання як салатної, а також для виготовлення маргаринів, кулінарних жирів.

Пальмова олія, як і кокосова, отримують із м'якоті плодів пальми, а пальмоядрову – із ядер. Ці олії в значній мірі відрізняються складом жирних кислот, пальмова відноситься до олео-пальмітинової групи, а пальмоядрова – до групи лауринових олій.

2. Ферментативне окислення ліпідів молока та молочних продуктів, м'яса, риби та овочів

Молоко та молочні продукти. Окислення ліпідів молока та молочних продуктів має важливе технологічне та комерційне значення через появу неприємного запаху.

Окислення стосується ненасичених жирних кислот, фосфоліпідів, які знаходяться в мембранах жирових кульок; вміст цих фосфоліпідів у молоці складає менше 1%, але в результаті окислення утворюються альдегіди з прогірклим запахом, рівень відчуття яких дуже низький.

Окислення ліпідів відіграє важливу роль і надає смак деяким сирам (типу “Рокфор”, “Камамбер”, “Брі”, “Бурсо”). Навпаки, у результаті окислення погіршується якість вершкового масла та порошкового молока.

М'ясо. Нежирне м'ясо яловичини або свиней містить від 3 до 6 % тригліцеридів відносно насичених жирних кислот і приблизно 1 % фосфоліпідів, багатих на ненасичені жирні кислоти. Ці фосфоліпіди, які входять до складу мембрани клітин, і особливо мембран мітохондрій, схильні до дуже швидкого окислення.

Узагалі м'ясо птиці легше окислюється, оскільки його фосфоліпіди більш багаті на ненасичені жирні кислоти.

Риба. Під час зберігання риби окислення ліпідів дуже часто є лімітувальним фактором, який визначає псування сировини, особливо, коли розвиток мікроорганізмів паралізовано заморожуванням, стерилізацією або дегідратацією. Окислення розвивається швидко, що пояснюється двома мотивами:

- ліпіди риби дуже ненасичені;
- міоглобін каталізує окислення.

Овочі. Окислення ліпідів лімітує зберігання деяких продуктів, отриманих із овочів – пюре картопляного дегідратованого, зеленого горошку замороженого, сухих сніданків, чипсів та ін. Незважаючи на низький вміст ліпідів (< 1 %) у цих продуктах, вони містять значну кількість ненасичених фосфоліпідів.

3. Вплив термічної обробки на властивості, харчову та біологічну цінність жирів

Зміна жирів під час гідротермічних процесів. Гідротермічні процеси належать до багатофакторних складних теплових процесів, які суттєво впливають на харчові продукти.

Зміна жирів під впливом гідротермічної обробки залежить від температури обробки, терміну обробки, співвідношення жировмісних продуктів та води.

Загальними для всіх видів гідротермічної обробки є *фізичні, хімічні та*

колоїдні зміни жирів. Серед **фізичних змін** найбільш суттєвими є розтоплення жирів і перехід за високих температур у розплавлений стан.

До **колоїдних змін** треба відносити зміни агрегатного стану жиру та перехід його в розплав, утворення емульсій та коалісценцію жиру.

До **хімічних змін** треба віднести частковий гідроліз жиру, як домінуючий процес, окислення жиру, та нагромадження в жирі ліпідів, які містяться у продуктах та мають високу спорідненість із жирами - каротиноїдів, вітамінів, пігментів, ефірних олій.

Зміна жирів під впливом смаження. Смаження належить до дуже складних багатофакторних технологічних процесів. По-перше, у процесі смаження приймає участь великий асортимент жирів з різними властивостями та товарознавчими показниками, з різним терміном зберігання та попереднього автоокиснення. По-друге, обсмажується дуже широкий асортимент продуктів, які здатні суттєво впливати на якість жирів. По-третє, різні конструктивні особливості апаратів та обладнання, використання різних матеріалів також здатні значно впливати на показники жирів.

Принципово існує два основних способи смаження продуктів:

– з невеликою кількістю жиру (основний спосіб), де частка жиру відносно до оброблюваного продукту складає 5...20%;

– смаження у великій кількості жиру (фритюрі), де, залежно від параметрів процесу співвідношення продукту та жиру складає 1:4...20. Температура нагрівання жиру складає 140...200°C, термін обробки складає від декількох хвилин до кількох діб.

Існують також різновиди впливу сухого нагріву на жири.

Термообробка впливає на *зміну технологічних властивостей жиру, фізико-хімічних показників, харчову та біологічну цінність.*

Серед основних **фізико-хімічних змін** слід виділити наступні: окислення (термоокислення) складових частин ліпідів, полімеризація (термополімеризація) та термічна деструкція жирів, у тому числі високотемпературний гідроліз (термоокислювальна деструкція жиру та жирних кислот).

За термічного окислення жирів, особливо в процесі фритюрного смаження, проходить швидше утворення і розпад перекисів, про що свідчить динаміка перекисного числа, яка має S-подібний характер.

Дуже їдким на сприймання є **акролеїн**, який утворюється як продукт термічної деструкції гліцерину.

Видаленню летких продуктів деструкції сприяє вода, яка випарюється з жиру та вологих продуктів. Одночасно вона ж є субстратом для гідролізу жиру, що призводить до нагромадження вільних жирних кислот.

Температура чи точка димоутворення - це найнижча температура, при якій жири починають руйнуватися з утворенням диму. Температура

димоутворення залежить від виду жиру, кількості вільних жирних кислот у ньому, геометричних розмірів грійного пристрою, співвідношення площі поверхні до об'єму жиру, що нагрівається, матеріалу посуду, ступеня попереднього автоокислення.

Окислювальна або термічна деструкція жирів призводить до *нагромадження низькомолекулярних фракцій*, серед яких основна частка припадає на вільні жирні кислоти. Жири, як евтектичні суміші, не мають точки кипіння, а характеризуються точкою димоутворення.

Другою особливістю хімічних змін і, як наслідок, зміни складу жирів є *утворення окислених жирних кислот*.

Третьою особливістю термодеструкції жирів є виникнення *продуктів полімеризації жирів*.

Зміна технологічних властивостей жиру у процесі нагрівання. Під зміною технологічних властивостей у процесі нагрівання слід розуміти зміну кольору, смаку, запаху, структурно-механічних властивостей, фазового складу, температур застигання, топлення та димоутворення, помутніння, опалесценцію та інше.

Зміна кольору характеризується декількома напрямками, які залежать, насамперед, від виду та складу жиру. З'ясовано, що рафіновані та дезодоровані жири, більш стабільні та змінюють колір незначно. Але нерафіновані жири та олії під впливом температури можуть світлішати за рахунок втрати кольору каротиноїдами, госсіполом, хлорофілом, астоксантином, астатином.

Друга причина потемніння жирів – це реакції меланоїдиноутворення та карамелізації. Реакція меланоїдиноутворення може проходити як у продуктах, які обсмажуються, так і за участю фосфатидів нерафінованих жирів - лецитину, кефаліну та інших, які можуть бути джерелом амінних груп.

Проблема *зміни смаку та запаху* жирів, особливо тих, які використовуються для фритюрного смаження, дуже гостра, бо жири за рахунок їх вбирання продуктами здатні значно впливати на якість готової продукції. При термообробці виникає понад 200 нових сполук, які нехарактерні для нативних жирів.

Змінюються також *структурно-механічні властивості*. Як правило, через деякий час експлуатації жиру, за рахунок виникнення полімерів, в'язкість його зростає, що може призвести до спінення при повторному нагріванні, і як результат - до виплеску його з фритюрниці.

Вплив термічної обробки на харчову та біологічну цінність жирів. Жири – це основний енергетичний матеріал, їх енергетична цінність більше ніж в 2 рази перевищує білкову та вуглеводну. Незамінні жирні кислоти C_{18:2}, C_{18:3}, C_{20:4} виступають як попередники утворення цілої групи біологічно активних

речовин - простагландинів.

Оцінюючи біологічну цінність жирів, слід підкреслити, що методи оцінки мають інтегральний характер, оскільки вони не виявляють вплив кожної жирної кислоти на метаболізм ліпідів. На відміну від білків, поки неможливо визначити біологічну цінність жирів на підставі їхнього хімічного аналізу.

Усі перелічені факти свідчать, наскільки важливо споживати жири в максимально незмінному, тобто нативному стані. Тому з розгляду фізіології дуже важливо планувати споживання близько третини фізіологічної добової норми у вигляді негрітих олій, що за розрахунками забезпечує необхідний рівень споживання біологічно активних жиророзчинних речовин.

4. Види псування жирів. Способи стабілізації жирів

Жири належать до продуктів тривалого терміну зберігання. Тому в технологічній практиці, виконуючи технологічні процеси доводиться працювати з жирами, які уже в процесі зберігання змінили свої нативні показники.

У основі різних видів псування жирів лежать процеси аналогічні до гідролізу та окислення. За більшості випадків гіркнення жиру, як основний органолептичний показник супроводжується нагромадженням альдегідів – альдегідне гіркнення, та кетонів – кетонне гіркнення.

Іншим показником псування жирів є їх осалювання, яке характеризується втратою кольору жиру та появою стеаринового запаху.

Окислення каротиноїдів супроводжується утворенням активних вільних радикалів, які прискорюють процес окислювального перетворення важкоокислюваних ненасичених тваринних жирів – утворюються перекиси, а потім вторинні продукти окислення зі специфічним запахом. Цей запах зумовлений леткими насиченими низькомолекулярними альдегідами (C_1-C_{10}).

Інколи за умов псування жирів наявне поверхневе окислення жирів з виникненням поверхневого шару, який зветься штаффом.

В основі утворення штаффу лежать декілька процесів, серед яких превалюють процеси полімеризації та окислення жиру на тлі значного зневоднення поверхневого шару.

У процесі зберігання тканинні ліпіди здатні гідролетично розщеплюватися та окислюватися. Процес гідролізу проходить швидше, ніж у чистих жирах, що зумовлене збереженням у тканинах ферментів з високою ліполітичною активністю.

Нагромадження вільних жирних кислот у мускульній тканині має S-подібний характер.

Типовим для процесу самоокислення жирів у складі мускульної тканини

є нагромадження перекисних сполук.

Первинні та вторинні продукти окислення ліпідів реагують також з іншими компонентами тканини.

Способи стабілізації жирів. У технологічній практиці для стабілізації жирів використовують різні технологічні прийоми. Найбільш поширеними є збереження продуктів за певних температурних режимів та використання тари й упаковки. За обгрунтованих термінів зберігання використання цих факторів є достатніми умовами для забезпечення стабільних властивостей харчових продуктів.

За останній час все більшу роль у збереженні жирів набуває використання антиоксидантів.

З точки зору принципу дії ці речовини і методи можуть бути розподілені на три категорії (типи):

1) антиоксиданти, що здатні розірвати ланцюг радикалів, віддаючи радикал водню жирнокислотному вільному радикалу, переводячи його у стабільний стан;

2) антиоксиданти, що здатні перешкоджати або зменшувати можливість утворення вільних радикалів;

3) засоби із захисту від окислення, вивчення фізичних умов (відносна вологість, температура, присутність кисню та ін.).

5. Оцінка рівня окислення та здатності жирів до окислення

Окислення ліпідів дуже складний і багатостадійний процес, у якому, спостерігається в певний період домінування певної стадії і повільне протікання інших. На практиці така закономірність проявляється в S-подібному характері накопичення та руйнування продуктів різних стадій окислення, тому неможливо оцінити інтенсивність та рівень окислення ліпідів за допомогою одного показника.

Поглинання кисню. Існують різні методи визначення поглинання за певних умов кисню будь-яким ліпідом: збільшення маси ліпіду; зменшення кисню в атмосфері зберігання, що визначається в апараті Warburg, газовою хроматографією або кисневим електродом; зменшення тиску в камері, до якої поміщено ліпід за температури 100°C, та за початкового тиску кисню 10 торс.

Визначення спряжених дієнів. Визначення оптичного поглинання за 232 нм, характерного для сполук зі *спряженими* подвійними зв'язками, або використання ІЧ-спектроскопії, застосовується для визначення початку окислення.

Перекисний індекс. Ліпіди, попередньо екстраговані з продукту, можуть бути визначені різними методами, які ґрунтуються, як правило, на визначенні окислювально-відновлювального потенціалу за допомогою полярографії, йодометрії, а також хлориду олова, солей заліза та ін.

Випробування за допомогою активного окислювального методу (АОМ). Цей метод, на сьогодні дуже поширений, полягає у пропусканні повітря або кисню через ліпід за певної товщини шару ліпиду, температури (на рівні 97°C) та інших умовах.

Реакція з тіобарбітуровою кислотою (ТБК). Тіобарбітурова кислота реагує з малоновим альдегідом і, можливо, з іншими альдегідами, утвореними в результаті окислення, з утворенням забарвлених продуктів, кількість яких визначається за оптичним поглинанням за 532 нм.

Визначення карбонільних летких сполук і тотальних карбонільних сполук. За реакцією з 2,4 - динітрофенілгідразином або з гідроксиламіном можна визначити загальний вміст карбонільних сполук або (після перегонки з водяною парою) лише летких карбонільних сполук.

Проба на збереження. Проби зберігають під час контакту з повітрям у заданих умовах до моменту, коли з'являються ознаки гіркнення.

Йодний індекс. Йодний індекс, який використовується для визначення чистих ліпідів, дозволяє визначити присутність подвійних зв'язків, тому може бути використаний для визначення останніх фаз окислення.

Оцінка якості жирів за допомогою "чисел". У повсякденній практиці інженеру технологу дуже часто приходится комплексно оцінювати якість жирів за допомогою визначення "чисел" – кислотного, перекисного, йодного та тіобарбітурового. Дослідження ліпідів та визначення динаміки цих чисел дозволяє не тільки оцінити якість жирів, а й глибину (стадію) окислення ліпідів.

Запитання для самоперевірки:

- 1. Жири тваринного та рослинного походження.*
- 2. Ферментативне окислення ліпідів молока та молочних продуктів, м'яса, риби та овочів.*
- 3. Жири молока та молочних продуктів. Змінювання властивостей жирів молока та молочних продуктів за технологічної обробки.*
- 4. Жири м'яса та м'ясопродуктів. Змінювання властивостей жирів м'яса та м'ясопродуктів за технологічної обробки м'яса, риби, овочів.*
- 5. Жири риби та інших гідробіонтів. Змінювання властивостей жирів риби та інших гідробіонтів за технологічної обробки.*
- 6. Окислення ліпідів у технології харчових продуктів. Зміна технологічних властивостей жиру під час нагрівання.*
- 7. Вплив термічної обробки на харчову та біологічну цінність жирів. Види псування жирів.*
- 8. Характеристика методів оцінки якості жирів. Оцінка рівня окислення та здатності жирів до окислення.*

Лекція 3.3 Харчові продукти як джерело вуглеводів (2 год).

1. Вуглеводи сировини та їх змінювання під впливом технологічної обробки.
2. Крохмаль, його вплив на забезпечення якості кулінарної продукції.
3. Вуглеводи клітинних стінок рослин (харчові волокна).
4. Функціонально-технологічні та фізико-хімічні властивості гідроколоїдів полісахаридної природи.

Рекомендована література для вивчення теми: [12, 13, 23, 24].

Ключові слова: ретроградація, харчові волокна, вуглеводи клітинних стінок, пектинові речовини, гідроколоїди полісахаридної природи.

1. Вуглеводи сировини та їх змінювання під впливом технологічної обробки

Вуглеводи харчових продуктів, головним чином, представлені моносахаридами, дисахаридами, полісахаридами та вуглеводами клітинних стінок.

До складу харчових продуктів входять як самі **моносахариди**, так і продукти їх біологічної та технологічної трансформації, які виникають за рахунок реакції окислення та відновлення.

Серед **технологічних властивостей** моносахаридів та дисахаридів найсуттєвішою в технологічному процесі є **здатність надавати харчовим системам солодкого смаку**. Полісахариди не мають солодкого смаку, але під час гідролізу крохмалю нагромаджуються декстрини, що мають солодкий смак.

Серед основних змін цукрів, які проходять під впливом високих температур та називаються *неензиматичним побурінням*, є зміна зовнішнього вигляду, кольору, смаку, запаху, а також фізико-хімічних показників, які, головним чином, зумовлені реакціями **карамелізації** та **меланоїдиноутворення**.

Карамелізація може відбуватися в товарних продуктах за їх нагрівання – у цукрах, меді, сиропях, їх рецептурних сумішах та розчинах, а також у харчових продуктах, що містять цукристі речовини як складову частину.

У табл. 3.6 наведено деякі продукти, до складу яких входять цукри, які знаходяться у склоподібному стані, та причини, які можуть призвести до нестабільності цих систем.

Таблиця 3.6. Цукри, які знаходяться у продуктах у склоподібному стані: нестабільність та способи запобігання їй

Продукт	Процес утворення склоподібного стану	Складові цукри	Прояви та засоби запобігання нестабільності
Креми, морозиво	Заморожування	Сахароза, лактоза	Утворення кристалів у лактозі, яке потенціюється збереженням за температур -17...-23°C
Молоко сухе знежирене	Дегідратація	Лактоза (досягає 40% сухих речовин)	Липка маса, яка збирається у грудки
Деяка карамель	Пересичення за рахунок кипіння і наступного охолодження	Сахароза, глюкоза, інвертний цукор	Виявляється в утворенні зерен (кристалів), поверхня набуває липкої консистенції. Уникати високого вмісту гігроскопічних цукрів та зберігання в умовах підвищеної відносної вологості

Серед основних змін цукрів, які проходять під впливом високих температур та називаються *неензиматичним побурінням*, є зміна зовнішнього вигляду, кольору, смаку, запаху, а також фізико-хімічних показників, які, головним чином, зумовлені реакціями **карамелізації** та **меланоїдиноутворення**.

Карамелізація може відбуватися в товарних продуктах за їх нагрівання – у цукрах, меді, сиропях, їх рецептурних сумішах та розчинах, а також у харчових продуктах, що містять цукристі речовини як складову частину.

Меланоїдиноутворення супроводжуються фізико-хімічними, органолептичними змінами складових. Воно є суттю деяких технологічних процесів і визначає як споживчу якість готових до вживання продуктів, так і харчову та біологічну цінність.

Неензиматичне побуріння відбувається й під час зберігання харчових продуктів. Процес прискорюється при підвищенні температури та проявляється при пастеризації, варінні, дегідратації.

Практичних засобів, які дозволяють **уникнути неензиматичного побуріння** в процесі технологічної обробки продуктів, існує небагато.

2. Крохмаль, його вплив на забезпечення якості кулінарної продукції

Виробництво кулінарної продукції висуває різні вимоги до крохмалів, що використовуються залежно від співвідношення в'язкості, спроможності до драглеутворення, прозорості та ін.

Звичайні крохмалі, отримані з бульб та зерна, містять 20...25 % амілози і тому характеризуються вираженою тенденцією до *«старіння» (ретроградації)* клейстерів.

Тому в технологічній практиці не рекомендується їх використовувати в

якості загусників у продукції, яка має тривалий термін зберігання, оскільки це може призвести до отримання зернистої текстури та еластичної консистенції, а також викликати ущільнення та провокувати синерезис.

У табл. 3.7 наведено дані щодо вмісту амілози та амілопектину в натуральних крохмалях.

Таблиця 3.7 – Вміст амілози та амілопектину в натуральних крохмалях

Джерело	Амілоза, %	Амілопектин, %
Картопля	23	77
Тапіока	20	80
Пшениця	20	80
Рис	15...35	65...85
Сорго	25	75
Кукурудза воскоподібна*	25	75
Амілокукурудза (amilomaiz)	77	23
Банани	17	83

*Отримана генетичною модифікацією.

Більшість зернових крохмалів утворюють непрозорі клейстери.

Крохмалі тапіоки, картоплі та кукурудзи воскової стадії зрілості добре набрякають, утворюють гелі високої в'язкості та навіть за охолодження кулінарної та харчової продукції «старішають» менш інтенсивно, особливо крохмаль із кукурудзи воскової стадії зрілості.

Кукурудзяний крохмаль і крохмаль зернового сорго широко використовуються в технологіях харчових продуктів.

Використання **рисового крохмалю** в технології продукції ресторанного господарства обмежено його високою вартістю та особливими технологічними властивостями. Рисові крохмалі утворюють мутні драгли, що є небажаним у технології харчових продуктів.

Порівняно з іншими крохмалями, за однакових концентрацій клейстери, виготовлені з **пшеничного крохмалю**, мають більш низьку в'язкість і виявляють підвищену тенденцію до утворення м'яких драглів.

Модифікований, рідкокиплячий пшеничний крохмаль може вдало використовуватися в салатних приправах, супах та заварних кремах.

Переважає кількість традиційних технологій кулінарної продукції, до складу яких входить крохмаль, ґрунтується на використанні **картопляного крохмалю**.

Крохмаль тапіоки має м'який смак і прозорість клейстерів, типову для бульбових крохмалів.

Властивості крохмальних клейстерів. Дуже важливе значення для якості кулінарної продукції має **прозорість** крохмального клейстеру.

Прозорість, як показник, залежить від деяких параметрів технологічного процесу, але значною мірою – від джерел, з яких видобуто крохмаль.

Крохмалі воскового зерна, коренеплодів і бульбоплодів утворюють більш прозорі клейстери, ніж звичайні зернові крохмалі.

Такий важливий органолептичний показник, як **консистенція**, зумовлений структурно-механічними характеристиками напівфабрикатів та виробів.

Основною властивістю крохмалю, котра впливає на якість структури харчових продуктів, є **в'язкість**.

Клейстеризація та її ступінь мають фізіологічне значення і суттєво впливають на засвоєння та ферментативну стійкість. Клейстеризовані крохмалі засвоюються краще, ніж неклеїстеризовані, оскільки підвищується доступність амілолітичних ферментів до ланцюгів полімеру.

Органолептичні показники багатьох крохмалевмісних продуктів визначаються, насамперед, відчуттям смаку «сирого зерна», або «*крохмального смаку*».

«*Крохмальний смак*» викликають неуглеводні компоненти зерна крохмалю. Цей смак дуже відчутний під час оцінки органолептичних показників киселів і желатинових крохмальних виробів.

Проблема стабільності та старіння крохмальних гелів **одна з найбільше важливих для ресторанного господарства, оскільки особливістю діяльності галузі є необхідність реалізувати вироби у «свіжому», «гарячому» вигляді.**

Після досягнення температури клейстеризації можливість існування водневих зв'язків поміж ланцюгами крохмалю мінімальна, що значною мірою і визначає відчуття «свіжого» виробу.

Однак не слід ставитися до агрегації полісахаридів у клейстерах тільки негативно, оскільки поновлення водневих зв'язків як явище широко використовується в технології, наприклад при готуванні драглів на крохмалях, бабок, запіканок, коли певна консистенція, що її вимагають притаманні певним виробам показники, виникає лише після охолодження.

До агрегації при охолодженні більше здатна амілоза, що продиктовано її більш лінійними характеристиками.

Коли крохмальні драгли витримують тривалий час, вони стискаються і виділяють деяку кількість рідкої фази. Такий процес називають **ретроградацією**; цей ефект значно посилюється в заморожених драглях.

Зміни, зумовлені *ретроградацією*, що супроводжуються виділенням рідини в заморожених загущених крохмалем соусах після відтаювання, а також викликають черствіння борошняних виробів, є абсолютно неприйнятними.

Відомо, що ретроградований амілопектин може бути частково

повернутий до початкового стану нагріванням при 50...60°C, але відновити властивості ретроградованої амілози значно складніше, що зумовлено утворенням кристалічних ділянок лінійними молекулами амілози.

3. Вуглеводи клітинних стінок рослин (харчові волокна).

Харчові волокна (ХВ) – незасвоювані вуглеводи, клітковина, баластні речовини – це поширена група нутрієнтів, джерелом яких є продукти рослинного походження.

Найважливішими компонентами ХВ є целюлоза (клітковина), геміцелюлоза (напівклітковина), пектини, камеді, слизи, лігнін.

Завдяки локалізації в клітинних стінках рослинної сировини та в міжклітинному середовищі, у технологічній термінології зазначені вуглеводи мають назву **вуглеводів клітинних стінок**.

Целюлоза є полімером глюкози, *геміцелюлози* – полімерами пентоз та гексоз, *лігнін* – полімером ароматичних спиртів, *пектин* – складним комплексом колоїдних полісахаридів, які містять глюкуронову та галактуранову кислоти, *камеді* складаються з метильованих і ацетильованих молекул гексоз та пентоз, а *слизи* – полісахариди насіння та морських водоростей, які за своєю структурою найчастіше є високорозгалуженими арабіноксиланами.

За будовою полімеру ХВ бувають **гомогенні**, якими слід вважати целюлозу, пектин, альгінову кислоту, лігнін, та **гетерогенні** – целюлозо-лігніни, гетерогеміцелюлози, геміцелюлозо-целюлозолігніни.

За видом сировини – харчові волокна з водоростей та грибів, злаків, трави, дерев, плодів та ягід. *За фізико-хімічними властивостям* – **розчинні** (пектин, камеді, слизи, розчинні геміцелюлози) та **нерозчинні у воді** (целюлоза, лігнін, геміцелюлози, ксилани).

До ХВ належать також спирти (лігнін) та полісахариди, які, у свою чергу, поділяються на структуровані (целюлоза, геміцелюлоза, пектин) та неструктуровані (слизи, камеді).

До харчових волокон слід віднести штучні харчові волокна, які є похідними целюлози: метилцелюлоза, натрійкарбоксиметилцелюлоза, мікрокристалічна целюлоза.

Головним джерелом ХВ є рослинна сировина – овочі, фрукти, злакові. Тому обґрунтовані раціони та правильний добір харчових продуктів і технологічних режимів їх обробки забезпечують необхідний рівень споживання ХВ.

Кожну рослинну клітину вкрито **клітинною оболонкою**, яка захищає цитоплазму від впливу зовнішнього середовища, одночасно виконуючи функцію опори та надаючи тканині міцності.

Окремі клітини скріплені між собою за рахунок *міжклітинної речовини*, яка має назву **серединних пластинок**. Сукупність клітинних оболонок і серединних пластинок утворює **клітинні стінки**, а речовини, з яких вони утворені, у тому числі вуглеводи, зветься **речовинами клітинних стінок**.

Клітинні стінки – складне й багатшарове утворення з багатьох біополімерів, в утворенні якого основну роль відіграє апарат Гольджі клітини.

Серединна пластинка складається, в основному, з геміцелюлоз і пектинових речовин. По обидва боки від серединної пластинки дві дочірні клітини будують так звану *первинну оболонку*.

Поміж молекулами геміцелюлоз і пектинових речовин вбудовуються *фібрили* целюлози. Так формується первинна оболонка клітини.

У подальшому вона стає більш товстою за рахунок нашарування додаткових шарів біополімерів, які утворюють *вторинну оболонку*.

Наскрізь усі структури пронизує ізотропна міжклітинна речовина – *матрикс і лігнін*.

Умовну будову клітинних стінок і розподіл основних речовин наведено на рис. 3.2, 3.3.

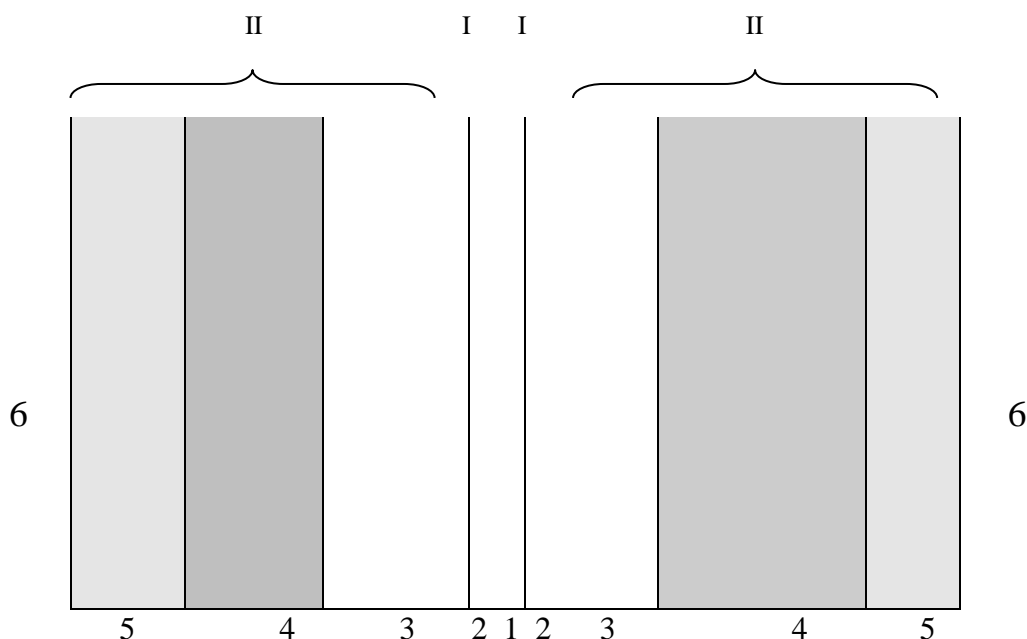


Рис. 3.2. Схема клітинних стінок за Керрі та Бейлі:

1 – серединна пластинка, 2 – камбіальна, або первинна оболонка (I), 3, 4, 5 – відповідно, зовнішній, центральний, внутрішній шари вторинної оболонки (II), 6 – плазмолема

Конкретна маса клітинних стінок залежить від зрілості, умов вирощування та ще дуже багатьох факторів, у тому числі терміну й умов зберігання сировини в осінньо-зимовий період. Це саме твердження

стосується також складу клітинних стінок.

Геміцелюлози (напівклітковина) – велика група речовин, які за характером будови належать до високомолекулярних поліцукрів, за структурним значенням визначають будову клітинних стінок рослинної сировини, у технологічному аспекті визначають такі параметри, як тривалість технологічної обробки, температура обробки, спосіб, параметри варильного середовища.

Клітковина (целюлоза) (cellula, лат., - клітинка) - один з основних полісахаридів клітинних стінок, вміст якого складає 0,3...3,0% від маси їстівної частини овочів або 40...60% від маси клітинних стінок.

Дуже важливим компонентом клітинних стінок рослинних клітин є **пектинові речовини**.

Пектинові речовини – це інтегральне поняття, яке об'єднує кілька самостійних речовин, розчинних та нерозчинних у воді.

Під **пектинами**, які входять до складу клітинних стінок, слід розуміти полімери пектинових кислот, карбоксильні групи яких у різному ступені метоксильовані та нейтралізовані.

Протопектини – умовна назва сполук розгалуженої структури, які характеризуються нерозчинністю у воді та здатністю при гідролізі утворювати пектинові кислоти.

Протопектин – це гетерополімер, який має складну розгалужену структуру. Головні ланцюги цього полімеру складаються із залишків молекул галактуронових та пектинових кислот, тією чи іншою мірою етерифікованих метиловим спиртом. Дуже часто компонентом головних ланцюгів у протопектині є нейтральні цукри – рамноза (рамногалактурани), арабіноза.

З точки зору технології продукції ресторанного господарства стан пектинових речовин визначає дуже багато технологічних параметрів і впливає на якісні показники готової продукції.

Трансформація протопектину у більш-менш розчинний пектин знижує міцність утримання клітинних структур у рослинній тканині, що, зрештою, при досягненні певних співвідношень визначає поняття «консистенція» готового виробу. У загальному плані розпад рослинної тканини на окремі клітини має назву **мацерація**.

4. Функціонально-технологічні та фізико-хімічні властивості гідроколоїдів полісахаридної природи

Найбільше поширеними в технології страв є гідроколоїди природного походження із рослин та водоростей – галактоманани, карагенани, альгінати, камеді, слизи; мікробіологічного походження - декстрини, геланова камедь, камедь ксантану, камедь велану, камедь рамзану.

Камеді (гумі) – полісахариди, які мають у технології широкий спектр дії і за рахунок своїх функціонально-технологічних властивостей використовуються як емульгатори, загусники, стабілізатори вологоутримуючі агенти, гелеутворювачі, плівкоутворювачі, зв'язувальні та текстурувальні агенти.

Серед рослинних камедей найбільш поширені гуміарабік (отримують із акації), гуарова камедь, камедь бобів рожкового дерева, камедь траганта.

Переважно ці речовини на 70...80% побудовані із полісахаридів, які належать до класу галактомананів, складаються з двох компонентів – манози і галактози.

Камедь рожкового дерева, як і гуар, є галактомананом, але тут один фрагмент галактози припадає на чотири фрагменти манози. Це призводить до виникнення у розчинах інших структурно-механічних властивостей. Використовується для надання системам кремоподібної консистенції, для загущення систем.

При рН нижче 3,2 гуар не здатний утворювати стійкі за в'язкістю колоїдні розчини. При підвищенні температури, особливо в кислому середовищі, стабільність розчину гуару швидко змінюється, знижується в'язкість.

Карагенан (ірландський мох) – група речовин полісахаридної природи, які мають гетерогенну структуру. Джерелом для отримання карагенанів є різні червоні водорості. Залежно від властивостей розрізняють декілька видів карагенанів: λ (лямбда)-карагенан розчиняється в холодній воді і утворює в'язкі розчини без утворення гелю; γ (йота)-карагенан – розчиняється в гарячій воді та утворює еластичний гель; κ (капа)-карагенан, що здатний утворювати пружні гелі. Ці властивості карагенанів продиктовані фракційним складом.

Смола карайя є субстратом із дерев, до складу якого входять галактоза, рамноза, галактуронова і глюкуронова кислоти.

Камедь гуару – полісахарид із групи галактомананів, у якого від основного ланцюга, що складається із мономерів манози, відходять бокові ланки галактози. При цьому одна ланка галактози припадає на дві ланки манози:

Камедь рожкового дерева отримують у вигляді борошна шляхом помолу ендосперму насіння рожкового дерева. За хімічною структурою це галактоманан, у якому одна ланка галактози припадає на 4 ланки манози.

Гуміарабік – головний ланцюг якого складає D-галактоза з багатьма відгалуженнями бокових ланцюгів у вигляді α -арабінози, α -рамнози, D-глюкуронової кислоти.

Ксантан – екзополісахарид, який складається з D-глюкози, D-манози, D-

глюкуронової кислоти. Особливістю будови є те, що головний ланцюг ксантану складається з 1-4-глюкопіраноз, до яких приєднуються бокові ланцюги із залишків манози та Д-глюкуронової кислоти. До складу ксантану також входять залишки пірвіноградної кислоти, що надає полімеру в цілому специфічних властивостей поліелектроліту з вираженими аніонними властивостями.

Запитання для самоперевірки:

- 1. Крохмаль, його вплив на забезпечення якості кулінарної продукції.*
- 2. Характеристика крохмалів, що використовуються в технологічному процесі виробництва кулінарної продукції.*
- 3. Зміна властивостей крохмалю у складі сировини та продуктів під дією різних технологічних факторів впливу.*
- 4. Модифікація крохмалю, види та способи модифікації.*
- 5. Вуглеводи клітинних стінок рослин (харчові волокна). Сировина як джерело харчових волокон, будова клітинних стінок, роль вуглеводів клітинних у формуванні органолептичних показників кулінарної продукції.*
- 6. Класифікація, характеристика, функціонально-технологічні та фізико-хімічні властивості гідроколідів полісахаридної природи.*
- 7. Застосування у технологічній практиці гідроколідів полісахаридної природи.*

Лекція 3.4. Вода в харчових продуктах (2 год).

1. Властивості та форми зв'язку води в рослинних тканинах.
2. Вода в тканинах теплокровних тварин та в тканинах гідробіонтів.
3. Вода в молоці та молочних продуктах.

Рекомендована література для вивчення теми: [15, 16, 25].

Ключові слова: вода, гідратаційна вода, іммобілізована вода, механічно-зв'язана вода, хімічно-зв'язана вода, адсорбована вода, внутріклітинна, вільна вода.

1. Властивості та форми зв'язку води в рослинних тканинах

Сухі речовини утворюють у воді справжні, колоїдні розчини, а також емульсії.

Можна констатувати, що за дуже високої вологості у харчових рослинних продуктах вільної води немає, оскільки вона тим чи іншим чином зв'язана з сухими компонентами.

При цьому зустрічаються всі форми та види зв'язку:

- хімічно-зв'язана вода, яка зв'язана з деякими солями силами

валентності, або ж координаційними зв'язками;

- адсорбована у вигляді моно-, та полімолекулярних шарів на внутрішній та зовнішній поверхні продукту;

- абсорбована колоїдними сполуками і залишається в них як вода набрякання, тобто характеризується як вода гідратації;

- внутріклітинна, або осмотично зв'язана, бо значна частина води знаходиться в середині клітин.

Відносна вологість внутрішньоклітинної атмосфери свіжих плодів та овочів складає близько 100%. Оскільки зовнішня атмосфера має, як правило, нижчу вологість, то під час зберігання плоди та овочі в'януть, зменшуючи масу на 5...7% за рахунок випаровування води. Це призводить до зниження пружності овочів, тобто тургора.

До втрати вологи в овочах та фруктах призводять різні технологічні фактори. Так, під час подрібнення свіжих овочів руйнуються цілісності мембрани і спостерігається втрата рідкої субстанції. З одного боку це погіршує якість салатів із свіжих овочів та фруктів, з іншого є ключовою технологічною операцією для приготування соків.

Збільшення сили осмотичного тиску ззовні клітин рослинної сировини, наприклад, з додаванням цукру, солі, соусів до свіжих овочів, суттєво змінює осмотичну рівновагу по різні боки мембран і є причиною втрати внутрішньоклітинного соку, що істотно погіршує якість салатів.

2. Вода в тканинах теплокровних тварин та в тканинах гідробіонтів

Стан води в м'ясі теплокровних тварин. За структурою м'ясо наземних тварин має багато спільного з м'ясом риб, але є дуже багато індивідуальних особливостей, які визначаються, насамперед, кількістю, складом та станом білкових речовин.

Воду в харчових продуктах, як правило, розділяють залежно від форми її зв'язку з білками на зв'язану (гідратаційну та іммобілізовану) та вільну.

Гідратаційна вода (приблизно 5% від загального вмісту) має структуру "водневих місткових сполук" і характеризується значною силою зв'язку з сухим субстратом.

Іммобілізована вода найбільш значна за масою, зв'язана з сухою речовиною сорбційними та Ван-дер-Ваальсовими силами у вигляді мультимолекулярних шарів, які оточують мембрани та філаменти.

Третя група – *вільна вода*, за характером кластера має структуру "рой" в середині якого безперервно то виникають, то зникають водневі зв'язки. Життя кластера визначається температурою і збільшується за умов її зниження.

Вільну воду розподіляють на *воду змочування* мікрокапілярів та макрокапілярів.

Вода в тканинах гідробіонтів. Як правило, тканини гідробіонтів порівняно з тканинами м'язів теплокровних тварин більш зволожена.

Під час подрібнення змінюється як структура, так і кількість капілярів, тому вміст капілярної води змінюється. Для рибної сировини характерна певна величина осмотично-зв'язаної вологи, яка не може бути видалена з її тканин механічним шляхом (пресуванням, центрифугуванням).

3. Вода в молоці та молочних продуктах

Молоко на 86...89% складається із води, більша частина якої (83...86%) знаходиться у вільному стані, а 3...3,5% знаходиться в зв'язаному. Ось чому молоко дуже часто використовується як технологічне середовище для варіння макаронних виробів, круп, овочів, та як рідку основу для виготовлення супів та напоїв.

Вільна вода є розчинником органічних (білки, лактоза, кислоти) та мінеральних речовин молока. У розчині знаходяться як одновалентні мінерали, так і до 33% від загального вмісту кальцію.

Молоко має всі форми зв'язку вологи з речовиною.

Запитання для самоперевірки:

- 1. Стан та властивості води в харчових продуктах. Активність води.*
- 2. Властивості та форми зв'язку води в рослинних тканинах.*
- 3. Вода в тканинах теплокровних тварин та в тканинах гідробіонтів.*
- 4. Вода в молоці та молочних продуктах.*
- 5. Активність води та реакції, що викликають псування продуктів, у тому числі дегідратованих.*
- 5. Класифікація та характеристика форм і типів зв'язку води з харчовими речовинами. Властивості та форми зв'язку води в харчових продуктах.*
- 7. Роль води у формуванні якості харчових продуктів. Участь води у хімічних, біохімічних та мікробіологічних процесах. Вимоги до води питної в харчовій промисловості.*

Лекція 3.5. Термічна обробка сировини (3 год)

1. Теплофізичні характеристики продуктів.
2. Темперування.
3. Пастеризація
4. Стерилізація.
5. Бланшування та обварювання.
6. Уварювання.
7. Коптіння.
8. Сушіння.
9. Охолодження та заморожування.

Рекомендована література для вивчення теми: [26, 27].

Основні терміни: теплопровідність, питома теплоємність і коефіцієнт температуропровідності, темперування, пастеризація, стерилізація, формула стерилізації, уварювання, заморожування, охолодження холодоагент.

1. Теплофізичні характеристики продуктів

Теплофізичні властивості різних харчових матеріалів описуються загальними законами теплофізики. Основні теплофізичні характеристики – теплопровідність, питома теплоємність і коефіцієнт температуропровідності розраховуються теоретично по формулах, але здебільшого визначаються експериментально.

Для характеристики властивостей харчових матеріалів використовують загальні закони теплопровідності. Лінійна залежність між тепловим потоком і температурним градієнтом виражається законом теплопровідності Фур'є у вигляді:

$$q = - \lambda \cdot \text{grad } T \quad (3.1)$$

де q – щільність теплового потоку, Вт/м²; λ – теплопровідність, Вт/(м·К); $\text{grad } T$ – температурний градієнт, К/м

Теплопровідність залежить від тиску (при сублімації), температури і масової частки вологи, а для дисперсних матеріалів (типу борошна, зерна, цукру-піску) – від розмірів часток, пористості, насипній щільності, додаткового конвективного переносу теплоти і променистого теплообміну в порах.

Тепло-інерційні властивості харчових матеріалів і визначається за формулою:

$$a = \frac{\lambda}{c\rho}, \quad (3.2)$$

де c – питома теплоємність матеріалу, Дж/(кг·К); ρ – густина матеріалу, кг/м³.

Коефіцієнт температуропровідності характеризує швидкість вирівнювання температури у різних точках температурного поля.

Теплоємність тіла характеризує інтенсивність зміни температури тіла при його нагріванні або охолодженні.

Питома теплоємністю c називається величина, обумовлена кількістю теплоти, необхідної для нагрівання одиниці маси речовини на один градус.

Усі три коефіцієнти: λ , a і c – називаються **теплофізичними характеристиками матеріалу (ТФХ)**.

Призначення та класифікація термічної обробки харчових продуктів.

Термічна обробка сировини викликає зміну її структурно-механічних, фізико-хімічних та органолептичних властивостей і здійснюється з метою зміни структури тканин сировини, її об'єму і маси, клітинної проникності та інактивації ферментів, надання продукту кулінарної готовності або певних органолептичних властивостей.

За призначенням термічну обробку поділяють на:

- **попередню термічну обробку;**
- **основну термічну обробку.**

Залежно від мети застосовують такі групи методів теплової обробки:

- поверхнева тепла обробка – ошпарювання, обпалювання, обсмажування, пасерування;
- нагрівання з метою досягнення певної міри готовності продукту – бланшування, варіння, запікання, уварювання, смаження, коптіння;
- нагрівання з метою попередження мікробіологічного псування продукту – пастеризація, стерилізація, тиндалізація, сушіння;
- нагрівання з метою виділення з сировини тих або інших складових частин – витоплювання жиру, виварювання желатину і клею. Відповідно до ефекту, який очікується від нагрівання, вибираються температура, тривалість, та гріюче середовище: вода, пара, повітря.

Залежно від техніки виконання обробки розрізняють такі способи:

- занурення у рідке середовище;
- обробка пароповітряною та пароводяною сумішами гострої пари;
- електроконтактне нагрівання;
- обробка енергією НВЧ;
- обробка інфрачервоним випромінюванням та іншими;
- комбіновані способи, що включають декілька із перелічених способів.

За технологічним призначенням всі способи теплової обробки харчових продуктів можна поділити на **основні і допоміжні**.

Під *основними* розуміють такі, при яких проходять доцільні зміни фізичних, структурних, хімічних та інших властивостей і стану продукту, в результаті яких він стає придатним в їжу або істотно змінюються властивості сировини і вона переходить з одного якісного стану в інший.

До *допоміжних* способів теплової обробки відносяться такі, при яких оброблювана сировина не піддається істотним змінам: ошпарювання, обпалювання, підігрівання, підсушування та інші.

Залежно від гріючого середовища основні та допоміжні способи теплової обробки продуктів діляться на:

- вологі;
- сухі;
- комбіновані.

Вологі способи обробки. Характерною особливістю цих способів

обробки є те, що теплота передається продукту за допомогою рідкого гарячого середовища.

До вологих способів теплової обробки відносять: *варіння у воді, на парі; стерилізацію, пастеризацію, тиндалізацію, обробку в електромагнітному полі струмів НВЧ* та інші.

Варіння – найбільш поширений спосіб теплової обробки.

Стерилізація в широкому розумінні означає теплову обробку консервів, що проводиться з метою знищення мікробів при будь-яких температурах. У більш вузькому розумінні стерилізація це тепла обробка консервів при 100°C і вище.

Стерилізація, яка проводиться при температурі нижче 100°C, носить назву *пастеризації*.

Гаряче фасування окремий випадок пастеризації.

Тиндалізація або повторна (багатократна) пастеризація ще один варіант теплової стерилізації, який полягає в тому, що консерви піддають тепловій обробці двічі або тричі з інтервалами між варками 20-28 год і зберігають при температурі 18-20°C.

Дробова стерилізація новий варіант повторної стерилізації, запропонований для консервів із гідробіонтів, відрізняється від класичної умовами витримки.

Головними параметрами, які характеризують процес стерилізації, є *температура*, яку необхідно досягти і підтримати в стерилізаційному апараті, і *час*, протягом якого консерви піддаються нагріванню.

Але в багатьох випадках стерилізацію доводиться проводити під тиском, величина якого перевищує пружність грюючої пари, необхідну для забезпечення заданої температури стерилізації.

Температура стерилізації залежить від активної кислотності середовища (величини рН, що є найголовнішим фактором), специфіки мікрофлори, яка характерна для даного середовища. В першому наближенні всі консервовані харчові продукти за величиною активної кислотності можна розділити на дві групи:

- малокислотні (рН 4,2 і більше);
- кислотні (рН менше 4,2).

Вирішальним є час, який визначає мікробіологічну складову, він необхідний для того, щоб знищити мікроорганізми, які знаходяться в глибині продукту. Цей час називають смертельним або летальним.

З урахуванням усіх вказаних факторів встановлюють формулу стерилізації, під якою розуміють умовний запис даних, що характеризують режим процесу. Формулу схематично записують у вигляді:

$$\frac{A-B-C}{t} \cdot P \quad (3.3)$$

де A – час підйому температури гріючого середовища до температури стерилізації, хв.; B – час власне стерилізації, протягом якого в автоклаві підтримується постійна температура, хв.; C – час пониження тиску пари або час охолодження гріючого середовища в автоклаві, хв.; t – температура стерилізації, °С; P – величина протитиску, кПа.

До вологих способів допоміжної теплової обробки відносяться бланшування, ошпарювання, розігрівання, знежирювання, розморожування, обварювання, розварювання, уварювання.

Бланшуванням сировини називається тепла обробка при визначеному температурному режимі у воді, парі або у водних розчинах солей, цукру, органічних кислот, лугів.

В залежності від виду сировини та обраної технології бланшування сировини передбачає такі задачі:

- *змінити об'єм сировини та масу*. Бланшування бобових, рису перед стерилізацією та ін..

- *розм'якшити сировину*. Розм'якшення сировини здійснюють з метою полегшення видалення неїстівних частин – шкірочки, кісточок, зернят, що характерно при переробці плодоовочевої сировини.

- *підвищити клітинну проникність*. Цитоплазматичні мембрани плодових клітин гальмують протікання деяких технологічних процесів: пресування, соління, зацукрювання.

Обварювання – короткочасна обробка поверхні об'єкта гарячою водою або паром при температурі нижче 100°С. Мета обварювання – послабити зв'язок між частинами, які потрібно видалити під час обробки, а також зменшення механічної міцності шарів (епідермісу, слизової оболонки), що видаляються.

Розварювання сировини проводиться в киплячій воді або паром для руйнування структури тканини і полегшення протирання при виготовленні фруктових або овочевого пюре, соків з м'якоттю, повидла, консервів для дитячого і дієтичного харчування.

Уварювання – видалення вологи з продукту при кипінні, широко застосовується при виготовленні томатної пасти, томатного пюре, згущених фруктових та ягідних соків, повидла і джему.

Сухі способи теплової обробки. Характерною особливістю сухих способів теплової обробки продуктів є проведення процесу при незначному парціальному тиску пари в гріючому середовищі.

Смаження. Смаженню піддають картоплю, овочі, м'ясні та рибні кулінарні вироби. Його здійснюють різними способами:

– у невеликій кількості жиру або без жиру (основний спосіб);

– у фритюрі;

Запікання – це обробка виробів гарячим повітрям або повітряно-димовою сумішшю. Запікання, як правило, проводиться в декілька стадій з поступовим підвищенням температури гріючого середовища від 70 до 150...180°C при виробництві м'ясних хлібів і від 70 до 80°C при термообробці копчено-запечених ковбас.

Коптіння – це процес термічної обробки продуктів за допомогою димових газів та коптильних препаратів. Головне призначення такої обробки – надання продуктам специфічних смаку та аромату і підвищення їх стійкості при наступному зберіганні.

Залежно від температури, при якій проходить процес, розрізняють три види коптіння:

– *гаряче*;

– *напівгаряче (обсмажування)*;

– *холодне коптіння*.

Напівгаряче коптіння (обсмажування) – це короткочасне коптіння при відносно високій температурі.

Процес проводять у дві фази:

– I фаза – підсушування оболонки при 50...60°C;

– II фаза - власне обсмажування при максимальних температурах.

Гаряче коптіння. Гаряче коптіння при температурі 35...50°C протягом 12...24 год застосовують при виробництві напівкопчених ковбас (коптіння після варіння).

Воно також проводиться у дві стадії:– первинне і вторинне.

Первинне коптіння (обсмажування) варено-копчених ковбас здійснюють за температури 70...80°C на протязі 1...2 год, вторинне, після їх варіння і охолодження – за температури 30...35°C протягом 48 год, а при 40...55°C – 24 год.

Холодне коптіння здійснюється за температури 18...22°C протягом 2...3 діб.

Сушінням називається процес видалення з матеріалу будь-якої рідини, в результаті чого в ньому збільшується частка сухих речовин. Враховуючи, що при цьому видаляють переважно воду, під сушінням розуміють процес зневоднення.

Вологу видаляють різними способами:

механічними – пресування, відсмоктування вологи насосами, фільтрування, центрифугування, що забезпечує часткове видалення вологи з матеріалу;

фізико-хімічними – поглинання вологи хлористим кальцієм, сірчаною кислотою, п'ятиокисом фосфору, силікагелем і іншими гігроскопічними

речовинами;

теповими – випарювання і конденсація.

Розрізняють *природне теплове сушіння і штучне* (рис. 3.4).

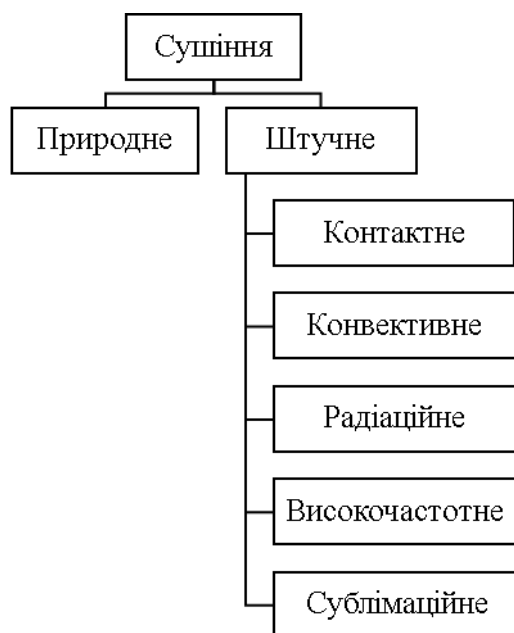


Рис. 3.4. Класифікація видів сушіння

Природне сушіння проводять на відкритому повітрі без додаткового нагрівання.

Штучне сушіння здійснюється за допомогою нагрітого сушильного агента – димових газів або повітря, – які безпосередньо контактують з матеріалом, нагріваючи його і поглинаючи вологу.

Штучне теплове сушіння може бути *контактним, конвективним, радіаційним, високочастотним і сублімаційним*.

Контактне сушіння здійснюється при нагріванні матеріалу теплоносієм через стінку, що проводить тепло.

Конвективне сушіння протікає при безпосередньому контакті нагрітого сушильного агента з вологим матеріалом.

Радіаційне сушіння здійснюється шляхом опромінення продукту інфрачервоними променями.

Сушіння в полі струмів високої частоти застосовуються для видалення вологи, міцно зв'язаної з продуктами.

Сублімаційне сушіння являє собою видалення вологи з матеріалу шляхом перетворення її в лід, а потім, минаючи рідкий стан, – у водяну пару.

До сухих способів допоміжної теплової обробки відносять *пасерування, підсмажування, підсушування, темперування, упарювання* та інші.

Пасерування – обсмажування продуктів з жиром або без нього перед наступною тепловою обробкою при виробництві кулінарних виробів,

консервів (пасерують моркву, цибулю, білі корені).

Підсушування застосовується для підвищення стійкості при зберіганні зерна, харчових продуктів, біопрепаратів, желатину тощо.

Темперування – процес витримування продукту при певних умовах (температура, відносна вологість повітря, тривалість).

Комбіновані способи теплової обробки. У технологічних схемах виробництва деяких продуктів іноді об'єднують декілька способів теплової обробки.

До комбінованих допоміжних способів теплової обробки відносяться: обпалювання, знежирювання, вологотеплова обробка мезги.

Сутність **охолодження** харчових продуктів полягає в зниженні їхньої температури за допомогою теплообміну з навколишнім середовищем, що не супроводжується льодоутворенням.

На умови охолодження харчових продуктів впливає велика кількість змінних величин, пов'язаних із властивостями продуктів, - *внутрішня макроскопічна неоднорідність, складність стереометричної форми, екзотермічності біохімічних процесів у продукті, зміна їх теплофізичних властивостей, а також випаровування вологи з незахищеної поверхні.*

Охолодження – комплексний процес тепло- і масообміну, який варто розглядати як єдиний процес переносу тепла.

Охолодження може бути природним і штучним. Під час природного охолодження продукт може бути охолоджений тільки до температури довкілля, наприклад до температури повітря або води. Більш низькі температури досягаються шляхом штучного охолодження.

Найбільш розповсюдженими і доступними теплоносіями, що використовуються для охолодження, є вода, повітря і лід, які дозволяють здійснити охолодження до 0 °С.

Залежно від теплоносія, що використовується охолодження поділяють на:

- повітряне охолодження;
- водне охолодження;
- охолодження льодом.

Заморожування харчових продуктів – це процес повного або часткового перетворення в лід вологи, що міститься в них, внаслідок відводу тепла при зниженні температури нижче криоскопічної.

При зниженні температури продукту до криоскопічної точки клітинного соку, що залежить від концентрації і солей у ньому, розчин починає замерзати. Кристали, що утворилися на початку замерзання, складаються переважно із чистого розчинника – води. З вимерзанням чистого розчинника концентрація клітинного соку зростає, а криоскопічна температура знижується. Цей процес триває доти, поки розчин не досягне евтектичної концентрації, при якій він замерзає без відділення чистого

розчинника при температурі, що називається евтектичною (t_t).

Види заморожування. Залежно від способу відводу теплоти й конструкції холодильне устаткування можна розділити на:

- апарати з заморожуванням;
- апарати з холодним повітрям;
- апарати з охолодженим розчином;
- контактним способом;
- апарати з рідким і пароподібним холодоносієм;
- апарати з глибоким вакуумом.

Розморожування харчових продуктів – це технологічний процес перетворення води, що міститься в них, із твердого стану в рідке й можливе відновлення їхніх природних властивостей.

Харчові продукти розморожують двома методами, що принципово відрізняються за способом підведення тепла:

- підведення тепла до поверхні продукту від більше нагрітого зовнішнього середовища;
- одночасне нагрівання продукту по всьому об'ємі в полі НВЧ.

Розморожування шляхом теплообміну із зовнішнім середовищем поділяють на:

- повільне на повітрі при температурі $0...4^{\circ}\text{C}$;
- на повітрі при $15...20^{\circ}\text{C}$;
- у пароповітряному середовищі при $25...40^{\circ}\text{C}$;
- зрошенням водою при температурі $4...20^{\circ}\text{C}$;
- зануренням у воду при температурі $4...20^{\circ}\text{C}$;
- у дрібнодробленому льоді при температурі $0...1^{\circ}\text{C}$;
- на гарячій металевій поверхні при температурі $180...200^{\circ}\text{C}$;
- діелектричним (об'ємним) нагріванням у полі НВЧ.

Одним з основних показників при виборі способу розморожування є якість отриманого продукту й вплив на нього середовища.

Запитання для самоперевірки:

1. *Теплофізичні характеристики продуктів. Питома теплоємність, коефіцієнт теплопровідності, коефіцієнт температуропровідності.*

2. *Характеристика та призначення процесу.*

3. *Характеристика та призначення процесів бланшування, уварювання, пастерування. Параметри процесів. Характеристика змін в продуктах, що відбуваються під час цих теплових процесів.*

4. *Пастеризація, стерилізація. Характеристика та призначення процесів. Параметри пастеризації та стерилізації. Характеристика процесів, що відбуваються під час стерилізації та пастеризації.*

5. *Сушіння. Характеристика та призначення процесу, види сушіння. Характеристика процесів та змін, що відбуваються у продуктах під час сушіння.*

Змістовий модуль 4 Біохімічні та мікробіологічні основи технології

Лекція 4.1. Ферменти в харчовій промисловості (2 год).

1. Роль ферментів у технології харчових продуктів. Ферменти як біологічні каталізатори.
2. Гідролітичні ферменти.
3. Дія амілолітичних, протеолітичних, ліполітичних ферментів під час виробництва харчових продуктів.
4. Оксидоредуктази.
5. Ферментні препарати мікробного, рослинного та тваринного походження.

Рекомендована література для вивчення теми: [28, 29].

Ключові слова: ферменти, гідролітичні ферменти, оксидоредуктази, активність ферменту, активність субстрату, каталітична дія ферменту, окислення, відновлення, гідроліз, синтез, ферментні препарати мікробного, рослинного та тваринного походження, дихання, автоліз, дозрівання.

1. Роль ферментів у технології харчових продуктів. Ферменти як біологічні каталізатори

Ферменти – це специфічні білкові речовини, які синтезуються в живих клітинах рослин, тварин або мікроорганізмів і регулюють перебіг всіх важливих процесів організму.

Ферментний препарат (ФП) відрізняється від ферменту тим, що крім активного білка містить різні баластові речовини. Часто такий препарат містить не один, а кілька ферментів.

Найбільшого поширення набули 2 типи виробництва ферментних препаратів з культур мікроорганізмів:

- поверхневе – на поверхні твердих сипучих (висівки зернових культур), рідше рідких середовищ;
- глибинне – у глибині рідких середовищ.

Номенклатура мікробних ферментних препаратів:

1. Під час визначення назви ФП враховується тільки основний фермент, активність якого переважає.
 2. Назва кожного препарату починається зі скороченої назви ферменту.
 3. Друга частина слова – видова назва продуцента.
 4. Закінчення у всіх випадках – ін.
- Амілоризин Пх – *Aspergillus oryzae* [ориз]

Амілосубтилін П2х *Bacilo subtilis* [субтилис]

Протосубтилін П10х

Ліпоризін Г20х

Індекс П або Г – поверхнєве або глибинне культивування.

х – це умовна кількість ферменту в стандартній культурі.

Стандартна культура – готова культура з чіткою активністю.

Цифра перед буквою х показує ступінь очищення ферменту в процесі його одержання.

Пх, Гх – стандартна вихідна культура.

Ферменти, або ензими – це біокаталізатори білкової природи, що володіють специфічною дією на субстрат.

В основу класифікації й номенклатури ферментів покладено три загальні принципи:

1. Назви із суфіксом «аза» повинні вживатися тільки для окремих ферментів, а не для систем (зимаза, сукцинатоксидаза та ін.). В останньому випадку в найменуванні доречно включення слова «система».

2. Класифікація й номенклатура ферментів базується на реакції, що вони каталізують (тобто враховується специфічність ферментів).

3. Істотним є також субстратна специфічність.

Ферменти поділяють на 6 основних класів:

1. оксидоредуктази;

2. трансферази;

3. гідролази;

4. ліази;

5. ізомерази;

6. лігази (синтетази).

Комітет з ферментів розробив також правила класифікації й номенклатури, ними запропонована нова одиниця вираження каталітичної активності ферментів – *катал* (символ «кат») – це така активність, що здатна здійснювати реакцію зі швидкістю, рівною 1 моль в секунду (1кат = 1моль/с), у заданій системі виміру активності, в оптимальних умовах проведення реакції.

Кожний фермент має оптимальну зону дії – рН і $t, ^\circ\text{C}$.

Вплив *температури* на дію ферментів проявляється тією самою мірою, що й на всі хімічні реакції, тобто підвищення температури на 10°C збільшує швидкість реакції в 2...3 рази (правило Ван-Гоффа). Але тільки в інтервалі температур $40...50^\circ\text{C}$.

Для харчових технологій ферменти викликають інтерес у трьох аспектах:

1) під час переробки харчової сировини важливо знати й контролювати дію внутрішньоклітинних ферментів, які можуть викликати бажані або небажані зміни;

2) цілеспрямоване застосування ферментних препаратів;

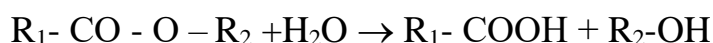
3) чисті ферментні препарати застосовують як аналітичний засіб у хімії й технології харчових продуктів – без виділення визначають кількість речовини в системі.

2. Гідролітичні ферменти

Гідролази каталізують розщеплення складних сполук на більш прості з приєднанням води.

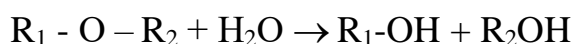
Діляться вони на 11 підкласів. Ми розглянемо три підкласи – естерази, карбогідролази, протеази.

Естерази розщеплюють складноэфірні зв'язки.



Можуть каталізувати реакції розщеплення й синтезу. З ферментів цього класу велике значення мають ліпази, пектинестерази, фосфатази.

Карбогідролази каталізують гідроліз вуглеводів за рівнянням:

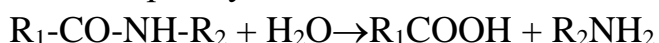


Розрізняють *гліконази*, каталізуючі розщеплення олігосахаридів і глікозидів, і *гліконази* діючі на субстрати з великим ступенем полімеризації.

Фермент	Субстрат	Примітка
Глікозидази		
α -глюкозидаза	мальтоза, сахароза	
β -глюкозидаза	целлобіоза	
β -галактозидаза	лактоза	
β -фруктофуранозидоза	сахароза, рафіноза	
Гліконази		
α -амілаза	крохмаль, декстрини	у пророслому зерні
β -амілаза	крохмаль, декстрини	
глюкоамілаза	крохмаль, декстрини, мальтоза	(α -амілаза), відщеплює по 1 молекулі глюкози
полігалактуроназа	пектин, полігалактуронова кислота	
β -глюконази	клітковина, геміцеллюлози	<i>целюлоза</i> - комплекс ферментів: β -1-4, β -1-3, β -1-6

Протеази – ферменти, що діють на пептидні зв'язки й здійснюють гідролітичне розщеплення білків і пептидів.

Вони гідролізують білки й поліпептиди за рівнянням:



Протеази розділяють на *протеїнази й пептидази*.

Протеїнази: пепсин, трипсин, хімотрипсин, папаїн, катепсін, реннін, бромелін та ін.

Ренін за специфічністю близький пепсину. Використовується під час виготовлення сирів.

Трипсин і хімотрипсин. Перший гідролізує зв'язки, утворені аргініном і лізином, другий – ароматичними амінокислотами.

Папаїн, бромелін, фіцин – рослинні протеїнази гідролізують пептидні зв'язки, утворені за участю лейцину й гліцину.

Пептидази. Розрізняють три види пептидаз:

– амінопептидази (або N - кінцеві): $R_1 - CH - C-NH_2$

– карбопептидази (C-кінцеві): $CO - NH - CH - R - COOH$

– дипептидази розщеплюють дипептиди на вільні амінокислоти.

3. Дія амілолітичних, протеолітичних, ліполітичних ферментів під час виробництва харчових продуктів

Основна необхідність використання ферментів в харчуванні – це здійснення з їх допомогою процесів розм'якшення різних груп харчових продуктів під час виготовлення з них готової кулінарної продукції. Ферментуванню можуть бути піддані м'ясні, рибні, рослинні продукти та частково молочні.

Застосування протеаз у харчовій промисловості.

Папаїн і в меншому ступені інші рослинні протеази, бромелін і фіцин, застосовуються для пом'якшення м'яса, для боротьби з білковим помутнінням пива й для виробництва білкових гідролізаторів. Грибні протеази застосовуються головним чином у хлібопекарській промисловості, з метою змінення властивостей клейковини пшениці. Для пом'якшення м'яса й для виробництва білкових гідролізаторів їх використовують рідше. Під час виробництва білкових гідролізаторів іноді застосовується трипсин (або панкреатин). Реннін і пепсин використовуються під час виробництва сиру для осадження казеїнового згустку. Бактеріальні протеази застосовуються в основному не в процесі виробництва білкових гідролізаторів і освітління пива, а для запобігання загущуванню згущених рибних гідролізаторів.

Папаїн, хімопапаїн. Фіцин. Бромелін. Найбільш широкого використання набув протеолітичний фермент папаїн.

Використання бромеліну аналогічно використанню папаїну та фіцину. Цей фермент застосовується для видалення білкового помутніння в пиві та для пом'якшення м'яса.

Пепсин, ренін, каталаза. Пепсин використовуються для згортання казеїну молока й для розчинення білкового помутніння в пиві.

Мікробні протеази. Грибні протеази застосовуються в хлібопекарному

виробництві для модифікації білків пшениці, для пом'якшення м'яса й в інших менш важливих процесах.

Напрямки застосування ферментів у харчових технологіях наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Застосування ферментів у харчових технологіях

Продукт	Ферменти	Призначення	Застосована форма	Допустима концентрація або час
Хлібопекарне виробництво				
Злакові та крохмалі	Амілази	Прискорення ферментації; покращення якості борошна для виробництва хлібини більшого об'єму, покращення кольору кірки та структури м'якуша	Рідина або пігулки	0,002...0,006 % до маси борошна
	Протеази	Модифікація глютену під час випікання бісквітів; скорочення часу перемішування тіста	Порошок	До 0,25 % до маси борошна
Виробництво глюкози				
	Амілоглюкозидаза	Проведення технологічного процесу гідролізу	Рідина	0,06...0,131 % до СР
Виробництво фруктози				
	Глюкозоізомераза	Ізомеризація глюкози у фруктозу	Імобілізовані системи	0,015...0,03 % до СР; 0,16 % до СР сировини
Пивоваріння				
Спиртові напої	Амілази	Зниження в'язкості пульпи	Рідина	0,025 %
		Розчеплення крохмалю у цукри для ферментації	Рідина	0,003 %
	Таннази	Видалення поліфенолів	Рідина або порошок	0,03 %
	Глюканази	Поліпшення фільтрування	Рідина	~ 0,1 % до СР
Утворення допоміжного цукру для ферментації		Рідина	~ 0,1 % до СР	
	Целюлази	Поліпшення фільтрації за рахунок гідролізу складних речовин клітинних оболонок	Рідина або порошок	~ 0,1 %

	Протеази	Забезпечення азотом для дріжджового бродіння; поліпшення фільтрування та запобігання охолодженню	Рідина або порошок	~ 0,3 % до СР
	Диацетилредуктаза	Видалення диацетилів у пиві	Рідина	-
Виноробство				
	Пектиназа	Освітлення вина	Рідина	0,01...0,02 %
	Амілоглюкозидаза	Видалення помутніння, Поліпшення фільтрації	Рідна або порошок	0,002 % (маса/об'єм)
	Глюкозооксидаза	Видалення кисню	Порошок/рідина	10...70 ГОК-1
Виробництво кави				
Безалко-гольні напої	Целюлази	Розщеплення целюлози в процесі сушки	Рідина або порошок	-
	Пектинази	Видалення желеподібних плівок у процесі ферментації	Рідина або порошок	20...50 мг/л
Виробництво чаю				
	Целюлази	Руйнування целюлози в процесі ферментації		-
Виробництво безалкогольних напоїв				
	Каталази	Стабілізація цитрусових терпенів	Порошок/рідина	У купі з глюкооксидазою
	Глюкооксидази	Стабілізація цитрусових терпенів	Порошок/рідина	20...90 ГОК 1-1
Виробництво какао				
	Пектинази	Гідроліз лущайок бобів у процесі ферментації	Рідина	11...20 мг/л
	Каталаза	Видалення H ₂ O ₂	Рідина або порошок	-
	β - галактозидаза	Перетворення зернистої текстури; стабілізація білку під час заморожування	Імобілізовані системи	Кілька тижнів
	Протеази	Стабілізація сухого молока	Імобілізовані системи	Кілька тижнів
Виробництво сирів				

Продук-ти тварин-ництво	Протеази	Коагуляція казеїну	Порошок або розчин	~ 0,01...0,15 %
	Ліпаза	Формування аромату	Рідина або порошок	~ 1 % до СР
Виробництво соків				
Фрукти та овочі	Амілази	Видалення крохмалю для підвищення виділення соку	Рідина або порошок	0,0005...0,002 % (маса/ об'єм)
	Целюлази	Підвищення ефективності виділення соку	Як правило, рідина	0,0002...0,002 % (маса/ об'єм)
	Пектинази	Підвищення ефективності виділення соку та освітлення	Як правило, рідина Як правило, рідина	0,003...0,03 % 0,01...0,02 %
	Глюкозооксидаза	Видалення кисню	Порошок/ рідина	20...200 ГОК 1-1
	Нарингіназа	Видалення гіркоти цитрусових	Порошок	-
	Виробництво овочевих консервів			
	Амілази	Приготування та розм'якшення пюре	Рідина	-
	Пектиназа	Одержання гідролізатів	Рідина	-
Виробництво м'ясопродуктів та рибопродуктів				
М'ясо та інші білкові продукти	Протеази	Тендеризація м'яса	Рідина	Різна для різних використань та різних ензимів ~ 2 % від присутності білка ~ 0,2 % -
		Одержання рибного гідролізату	Рідина	
		Поліпшення обробки риби для утримання зв'язаної вологи	Рідина	
		Видалення риб'ячого жиру з тканин	Рідина	
	Ліпази	Поліпшення процесів збивання та емульгування	Імобілізована система або порошок	За інструкцією
	Протеази	Поліпшення властивостей під час висушування	Рідина або порошок	За інструкцією
Екстрагування рослинних олій				
	Пектинази	Розщеплення пектинових речовин для виділення масла	Рідина або порошок	0,5...3 % до СР
	Целюлази	Гідроліз речовин	Рідина або	0,5...2 % до СР

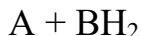
	кліткових стінок	порошок	
Гідроліз масел			
Ліпази	Отримання вільних жирних кислот	Рідина або порошок	~ 2 % до СР
Синтез складних ефірів			
Естераза	Виробництво терпенових ефірів для інтенсифікації запахів органічних кислот та спиртів	Імобілізована система або порошок	~ 2 % до СР; ~ 2 % ензим/ субстрат на кожну загрузку
Міжмолекулярна етерифікація			
Ліпази	Одержання триацилгліцеринів із дешевої кормової сировини	Імобілізовані системи	~ 1...5 % ензим/ субстрат
СР – суха речовина; ГОК – глюкозидна одиниця			

4. Оксидоредуктази

Ферменти, що входять у клас оксидоредуктаз, каталізують окислювально-відновні реакції. Субстрат, що окисляється, розглядається як донор водню або електронів.

Оксидоредуктази діляться на 17 підкласів.

Провідне місце у даному класі ферментів займають *дегідрогенази*, які здійснюють реакцію дегідрування:



За механізмом переносу водню на акцептор дегідрогенази діляться на анаеробні й аеробні.

Серед представників аеробних дегідрогеназ:

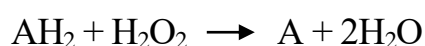
Глюкозооксидаза, що переносить H_2 від глюкози на O_2 з утворенням H_2O_2 .

о-Дифенолоксидаза – (тривіальні назви тирозиназа, катехолаза, фенолаза, поліфенолоксидаза), фермент каталізує окислювання моно-, ди- і трифенолів.

У той же час, великий інтерес представляє вповільнення або запобігання побуріння рослинних матеріалів, фруктів, овочів, соків.

Аскорбатоксидаза каталізує окислювання аскорбінової кислоти.

Пероксидаза каталізує реакцію:



5. Ферментні препарати мікробного, рослинного та тваринного походження

Клітини мікроорганізмів продукують ферменти різних видів і груп, тому

під час їх виділення з біомаси замість одного очищеного ферменту отримують суміші ферментів і супутніх (баласних речовин). Такі суміші отримали назву *комплексних ферментних препаратів*. Їх виробництво економічно більш вигідне, ніж індивідуальних ферментів, одержання яких потребує тривалого витратного очищення. В таких комплексних препаратах один або два ферменти мають найбільшу активність і домінують над іншими. Для вирішення цілої низки технологічних завдань використання комплексних ферментних препаратів є доцільним та економічно вигідним.

Запитання для самоперевірки:

1. *Ферменти в харчовій промисловості. Характеристика, номенклатура ферментів, роль ферментів у технології харчових продуктів.*

2. *Ферменти як біологічні каталізатори.*

3. *Гідролітичні ферменти. Механізм їх дії. Технологічні фактори, що впливають на інтенсивність гідролітичних процесів.*

4. *Механізм дії амілолітичних, протеолітичних, ліполітичних, цитолітичних ферментів під час виробництва харчових продуктів.*

5. *Оксидоредуктази. Механізм дії та роль у харчових технологіях. Фактори, що впливають на інтенсивність дії.*

6. *Ферментні препарати мікробного, рослинного та тваринного походження. Номенклатура ферментних препаратів. Застосування у харчових виробництвах.*

Лекція 4.2. Бродильні мікроорганізми та бродіння (2 год).

1. Мікроорганізми, що використовуються в харчових виробництвах, їх класифікація та загальна характеристика.

2. Дріжджі.

3. Мікроорганізми, що викликають молочнокисле бродіння.

4. Оцтовокисле бродіння.

Рекомендована література для вивчення теми: [30].

Ключові слова: дріжджі, бродіння, бактерії, ферменти, бродильні мікроорганізми, бактерії, гриби, обмін речовин, молочнокисле бродіння, оцтовокисле бродіння, спиртове бродіння, верхове бродіння, низове бродіння.

1. Мікроорганізми, що використовуються в харчових виробництвах, їх класифікація та загальна характеристика

Мікроорганізми – це бактерії та мікроскопічні гриби, що надзвичайно

поширені в природі. Величезна кількість їх населяє ґрунти, водойми, повітря. Це так звані «дикі» форми (банальна мікрофлора).

Якщо ж процеси ініціюються чистими культурами або ж для певних видів дикої мікрофлори створюються оптимальні умови і процеси відбуваються керовано – їх називають направленими або біотехнологічними.

Біотехнологічні процеси за їх збудниками та сутністю поділяють на процеси *бродиння* та *дозрівання*.

Розрізняють *спиртове, молочнокисле, маслянокисле, оцтовокисле, лимоннокисле і пропіоновокисле бродиння*.

Живі клітки продукують 2 типи ферментів: екзоферменти й ендоферменти.

Дріжджі використовують у хлібопеченні, пивоварінні, виробництві етилового спирту, вин.

Бактерії – у виробництві оцту, молочної кислоти, житнього хліба, кисломолочних продуктів.

Цвілеві гриби – у виробництві лимонної кислоти, окремих видів сиру.

Бродіння – це біохімічне перетворення вуглеводів субстрату під дією ферментів мікроорганізмів, які культивуються на даному субстраті.

Процес бродиння пов'язаний з такими перебудовами органічних молекул субстрату, у результаті яких на окисних етапах процесу вивільняється частина вільної енергії, укладеної в молекулі субстрату, і відбувається її запасання в молекулах АТФ.

Спектр органічних сполук, які можуть піддаватися бродинню, досить широкий. Це вуглеводи, спирти, органічні кислоти, амінокислоти, пурини, піримідини.

Зазвичай в процесі бродиння утворюється кілька продуктів. Залежно від того, який основний продукт накопичується в середовищі, розрізняють молочнокисле, спиртове, маслянокисле, пропіоновокисле й інші види бродиння.

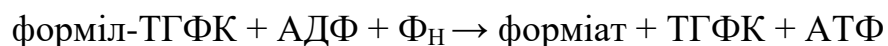
Незважаючи на велику кількість вуглецевих субстратів, доступних для бродиння, кількість реакцій, що призводить безпосередньо до синтезу АТФ під час бродиння, порівняно невелика. Найпоширеніші з них наступні:

1) ацетилфосфат + АДФ > ацетат + АТФ;

2) 1,3-фосфогліцерінова кислота + АДФ > 3-фосфогліцерінова кислота + АТФ;

3) фосфоенолпіровиноградна кислота + АДФ > піровиноградна кислота + АТФ.

Один з видів клостридів (*C. cylindrosporum*), що піддає бродинню пурини, здатний утворювати форміат і тетрагідрофолат (ТГФК) з формілтетрагідрофолієвою кислотою в реакції, що супроводжується фосфорилуванням АДФ:



Для цього виду зазначена реакція служить основним шляхом одержання АТФ.

2. Дріжджі

Умови середовища впливають на життєдіяльність мікроорганізмів як на рівні генетичного апарата (індукція й репресія), так і прямого пригнічення або активації ферментів клітини.

Фактори середовища, що впливають на життєдіяльність клітин поділяють на **хімічні, фізичні й біологічні**.

До хімічних факторів відносяться: склад середовища, концентрація речовин, рН, редокс-потенціал, наявність (або відсутність) інгібіторів, фізіологічно активних речовин.

До фізичних відносяться: температура, енергія випромінювання, тиск, вологість та ін.

Біологічні фактори – це взаємодії між мікроорганізмами, що обумовлено одночасною присутністю в середовищі різноманітних видів.

Дріжджі є факультативними анаеробами. Вони піддають бродінню цукри залежно від наявності у середовищі O_2 .

Поряд із цими продуктами в результаті бродіння цукру дріжджами утворюються вторинні продукти спиртового бродіння, а також побічні продукти метаболізму клітин.

Із вторинних продуктів спиртового бродіння відомі гліцерин, оцтовий альдегід, оцтова кислота й інші органічні кислоти, ацетон, 2,3-бутиленгліколь, діацетил.

Температурний оптимум для життєдіяльності та розмноження дріжджів є температура 25...30°C, мінімальна температура 2...3°C. За температури 45...50°C клітини дріжджів відмирають.

За умови високої концентрації цукру в середовищі життєдіяльність їх припиняється у зв'язку зі збільшенням осмотичного тиску в середовищі. За певного його значенні настає плазмоліз – стискання клітин з наступним відшаруванням протоплазми від клітинної оболонки.

Розрізняють дріжджі верхового й низового бродіння. Перші на стадії інтенсивного бродіння виділяються на поверхні середовища у вигляді товстого шару піни й залишаються в такому стані до закінчення бродіння. Потім осідають, але щільного осаду на дні бродильного апарата не дають. Інші під час бродіння не переходять у поверхневий шар, а швидко після закінчення бродіння осідають, утворюючи на дні бродильного апарата щільний шар.

До дріжджів низового бродіння відносяться більшість винних дріжджів і

пивні дріжджі, а до верхового – хлібопекарські, спиртові, деякі раси пивних дріжджів.

3. Мікроорганізми, що викликають молочнокисле бродіння

Молочнокисле бродіння викликається молочнокислими бактеріями і стрептококами: *Lactobacillus brevis*, *L. plantarum*, *L. acidophilis*, *L. bulgaricus*, *Streptococcus lactis*, *Str. cremoris*, *Str. termophilus*, *Pediococcus cerevisiae*, *Leuconostoc mesenteroides* та ін.

Чисті культури використовують в кисломолочному, сироробному, ковбасному виробництвах, а також під час мікробного синтезу молочної кислоти. В інших виробництвах, наприклад під час засолювання та квашенні плодів і овочів, частіше використовують природну мікрофлору.

На перебіг процесу молочнокислого бродіння впливають різні фактори: вид та доступність субстрату, температура, рН, доступ кисню, наявність іншої, крім молочнокислої мікрофлори, тощо.

Молочна кислота, що накопичується в кількості 1...2% має виражену бактерицидну дію.

Залежно від умов процесу крім основного продукту бродіння – молочної кислоти завжди утворюються супутні продукти: етиловий спирт, диоксид вуглецю, мурашина, оцтова, пропіонова, масляна кислота, вищі спирти та інші сполуки. Ці речовини беруть участь у формуванні смако-ароматичних властивостей, консистенції та інших характеристик продукту.

Молочнокисле бродіння має найбільшу інтенсивність в діапазоні температур 30...35°C, але практично його проводять за більш низьких температур (20...25°C) тому, що оптимальний діапазон є також кращим для маслянокислої та гнильної мікрофлори.

4. Оцтовокисле бродіння

Оцтовокисле бродіння проводять з метою отримання відповідних кислот, які є харчосмаковими добавками та консервантами і широко використовуються в харчових виробництвах.

Для оцтовокислого бродіння переважно використовують ретифікований етиловий спирт, спирт-сирець з крохмалевмісної сировини або плодово-ягідні виноматеріали (для отримання фруктових оцту).

Оцтовокисле бродіння – це окислення бактеріями етилового спирту в оцтову кислоту.

Хімізм оцтовокислого бродіння. Під час оцтовокислого бродіння реакція окислення етилового спирту протікає в дві стадії: спочатку утворюється оцтовий альдегід, який потім окислюється в оцтову кислоту.

Збудником оцтовокислого бродіння є оцтовий гриб (*Mycoderma aceti*).

Оптимальна температура росту і розвитку різних оцтовокислих бактерій складає 20...35°C. Деякі з них здатні синтезувати вітаміни В₁, В₂, В₁₂, проте

багато з них самі потребують вітаміни і перш за все пантотенової кислоти.

Запитання для самоперевірки:

1. *Бродильні мікроорганізми та бродіння. Мікроорганізми, що використовуються в харчових виробництвах, їх класифікація та загальна характеристика.*

2. *Будова дріжджової клітини. Хімічний склад дріжджів. Харчування та розмножування дріжджів. Оптимальні умови життєдіяльності цих мікроорганізмів.*

3. *Енергетичний обмін дріжджів. Аеробне та анаеробне розщеплення цукрів. Побічні продукти бродіння - вищі спирти, альдегіди, ефіри та ін.*

4. *Мікроорганізми, що викликають молочнокисле бродіння. Гомо- та гетероферментні бактерії. Механізм молочнокислого бродіння. Умови перебігу процесу. Бактеріальні закваски, їх склад та використання.*

5. *Оцтовокисле бродіння. Умови перебігу. Використання у виробництві оцту.*

Лекція 4.3. Загальні проблеми формування кольору, смаку та запаху харчових продуктів (2 год).

1. Відчуття кольору.

2. Теоретичні аспекти сприйняття смаку та запаху – основних органолептичних показників якості продукції.

Рекомендована література для вивчення теми: [31, 32].

Ключові слова: колір, поглинання, пропускання, відбивання, зорові рецептори, смакові рецептори, нюхові рецептори, смак, запах, ключові речовини.

1. Відчуття кольору

Запах, смак і зовнішній вигляд, зокрема колір, є основними характеристиками та критеріями оцінки якості харчових продуктів споживачами.

Колір – це ефект подразнення сітчатки, який за допомогою нервових імпульсів передається до головного мозку.

На сприйняття кольору фахівцями та споживачами дуже сильно впливають фізіологічні та психологічні фактори. Тому важливо для об'єктивності сенсорного аналізу визначити шкалу сприйняття, а потім скорегувати шкалу сенсорного сприйняття та об'єктивного фізичного виміру.

На відміну від сенсорних відчуттів, завдяки фізичним методам та інструментам (фотометрів, колориметрів) вдається об'єднати, визначити,

охарактеризувати і співставити колір продуктів.

Колір будь-якого сенсора продукту або виробу, що аналізується, залежить від трьох основних факторів:

- від джерела, що випромінює світло;
- від властивостей продукту, який поглинає, пропускає або відбиває світло;
- індивідуального зору експерта.

Харчові продукти є дуже складними фізичними системами.

2. Теоретичні аспекти сприйняття смаку та запаху – основних органолептичних показників якості продукції

До основних функцій харчових продуктів, крім постачання енергії, поживних речовин і основних будівельних одиниць для обміну речовин і росту клітин, відноситься також задоволення основних смакових відчуттів.

Сприйняття смаку виникло як захисна функція організму від вживання небажаних продуктів. Воно дано людині не тільки генетично (наприклад, захисна реакція від вживання гнилих продуктів), але також вихованням і досвідом.

Сигнал від смакових рецепторів використовується організмом по-різному. По-перше, несвідомо, наприклад, для управління шлунковою секрецією, причому як її кількістю, так і складом. По-друге, смак використовується усвідомлено для отримання задоволення від їжі.

Людина здатна розрізнити чотири основних первинних смаки: *солодкий, солоний, гіркий і кислий* (рис. 4.1).



Рис. 4.1 Характеристика смаку продукту

Деякі дослідники вважають, що до числа первинних можуть бути віднесені й деякі інші смакові відчуття. Наприклад, металевий (metallic) смак, вапняковий (chalky) смак і смак «умами» (umami), що є, на думку японських психофізиків, одним з первинних смаків.

Різні речовини можуть володіти чистим або змішаним смаком.

Смакові відчуття виникають завдяки *смаковим рецепторам*, що знаходяться в спеціальних пухирцях на язичці та зветься смаковими пухирцями. Смакові відчуття пов'язані з виникненням електричного імпульсу.

Встановлено, що не існує декількох видів солодкого. Ті або інші речовини можуть володіти більш або менш вираженим солодким смаком, але якщо цей смак чисто солодкий, то їх розчини не можна відрізнити один від іншого. Чисто солодким смаком володіють глюкоза, фруктоза, лактоза, сахароза. Відносно солоного смаку вважають, що в чисто вираженому вигляді ним володіє тільки одна речовина – кухонна сіль. Всі інші солоні речовини мають гіркий або кислий присмак.

Основне правило, що стосується смакових відчуттів, що викликаються сумішами, полягає в наступному: суміш не може спричинити нового смакового відчуття, вона здатна викликати тільки ті смакові відчуття, які викликають компоненти, що входять до її складу.

Смак до відомої речовини може посилюватися по контрасту зі смаком іншої, речовини, що заздалегідь подіяла.

Смаки легко компенсувати один іншим і робити приємними, наприклад, занадто кислий смак – солодким, але за цих умов не відбувається прямого змішування смаків, що дає щось середнє, оскільки смаки солодкого і кислого залишаються під час змішування в тій же силі, і тільки змінюється наше відношення до них з точки зору приємності.

Смакові відчуття тісно пов'язані з нюховими, дотиковими і термічними.

Людина спроможна розрізняти до 17000 ароматів.

Умовно всі фактори, що беруть участь в утворенні аромату кулінарної продукції можна поділити на групи (рис. 4.2).

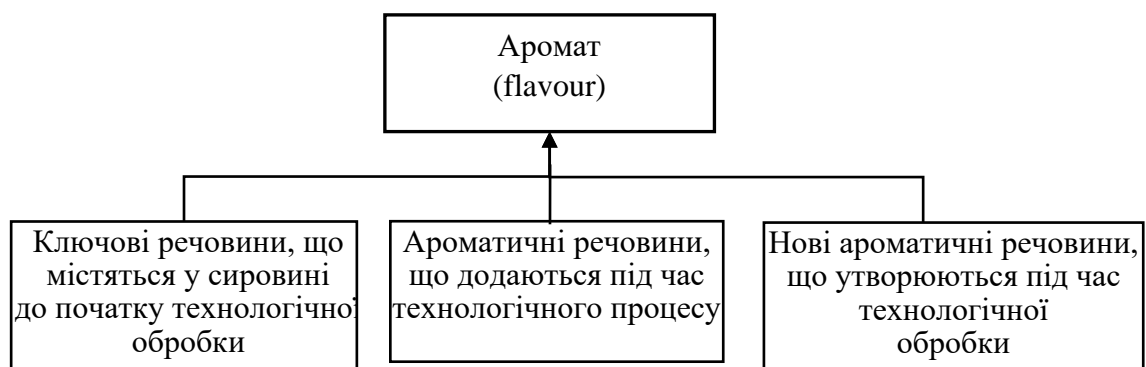


Рис. 4.2 Речовини, що формують аромат харчової продукції

Сьогодні запропоновано більш 30 теорій запахів.

Умовно їх можна розділити на дві групи: хвильові і контактні.

Прихильники хвильових теорій дотримуються версії, що пахуча

речовина випромінює хвилі, які і дратують рецептори, а прихильники контактних теорій вважають, що молекули пахучої речовини входять у контакт із нюховими рецепторами. Класифікація основних теорій сприйняття запаху приведена на рис. 4.3.

За хвильовою теорією вважається, що пахучі молекули випромінюють хвилі високої частоти, що впливають на нюхові клітини.

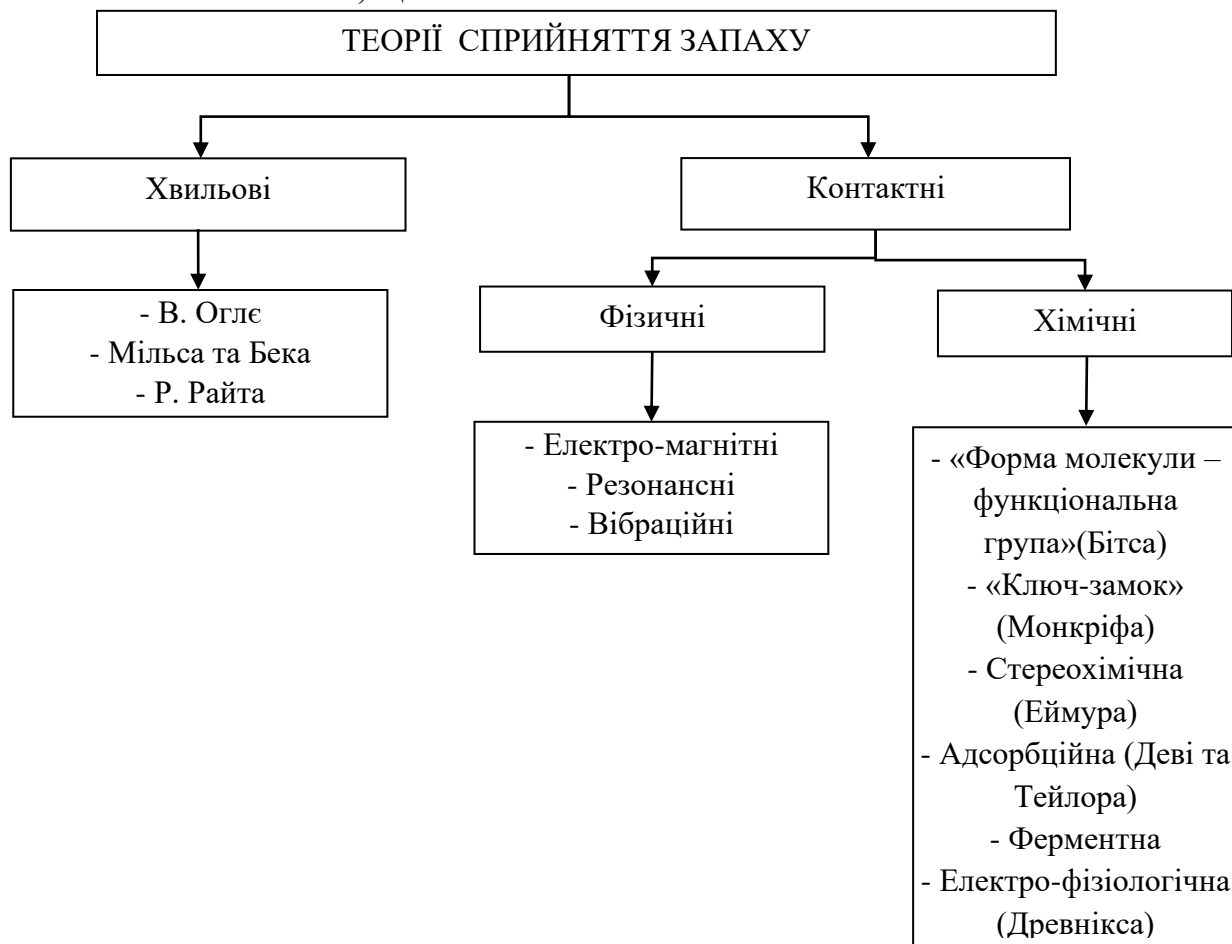


Рис. 4.3. Основні теорії сприйняття запаху

Контактні теорії поділяються на фізичні і хімічні.

Фізичні теорії засновані на ефекті внутрішньомолекулярного коливання пахучої речовини, за якого виникає електромагнітне випромінювання, що впливає на рецептори нюхових клітин, та проявляється у вигляді електромагнітних, резонансних і вібраційних процесів.

Електромагнітна теорія відчуття запаху заснована на взаємодії чуттєвих нюхових клітин і ароматичних речовин і характеризується залежністю інтенсивності запаху від кількості нюхових електронів.

Резонансна теорія заснована на припущенні, що відбувається нюховий резонанс у чуттєвих клітинах під впливом променистої енергії на пахучу речовину.

Вібраційна теорія. М. Дайсон у 1938 році першим сформулював три необхідних умови пахучості речовини: леткість, розчинність,

внутрішньомолекулярні коливання, пік яких у спектрі Рамана приходиться на $3500 - 1400 \text{ см}^{-1}$.

В основі сучасної хвильової теорії лежить положення, що нюхова зона лежить у зоні інфрачервоних частот – від 500 до 50 см^{-1} . Коливальні частоти визначають якість запаху, леткість – здатність до адсорбції (поглинання), а розчинність – його інтенсивність. Сила зіткнення пропорційна температурі.

В основу хімічних теорій покладено твердження про те, що запах виникає під час безпосередньої дії молекул на клітини нюхового епітелію.

Запитання для самоперевірки:

1. *Характеристика кольору, смаку та запаху харчових продуктів.*
2. *Загальні проблеми формування кольору, смаку та запаху харчових продуктів.*
3. *Відчуття кольору.*
4. *Теоретичні аспекти сприйняття смаку та запаху - основних органолептичних показників якості продукції.*

Лекція 4.4 Комплексність смакових відчуттів (2 год).

1. Характеристика речовин, що надають кольору, смаку та запаху харчовим продуктам.
2. Використання барвників, ароматизаторів та смакових добавок у харчовій промисловості.
3. Сенсорне та аналітичне визначення кольору, смаку та запаху харчових продуктів.

Рекомендована література для вивчення теми: [32].

Ключові слова: каротиноїди, хлорофіли, антоціани, флаволи, флавоноли, колірний тон, насиченість, яскравість.

1. Характеристика речовин, що надають кольору, смаку та запаху харчовим продуктам

До речовин, які визначають колір харчових продуктів відносять природні пігменти, синтетичні або природні барвники, що спеціально вводять до складу продуктів, а також забарвлені речовини, які утворюються під час окислення та теплової обробки харчових продуктів, такі, як меланіни, меланоїдини, карамелени тощо.

Найбільш важливими природними пігментами харчових продуктів є *каротиноїди, хлорофіли, антоціани, флавоноли та флаволи.*

Хлорофіли – це фотосинтетичні пігменти, що надають рослинам зелене забарвлення. В харчових продуктах рослинного походження зустрічається хлорофіл двох видів: хлорофіл А та хлорофіл В.

Антоціани, флаволи, флавоноли відносяться до найбільш широкої групи фенольних з'єднань C₆-C₃-C₆ – ряду, які називаються *флавоноїдами*.

Залежно від структури зв'язувального тривуглецевого фрагменту в молекулі та ступеня окисленості флавоноїди підрозділяються на *катехіни, лейкоантоціани, флаванони, антоціани, флаволи, флавоноли, флавоноли*.

Катехіни – безбарвні сполуки, які легко окислюються та набувають різного кольору.

Флаволи – барвники жовтого кольору вони знайдені в деяких харчових продуктах: апігенін у петрушці, винограді і плодах кислого апельсину, лютеолін у винограді.

Смакові якості речовин насамперед залежать від їх хімічної природи. Кислий смак пропорційний концентрації іонів H⁺.

Відчуття солоного смаку викликають такі аніони, як Cl⁻, Br⁻, J⁻.

Гіркий смак часто буває зумовлений нітрогрупами, третинними амінами, аммонієвими основами, лактонами і деякими сірковміщуючими сполуками, солей K, Mg, Ca. Гіркий смак властивий таким алкалоїдам, як стрихнін, хінін.

За солодкий смак відповідальні такі сполуки і групи, як R-OH, R₂NH, R₃CH, C-C1, -SO₂ та ін.

Оскільки в основному харчові продукти – це багатоконпонентні системи, то вони спричиняють складне смакове відчуття.

На явищах контрасту смаків, їх компенсації і слідів заснована вся будова гастрономії, яка має ту фізіологічну цінність, що гарний, приємний смак їжі сприяє її кращому засвоєнню.

Смакові відчуття тісно пов'язані з нюховими, дотиковими і термічними. Тісний взаємозв'язок даних відчуттів проявляється у *комплексному сприйнятті кольору, запаху та смаку харчових продуктів*.

Запах продуктів формують леткі органічні сполуки. В табл. 4.2 наведено основні речовини, що зумовлюють 7 первинних запахів.

Букетом називають комплекс специфічних нюхових нюансів, характерних для певного типу харчових продуктів (вино, алкогольні напої тощо).

Формування смаку і аромату харчових продуктів відбувається також під дією технологічних чинників.

Таблиця 4.2 – Характеристика первинних запахів

<i>Камфорний</i>	Борнеол трет-Бутиловий спирт
------------------	---------------------------------

	D-Камфора Цинеол Пентаметилетиловий спирт
<i>Квітковий</i>	Бензилацетат Гераниол α - та β - Іонони Фенілетилевий спирт Терпінеол
<i>Різкий</i>	Оцтова кислота Аліловий спирт Ціан Формальдегід Мурашина кислота Метилізотіоціанат
<i>М'ятний</i>	трет-Бутилкарбінол Циклогексан Ментон Піперитол 1,1,3-Триметилциклогексанон-5
<i>Ефірний</i>	Ацетилен Чотирихлористий вуглець Хлороформ Дихлоретилен Пропіловий спирт
<i>Мускусний</i>	Андростанол-3 \square (сильний) Циклогексадеканон 17-Метиландростанол-3 \square Пентадеканолактон Мускон (3-метилциклопентадеканон)
<i>Гнильний</i>	Амілмеркаптан Кадаверин (пентаметилендіамін) Сірководень Індол (за великої концентрації; в розведеному розчині – квітковий) Скатола

Карамелізація цукру істотно впливає на смак продуктів.

Велике значення в формуванні смаку і аромату термічно оброблених продуктів має реакція меланоїдиноутворення.

У формуванні смаку і аромату вареного м'яса вирішальну роль відіграють екстрактивні речовини, деякі з яких мають певний смак.

Під час зберігання харчових продуктів, наприклад, овочів і плодів відбувається зміна їх хімічного складу під дією ферментів, що призводить до зміни смакових властивостей цих продуктів.

2. Використання барвників, ароматизаторів та смакових добавок у харчовій промисловості

Барвники – природні або хімічно синтезовані речовини, що надають або посилюють колір харчових продуктів.

Барвники, що використовують для забарвлення харчових продуктів, за походженням поділяють на 3 групи:

- натуральні речовини рослинного або тваринного походження;
- синтетичні речовини;
- неорганічні мінеральні речовини.

Джерелом для отримання *натуральних барвників*, головним чином, є квіти, ягоди, плоди, коренеплоди, листя та інша рослинна сировина, яка містить такі пігменти, як антоціани, каротиноїди, хлорофіл, беталаїни та ін.

Більшість натуральних барвників не має обмежень за їх вмістом у складі харчових продуктів, вони використовуються за технологічної необхідності у необхідних кількостях.

Синтетичні барвники мають ряд переваг поряд з натуральними барвниками, оскільки дають яскраві кольори та менш чутливі до впливу технологічних факторів. Їх вміст у складі харчових продуктах обмежується значеннями максимально допустимих рівнів.

Неорганічні мінеральні барвники – діоксин титану, оксиди заліза, алюміній, срібло, здебільшого застосовуються для забарвлення поверхні драже та кондитерських виробів.

Серед смако-ароматичних добавок до харчових продуктів виділяють:

- підсилювачі смаку та аромату;
- підсоложувачі;
- натуральні ароматизатори та ароматичні речовини;
- натурально-ідентичні ароматичні речовини;
- штучні ароматичні речовини.

Підсилювачі смаку та аромату – речовини, що посилюють властивий харчовим продуктам смак та аромат.

Підсолоджувачі – речовини нецукрової природи, які надають харчовим продуктам солодкий смак.

Під *ароматизаторами* або *ароматичними речовинами* розуміють всю гамму речовин (натуральні екстракти, настої, плодово-ягідні соки, сиропи, прянощі, окремі запашні речовини), що мають певний запах (аромат) та спеціально вносяться до харчових продуктів.

Натуральні ароматизатори отримують фізичними способами (пресуванням, екстракцією, дистиляцією) з сировини рослинного або тваринного походження.

Ідентичні натуральним ароматизатори за складом основних ароматичних компонентів та хімічною структурою ідентичні натуральним ароматизаторам.

Синтетичні ароматизатори містять щонайменше одну штучну речовину, якої в природі не існує, яку отримують хімічним синтезом.

3. Сенсорне та аналітичне визначення кольору, смаку та запаху харчових продуктів

Колір є першою ознакою, за якою оцінюється якість харчових продуктів, їх придатність до споживання, а також їх смак.

Для характеристики сприйняття кольору використовують поняття: *колірний тон, або відтінок, насиченість, яскравість (або світлість)*.

Колірний тон визначається довжиною хвилі видимої частини спектру. **Насиченість**, або чистота кольору описується термінами: слабкий, сильний, блідий, тьмянний, насичений і ін.

Яскравість кольору характеризується термінами: темний, світлий, яскравий, тобто його щільність, що не міняє відтінку.

Для стандартизації кольорів зазвичай використовуються еталонні зразки.

Колір і його відтінки, насиченість і яскравість залежать також від поверхні об'єкту, яка може бути блискучою, гладкою, глянсовою, рівною або пористою, тьмяною, матовою, шорсткою, що пов'язане з рівномірним або нерівномірним розсіюванням світлових променів поверхнею продукту.

Методи визначення смаку продуктів відносяться до методів *органолептичної (або сенсорної) оцінки* харчових продуктів.

Органолептичними властивостями (ознаками) харчових продуктів є зовнішній вигляд, текстура, запах, смак і аромат. Ці властивості виявляються завдяки зоровим (візуальним), дотиковим, нюховим, смаковим і слуховим відчуттям людини. Органолептичний (сенсорний) аналіз – це якісна і кількісна оцінка реакції органів почуттів людини на властивості продукту. Якісну оцінку виражають словесним описом, а кількісну – в числах і графіках.

Серед методів визначення смаку виділяють описові методи, методи відмінностей, методи з використанням шкал і категорій.

1. Описові методи використовуються в основному для характеристики «flavour» (комплексу смакових, нюхових і дотикових властивостей) продуктів.

Існують різні методи виконання описового аналізу «flavour» продукту, які можна розділити на дві категорії:

– «методи згоди», що приводять до одноголосного опису «flavour» продукту;

– «незалежні методи», для яких не потрібна згода.

2. Методи відмінностей використовуються для визначення різниці в органолептичних властивостях харчових продуктів. Найчастіше використовуються метод *парного порівняння, трикутний метод і метод «А» – «не А»*.

Метод парного порівняння застосовується під час виявлення

відмінностей органолептичних характеристик двох продуктів у випадках, коли необхідно виділити напрями відмінностей між двома зразками, що тестуються для точного визначення характеристики продукту.

Трикутний метод застосовується під час виявлення слабовиражених відмінностей між зразками продуктів, які можуть стосуватись всього комплексу характеристик або якої-небудь окремої властивості зразка (смаку).

Метод «А» – «не А» використовується в органолептичному аналізі для випробувань на відмінність, на пізнавання, на сприйняття для конкретних стимулів.

3. Методи з використанням шкал і категорій використовуються для бальної оцінки органолептичних показників якості продукції.

Запитання для самоперевірки:

1. *Комплексність смакових відчуттів.*
2. *Характеристика речовин, що надають кольору, смаку та запаху харчовим продуктам.*
3. *Поняття про аромат та букет харчових продуктів.*
4. *Класифікація та загальна характеристика барвників, ароматизаторів і смакових добавок, що використовуються у харчовій промисловості.*
5. *Сенсорне та аналітичне визначення кольору, смаку та запаху харчових продуктів.*

Лекція. 4.5. Теоретичні основи запобігання псуванню сировини та продуктів під час зберігання (2 год).

1. Сировина як об'єкт зберігання.
2. Втрати маси та втрати якості сировини.
3. Фізико-хімічні процеси.
4. Біохімічні процеси.
5. Біологічні процеси.
6. Внутрішні та зовнішні фактори, що впливають на збереження сировини.
7. Біоз, анабіоз, абіоз.

Рекомендована література для вивчення теми: [33, 34, 35].

Ключові слова: сировина, фізико-хімічні процеси, біохімічні процеси, біологічні процеси, біоз, анабіоз, абіоз.

1. Сировина як об'єкт зберігання

На якість сировини істотно впливають умови зберігання і транспортування. На зберігання харчової сировини впливають хімічний склад і інтенсивність процесів, що протікають в ній, а саме фізико-хімічних,

хімічних, біохімічних та мікробіологічних.

У залежності від розглянутих факторів сировину поділяють на три групи.

1) **Сировина, яка швидко псується** – з великим вмістом вологи (понад 40%).

2) **Сировина тривалого зберігання** містить низький вміст вологи (10% і менше).

3) **Сировина тривалого зберігання містить консерванти** або піддавалася термічній обробці.

Режими зберігання сировини визначаються: температурою; відносною вологістю повітря; газовим складом атмосфери; освітленістю; повітрообміном та санітарним станом приміщення.

У залежності від типу і складу харчових продуктів встановлюється діапазон температур для зберігання:

1) $t = -18...0^{\circ}\text{C}$ – оптимальна температура зберігання заморожених продуктів.

2) $t = 0...+4^{\circ}\text{C}$ – оптимальна температура зберігання яєць, рослинної олії, молочних продуктів, плодів.

3) $t = +20...+25^{\circ}\text{C}$ – оптимальна температура зберігання продуктів зі зниженою вологістю: борошно; крупа; цукор; крохмаль; прянощі.

4) $t = 0...+25^{\circ}\text{C}$ – оптимальна температура зберігання консервованої продукції (виключається мікробіологічне псування, а наявність тари виключає усушку та хімічні процеси, що відбуваються).

Оптимальна вологість повітря визначається вологістю продукту:

1) В продуктах з високою вологістю, тобто понад 40 %, значна частина вологи знаходиться у вільному стані, продукти не гігроскопічні, зберігати необхідно за вологості повітря 85...95 %.

2) В продуктах вологість, яких знаходиться в межах 10...40 %, значна частина води знаходиться у зв'язаному стані. Вони звожуються легше, ніж віддають воду. Вологість повітря під час зберігання повинна бути в межах 75...85 %.

3) В продуктах вологість, яких менше 10 % (наприклад, чай, цукор, сіль), вода знаходиться в зв'язаному стані. Вони дуже гігроскопічні, тому вологість повітря під час зберігання повинна бути 65...70 %.

Необхідною умовою зберігання є зниження вмісту кисню в системі.

2. Втрати маси та втрати якості сировини

Розрізняють два види втрат: *зміни якості і втрати маси*.

Зміни якості сировини пов'язані зі зменшенням у ній корисних речовин і з втратою її доброякісності, кількісні втрати пов'язані з втратою маси. Обидва види втрат взаємозалежні.

Основними причинами виникнення природної втрати є усушка, розпилення, витікання, розкришування, розлиття.

Усушка зв'язана з випарюванням вологи і втратами летучих речовин.

Розпилення – це втрати маси продуктів, які тонко подрібнені.

Витікання – характерне для продуктів рідкої консистенції або для продуктів, що мають рідку фракцію.

Розкришування має місце під час розривування і різання замороженого м'яса і риби.

Розлиття – тип втрат, що утворюються під час переливання продукту з однієї тари в іншу.

Природна втрата маси утворюється також за рахунок біохімічних процесів, а саме, дихання зерна, плодів і овочів.

3. Фізико-хімічні процеси

Фізичні і фізико-хімічні процеси відбуваються під дією таких факторів, як температура, вологість, газові складові повітря, світло, механічні впливи.

Під час сорбції газу маса продукту зростає, сипкість знижується, сировина злежується.

Під час десорбції плоди й овочі в'януть і псуються, рідкі продукти втрачають свої властивості.

Деякі види сировини під час зберігання можуть втрачати ароматичні речовини або набувати небажаних смаку і запаху.

Під час зберігання деяких продуктів відбуваються процеси кристалізації.

Хімічні процеси протікають без участі ферментів і мікроорганізмів.

Видами хімічного псування можуть бути згіркнення жирів, неферментативне потемніння, пов'язане з реакцією карамелізації цукрів і реакцією меланоїдиноутворення.

Сповільнює ці процеси зниження температури зберігання. Ефективним інгібітором є сірчиста кислота і її ангідрид.

4. Біохімічні процеси

Біохімічні процеси – це процеси, обумовлені дією ферментів, що знаходяться в сировині. Найбільш важлива роль ферментів під час протікання таких процесів, як дихання, гідролітичні та автолітичні процеси.

Дихання пов'язане з дією окисно-відновлювальних процесів.

Гідролітичні процеси протікають під дією гідролаз.

Автоліз (саморозчинення) – цей процес протікає в тканинах м'яса і риби, у клітинах дріжджів.

Однією з головних причин псування сировини під час зберігання є розвиток мікроорганізмів. У мікробіологічних процесах розрізняють бродіння, гниття і пліснявіння сировини.

Бродіння – це процес окисного розщеплення безазотних органічних речовин під дією ферментів, що виділяють мікроорганізми (дріжджі, бактерії, пліснявілі гриби). Можливе протікання спиртового, молочнокислого, оцтовокислого, протеїнового бродіння.

Гниття – це глибокий розпад білків і продуктів їх гідролізу.

Пліснявіння обумовлене розвитком пліснявих грибів, що утворюються на поверхні продуктів у виді пухнатої нальоту і цвілі різного кольору.

Процеси, що протікають у харчових продуктах, що зберігаються, взаємозалежні.

5. Біологічні процеси

Біологічні процеси – це процеси, обумовлені дією мікроорганізмів, що знаходяться в сировині.

Біологічними небезпечними чинниками, що спричиняють захворювання через харчові продукти, є бактерії, віруси та паразити.

Віруси можуть знаходитись у харчовому продукті, воді або передаватися харчовим продуктам людиною, тваринною чи в результаті інших контактів.

Носієм **паразитів** частіше всього є організм тварини, але протягом життєвого циклу паразитів їхнім носієм може бути і людина.

Гриби включають плісняву та дріжджі. Гриби можуть мати сприятливу дію, що уможливорює їхнє використання у виробництві певних харчових продуктів (наприклад сиру).

Бактерії – це клітинні організми довжиною або діаметром від 0,5 до 10 мкм, які знаходяться скрізь у навколишньому середовищі і можуть переноситись водою, вітром, комахами, рослинами, тваринами та людьми.

6. Внутрішні та зовнішні фактори, що впливають на зберігання сировини

До **внутрішніх факторів** відносять: *водна активність (Aw), кислотність pH, окисно-відновний потенціал (Eh), хімічний склад харчових продуктів, присутність природних антимікробних речовин і конкурентноспроможна мікрофлора.*

Активність води (Aw). Значення водної активності є основним чинником, який визначає стан мікроорганізмів у продукті, зокрема водна активність, впливає на здатність мікроорганізмів до розмноження, обміну речовин та їхню опірність технологічному впливу, спрямованому на припинення росту або знищення мікрофлори.

Більшість бактерій потребують високої водної активності, а саме бактерії групи кишкової палички, сальмонели розвиваються за значення 0,94, більшість пліснявих грибів та дріжджів – 0,85, деякі види грибів та

осмофільних дріжджів – 0,62. Найнижчим значенням A_v за якого ростуть шкідливі бактеріє є 0,85. Водна активність в діапазоні 0,97...0,99 найбільш сприяє росту мікроорганізмів.

Кислотність рН. Майже всі організми оптимально розмножуються за нейтрального значення рН або меншого і тому найнебезпечнішими є харчові продукти з рН від 4,6 до 7,0.

Окисно-відновний потенціал (Eh). Процеси окиснення та відновлення пов'язані з обміном електронами між хімічними речовинами.

Хімічний склад харчових продуктів. Мікроорганізми різняться за вимогами, що потрібні для їх росту та за здатністю використовувати для росту різні речовини зі складу харчових продуктів.

Присутність природних антимікробних речовин. Мікробіологічна стабільність деяких харчових продуктів тваринного та рослинного походження зумовлюється наявністю в їх складі антимікробних (бактерицидних) речовин. Наприклад:

- яйця містять фермент лізоцим, який руйнує стінки клітин грампозитивних бактерій та білок авідін, що є інгібітором деяких бактерій та дріжджів;

- слива та суниця містить бензойну кислоту, що має бактерицидну та фунгіцидну властивість (рН 2,5...4,5);

- гвоздика містить євгенол, що пригнічує діяльність бактерій (*Bacillus*, *S. aureus* та ін);

- кориця містить коричневий альдегід та євгенол, що пригнічує діяльність плісняв та бактерій відповідно;

- речовини часнику пригнічують *сальмонели*, *нікобактерії*, *S. aureus*, *Shigellae*, *C. botulinum*, *A. flavus*, *Candida albicans*, *Penicillium* та інші;

- сире молоко містить багато речовин, що виявляють антимікробну діяльність (лактопероксидазна система, лактофері та інші білки, зв'язані з залізом).

Конкурентноспроможна мікрофлора. Конкурентоспроможність мікрофлори харчових продуктів може позитивно або негативно впливати на деякі групи мікроорганізмів.

До **зовнішніх чинників** відносять *температуру*, *відносну вологість*, *склад атмосфери*.

Температура – чинник навколишнього середовища, який найбільш сильно впливає на ріст мікроорганізмів. Хоча мікроорганізми можуть рости в межах від 8°C до 90°C, оптимальною температурою для їх росту є 35°C.

Відносна вологість безпосередньо впливає на водну активність A_v харчових продуктів. Якщо харчовий продукт з низькою активністю води зберігається в середовищі з високою відносною вологістю, то значення A_v такого продукту збільшиться, що може спричинити його псування

мікроорганізмами.

Склад атмосфери. Зберігання харчових продуктів у газовій атмосфері (подібно CO₂) за попередньо встановленого складу називають зберіганням у «модифікованій атмосфері».

7. Біоз, анабіоз, абіоз

Біоз. Цей метод полягає в зберіганні плодів і овочів у свіжому вигляді без будь-якої спеціальної обробки.

Біоз не є методом консервування у звичайному розумінні, а є лише системою заходів, що забезпечує короткочасне зберігання плодів у свіжому вигляді до надходження сировини на завод.

Анабіоз. На цьому принципі заснований ряд методів консервування, а саме охолодження й заморожування, створення високих концентрацій осмотичнодіючих речовин, сушіння, зберігання в регульованій атмосфері, маринування, спиртування, квашення та ін.

Помірний холод (спосіб називають холодним зберіганням або зберіганням в охолодженому стані) – охолодження сировини й продуктів переробки до такої температури, що, на 10...15°C нижче кімнатної температури.

Метод холодного зберігання дає можливість зберегти сировину за мінімальної зміни його натуральних властивостей протягом декількох тижнів, тобто набагато довше, ніж метод біозу.

Заморожування продукту передбачає його охолодження до температури, значно більш низької (-3°C), ніж відповідна температура замерзання. Заморожені харчові продукти й сировину можна зберігати протягом багатьох місяців.

Температурний рівень, до якого доводять майже всі харчові продукти, що заморожуються, становить мінус 18°C, тому що за таких температур значна кількість вологи перетворюється в лід.

Високі концентрації осмотично діяльних речовин сприяють плазмолізу рослинних і, що особливо важливо, мікробних клітин, у результаті чого мікроорганізми впадають в анабіотичний стан і втрачають здатність псувати харчові продукти.

Сушіння також призводить до анабіозу мікроорганізмів.

Зберігання сировини в регульованій атмосфері також дозволяє реалізувати принцип анабіозу.

Маринування, спиртування, квашення й спиртове бродіння – методи консервування, засновані на неможливості більшості мікроорганізмів, особливо гнилісних, розвиватися в кислому середовищі або в середовищі, що містить спирт та призводить до псування плодів та овочів.

Квашенням називається такий процес обробки овочів і плодів, за якого

в результаті дії молочнокислих бактерій наявний у сировині цукор збражується в молочну кислоту.

Спиртування застосовується як метод консервування плодкових соків. Спирт, однак, не має сильну дію, що консервує, і для того щоб зберігати харчовий продукт від псування, потрібні досить більші концентрації його.

Абіоз. На принципі абіозу, тобто припинення життєдіяльності клітин сировини й мікроорганізмів, засновано багато методів консервування, а саме теплова стерилізація, застосування електричного змінного току високої й надвисокої частоти, антисептиків, антибіотиків.

Теплова стерилізація – обробка продукту високою температурою – призводить до загибелі мікробних клітин у результаті необоротних змін у протоплазмі, білки якої коагулюють, що веде до розриву цитоплазменної оболонки.

Якщо визначити оптимальний режим стерилізації, хімічні зміни в харчовому продукті будуть мінімальними.

Застосування **змінного електричного струму високої (ВЧ) і надвисокої частоти (НВЧ)** являє собою один з особливих способів теплової стерилізації харчових продуктів.

Підсумовуючи відомості про методи консервування, слід зазначити, що харчові продукти можна зберегти на більш-менш тривалий строк, впливаючи на них усілякими факторами:

- фізичними (застосування високих і низьких температур, мікрохвильової енергії, що іонізують випромінювання, ультрафіолетової радіації, що знезаражуючої фільтрації, зневоднювання);
- хімічними (використання антисептиків і антибіотиків, додавання оцтової кислоти й спирту);
- фізико-хімічними (застосування осмотично діючих речовин – цукру й солі в більших концентраціях);
- біохімічними (квашення, соління, мочіння, спиртове бродіння).

Деякі методи засновані на комбінованому впливі декількох факторів (наприклад, під час копчення застосовується зневоднення, дія солі й бактерицидних речовин, що містяться в копильному димі або рідині).

Запитання для самоперевірки:

1. Сировина як об'єкт зберігання. Суха та соковита сировина. Особливості зберігання сухої та соковитої сировини.
2. Втрати маси та втрати якості сировини. Причини втрат. Процеси, що відбуваються в сировині під час зберігання.
3. Фізико-хімічні процеси. Зміна температури та вологості продуктів, сорбція та десорбція, кристалізація та ін.
4. Біохімічні процеси. Дозрівання, дихання, самозігрівання, фізіологічні розлади, проростання після збирання.
5. Біологічні процеси. Життєдіяльність мікрофлори сировини, загнивання та пліснявіння, розвиток фітопатогенних мікроорганізмів.
6. Внутрішні та зовнішні фактори, що впливають на зберігання

сировини. Оптимальні режими зберігання сировини.

7. Біологічні принципи зберігання сировини – сповільнення або припинення життєдіяльності мікроорганізмів, інактивація ферментів. Біоз, анабіоз, абіоз.

СПИСОК ТЕРМІНІВ

Автоокислення – самочинне окислення жирів під дією кисню повітря.

Адаптивність системи – здатність її протистояти впливу дестабілізуючих зовнішніх факторів і пристосовуватись до нових умов функціонування.

Аерозолі – дисперсні системи, з газовим дисперсійним середовищем та твердою або рідкою дисперсною фазою.

Активність води – відношення парціального тиску пари води над продуктом до такого ж парціального тиску пари води над поверхнею води в закритому об'ємі в стані рівноваги за умови однакової температури.

Альбуміни – білки, розчинні у воді та розведених розчинах солей в інтервалі рН 4...8,5.

Амінокислоти – органічні кислоти, які містять одну або декілька аміногруп.

Амінокислоти замінні – амінокислоти, які синтезуються в організмі людини.

Амінокислоти незамінні – амінокислоти, які не можуть синтезуватись організмом із інших сполук.

Антиоксиданти – природні або синтетичні речовини, які уповільнюють або запобігають окисленню органічних сполук. До антиоксидантів належать токоферол, пропіловий та додециловий ефіри галової кислоти, бутилокситолуол та ін.

Астабілізація – втрата системою стійкості.

Білки – високомолекулярні природні полімери, побудовані із залишків амінокислот, які з'єднані пептидним зв'язком $-CO-NH-$ молекулярна маса, яких як правило більше 1кДа.

Висолювання білків – зворотна реакція осадження білків із розчину за допомогою великих концентрацій нейтральних солей.

Вихід продукту – відношення маси отриманого кінцевого продукту до сумарної кількості сировини, яка ввійшла в технологічний процес.

Відновлюючі (редуючі) вуглеводи – побудовані за принципом «глікозидо-глікоза».

Відносна вологість – відношення парціального тиску парів води, які присутні в повітрі, до тиску насичених парів води за тією ж температури.

Відходи – зменшення маси вхідної сировини в проміжних продуктах (напівфабрикатів) за рахунок видалення неїстівної або малоцінної у харчовому відношенні частини.

Вільна вода – не зв'язана полімерами продуктів і доступна для протікання різних реакцій.

Вітаміни – низькомолекулярні органічні сполуки різноманітної хімічної

природи, необхідні для здійснення життєво важливих біохімічних та фізіологічних процесів в живих організмах.

Властивості білків фізико-хімічні – молекулярна маса, наявність полярних груп, значення ізоелектричної точки (ІЕТ), оптичні властивості, показник заломлення, спектроскопічні властивості.

Властивості білків функціональні – можливість білка-речовини виконувати ту чи іншу функцію в технологічному процесі. До них належать вологоутримуюча здатність, емульгуюча здатність, стабілізуюча здатність, структуроутворююча здатність.

Втрати – природне зниження маси сировини, напівфабрикатів, готової продукції в технологічному потоці.

Вуглеводи – біохімічні сполуки, які утворюються в рослинах в якості первинних продуктів фотосинтезу.

Гелі – системи полімер – розчинник, які характеризуються великими оберненими деформаціями за умови практично повної відсутності в'язкого плинну.

Гідратація білків – процес зв'язування білками води, в результаті чого вони набухають, при цьому збільшується їх маса й об'єм.

Гідрогенізація – гетерогенний каталітичний процес, здійснюється з метою зниження ненасиченості жирних кислот, які входять до складу тригліцеридів рослинних масел та жирів морських тварин. Залишки ненасичених жирних кислот в молекулах ацилгліцеринів приєднують водень.

Гідроліз – взаємодія речовини з водою, при чому складові частини речовини з'єднуються зі складовими частинами води.

Гістони – низькомолекулярні, основні, завдяки великому вмісту лізину та аргініну, білки, розчинні у воді та кислотах.

Глобуліни – поліфункціональні білки, розчинні в розведених нейтральних розчинах солей сильних кислот та нерозчинні у воді.

Глутеліни – білки, розчинні в розведених лугах та кислотах та нерозчинні в нейтральних розчинниках.

Дегідратація білків – процес видалення вологи із речовини.

Дезодорація – видалення із масел та жирів речовин, які визначають їх смак та запах (альдегіди, кетони, вільні жирні кислоти).

Денатурація – процес, за якого під дією зовнішніх факторів (температури, механічної дії, дії хімічних агентів та інших факторів) відбувається зміна вторинної, третинної та четвертинної структури білкової макромолекули, тобто її нативної просторової структури.

Денатуруючі чинники – температура, різні випромінювання, значні зміни рН, іонної сили, зміна колоїдної рівноваги, інтенсивна механічна дія та інші поверхневі ефекти, ферментація, протеоліз, хімічні речовини та модифікація, вплив часу.

Десорбція вологи – видалення рідини з вологої поверхні.

Деструкція білка – руйнування первинної структури білка.

Дисперсна система – суміш, яка складається як мінімум з двох речовин, які взагалі або частково не змішуються одна з одною й не реагують одна з одною хімічно. Перша речовина (дисперсна фаза) розташовується в дисперсійному середовищі.

Дисперсність – характеристика розмірів частинок в дисперсійному середовищі.

Елементи – відносно самостійні, відокремлені частини системи, тобто її структурні одиниці, взаємодія яких між собою за певною логікою забезпечує функціонування системи в цілому.

Емульсія – дисперсна система з рідким дисперсійним середовищем та рідкою дисперсною фазою. Основні типи емульсій – масло у воді (пряма), вода в маслі (зворотна).

Естери – органічні сполуки, похідні карбонових або мінеральних кислот, в яких гідроксильна група ОН кислотної функції заміщена на спиртовий залишок.

Етерифікація – взаємодія кислот та спиртів в умовах кислого каталізу.

Жири – речовини тваринного, природного та мікробного походження, які складаються в основному з тригліцеридів повних ефірів гліцерину та жирних кислот.

Жорсткість постійна – зумовлюється присутністю у воді іншою групою солей – сульфатів, хлоридів та нітратів кальцію та магнію.

Жорсткість тимчасова – утворена гідрокарбонатами. Така жорсткість може бути видалена кип'ятінням.

Зв'язана вода – асоційована вода, що міцно утримується різними компонентами харчових продуктів за рахунок хімічного та фізичного зв'язку.

Зв'язана волога фізико-хімічно – об'єднує адсорбційну й осмотичну вологу, волога цих видів зв'язку погано видаляється під час сушки.

Зв'язана волога хімічно – з'єднана з матеріалом, у вигляді гідроксильних іонів, найбільш міцно та під час сушки зазвичай видаляється частково або взагалі не видаляється.

Зв'язана волога механічно – включає в себе вологу мікрокапілярів та макрокапілярів. Волога мікрокапілярів погано зв'язана з матеріалом та може бути видалена не лише під час кип'ятіння але й механічно.

Ієрархічність системи – здатність системи мати певну структуру, яка в межах цілісності системи має специфічні внутрішньо системні зв'язки, які пов'язують окремі елементи та підсистеми за певною ієрархічною організацією.

Ізоелектрична точка білка – значення рН розчину, за якого молекула білка стає електронейтральною.

Ізотерма абсорбції – крива, яка відображує зв'язок між кількістю води, що утримується харчовими продуктами з активністю води в ньому за певної температури.

Інверсія – гідролітичне розщеплення сахарози на глюкозу та фруктозу.

Інвертний цукор – складається із рівних частин глюкози і фруктози.

Інтенсивність технологічного процесу - кількість готової продукції, яка виробляється за одиницю часу.

Іонна сила розчину – міра інтенсивності електричного поля, яка створюється іонами в розчині.

Істинний розчин (іонно-дисперсний) – розмір часток складає 0,1 нм. До них належать розчини електролітів (кухонна сіль).

Істинний розчин (молекулярно-дисперсний) – розмір частинок менший за 1 нм. До них належать розчини неелектролітів (спирт, цукор).

Їжа – складна суміш приготованих до споживання харчових продуктів.

Карамелізація – термічне перетворення цукрів з отриманням склоподібного тіла, яке супроводжується, як правило, зміною забарвлення та виникненням цілої гамми нових речовин.

Клейстеризація крохмалю – руйнування нативної структури крохмальних зерен у процесі гідротермообробки, яке супроводжується набуханням.

Коагуляція – злипання частинок колоїдної системи під час їх зштовхування в результаті теплового (броунівського) руху.

Коагуляція білка – процес зміни колоїдного стану білків під дією різних факторів.

Колігативні властивості розчинів – зміна температури кипіння (підвищення) та замерзання (зниження), зниження тиску пари розчинника, утворення градієнта осмотичного тиску за роботи у напівпроникних мембранах.

Колоїдні розчини (золі) – дисперсні системи з розмірами частинок 1-100 нм. Гетерогенні системи. Складаються з двох фаз.

Ліпіди – практично нерозчинні у воді компоненти клітини, які можуть бути екстраговані з неї неполярними, органічними розчинниками.

Матеріальний баланс – рівність маси сировини, матеріалів, які надходять на переробку, з масою кінцевого продукту, сумарними відходами і втратами у виробництві.

Меланоїди – гетерогенна група високомолекулярних темнозабарвлених сполук, утворення яких супроводжується нагромадженням у харчовій системі продуктів деструкції вуглеводів, амінокислот та рештків їх спільної взаємодії.

Меланоїдиноутворення – це реакція термічної конденсації вуглеводів та білків.

Мінеральні речовини – хімічні елементи, які необхідні організму людини для забезпечення нормальної життєдіяльності.

Модифікований крохмаль – спеціально оброблений крохмаль, який завдяки модифікації набув нові технологічні властивості.

Моносахариди – сполуки, в основі яких лежить нерозгалужений вуглеводневий радикал, при одному з атомів вуглецю якого знаходиться карбонільна група, а при всіх інших – по одній гідроксигрупі. До моносахаридів належать сполуки з кількістю вуглецю в ланцюгах від 3 до 7.

Набухання – процес поглинання сухим зразком полімеру розчинника, внаслідок чого полімер зростає за масою та об'ємом.

Невідновлюючі (нередукуючі) вуглеводи – побудовані з хімічної природи за принципом «глікозид-глікозид».

Неензиматичне побуріння – комплекс складних реакцій, спрямованих на різні продукти, з формуванням бурих та чорних пігментів, котрі, як модифікація, сприяють, чи навпаки, смаку та запаху готових продуктів або напівфабрикатів.

Неомилювані ліпіди – не містять жирнокислотних залишків, тому не гідролізуються і не утворюють мил.

Окислення – взаємодія речовини з киснем, в результаті чого утворюються нові сполуки.

Олігосахариди – вуглеводи, молекули яких складаються із декількох моносахаридних залишків, з'єднаних глікозидними зв'язками.

Омилюванні ліпіди – гідролізуються лугами з утворенням солей жирних кислот, тобто мила та гліцерину.

Осмотичний тиск – термодинамічний параметр, який характеризує прагнення розчину до пониження концентрації під час взаємодії з чистим розчинником внаслідок зустрічної дифузії молекул розчиненої речовини та розчинника.

Пептизація – самочинний розпад агрегатів (пластівців, згустків), утворених накопиченням колоїдних частинок, які злиплися, на агрегати менших розмірів або окремі первинні частини.

Переестерифікація – зміна гліцеридного складу жирів та масел шляхом перерозподілу залишків жирних кислот всередині та між молекулами гліцеридів.

Пил – грубодисперсний аерозоль, розмір частинок складає 100 нм.

Піна – грубодисперсна система, в якій дисперсна фаза представляє собою бульбашки газу, а дисперсійне середовище – рідина у вигляді тонких плівок.

Поверхнева активність – здатність речовини знижувати поверхневий натяг на межі поділу фаз.

Поверхневий натяг – термодинамічна характеристика поверхні поділу

двох фаз, які знаходяться в стані рівноваги.

Поверхнево-активні речовини – речовини, адсорбція яких із рідини на поверхні поділу фаз з іншою фазою (твердою, рідкою або газоподібною) призводить до значного зниження поверхневого натягу.

Подільність системи – її здатність поділятися на підсистеми і на окремі елементи.

Полісахариди – полімерні вуглеводи, молекули яких побудовані з моносахаридних залишків, з'єднаних глікозидними зв'язками.

Потужність лінії – кількість готової продукції, яка виробляється за певний проміжок часу.

Проламіни – білки, розчинні в 50...90 %-му етанолі та нерозчинні у воді і абсолютному спирті.

Рафінування – видалення з олії вільних жирних кислот (нейтралізують розчином NaOH), фосфоліпідів (водною обробкою за температури 50...100°C).

Ретроградація крохмалю – це перехід крохмалю із аморфного стану в кристалічний за рахунок того, що окремі ділянки розгалужень молекул амілопектину й амілози зв'язуються водневими зв'язками по гідроксильним групам глюкозидних залишків. При цьому структура крохмалю ущільнюється, об'єм крохмальних зерен зменшується.

Розчинення – гетерогенна фізико-хімічна взаємодія твердого тіла та рідини, яка супроводжується переходом твердої фази в розчин.

Розчини ВМС – це молекулярно-дисперсні системи, утворені дифільними макромолекулами зі значною кількістю в них полярних груп. Однофазні гомогенні системи.

Седиментація – осадження частинок дисперсної фази в рідкому або газоподібному дисперсійному середовищі в гравітаційному полі або полі центробіжних сил.

Система – сукупність взаємопов'язаних між собою частин (елементів), взаємопов'язаних між собою внутрішньо системними зв'язками, об'єднаних спільною функцією.

Склеропротеїни – це білки, поліпептиди яких, утворюють ниткоподібні або спіральні структури. В основному погано розчинні у воді.

Собівартість продукції – сумарні витрати на виробництво одиниці продукції.

Солюбілізація – самочинне розчинення у водних розчинах ПАР тих речовин, які у чистій воді не розчиняються.

Сольватація – зв'язування молекул розчинника молекулами або йонами розчиненої речовини або набухлого твердого тіла. У випадку зв'язування молекул води сольватація має назву **гідратація**.

Стабілізація – утворення стійкості системи за допомогою

стабілізаторів.

Стан системи – сукупність властивостей системи в певний момент часу.

Стероїди – речовини тваринного або рідше рослинного походження, мають високу біологічну активність. Циклічні сполуки з вираженими гідрофобними властивостями, що мають відмінні, порівняно з іншими ліпідами, хімічні та фізичні властивості. Представлені холестерином, гормональними стероїдами, вітаміном Д. В основі їх будови лежить циклопентанпергідрофенантрен.

Структура білка первинна – послідовність амінокислотних залишків в поліпептидному ланцюгу. Основним типом хімічного зв'язку є пептидний зв'язок.

Структура білка вторинна – упорядковане просторове розміщення окремих ділянок поліпептидного ланцюга. Основний хімічний зв'язок – водневий.

Структура білка третинна – розміщення поліпептидного ланцюга білка у просторі.

Структура білка четвертинна – характерна для тих макромолекул білків, до складу яких входять декілька поліпептидних ланцюгів, не зв'язаних між собою ковалентно.

Структура системи – внутрішня її організація, тобто специфічний зв'язок елементів.

Суспензія – дисперсні системи, в яких тверді частини дисперсної фази знаходяться в зваженому стані в рідкому дисперсному середовищі.

Сферопротеїни – це білки, поліпептиди яких, утворюють клубки. У більшості вони добре розчинні у воді.

Термодеструкція – руйнування молекул речовини на більш прості частинки під час нагрівання їх до визначеної температури (призводить до накопичення низькомолекулярних фракцій).

Термополімерізація жирів – спричиняється як внутрішньо молекулярною взаємодією молекул жирних кислот (внутрішньо молекулярною зшивкою), так і взаємодією між окремими молекулами жиру, а також внутрішніми та надмолекулярними взаємодіями.

Технологічна лінія – сукупність технологічних машин, апаратів або агрегатів, призначених для виконання певного технологічного процесу.

Технологічна машина – технічний пристрій, призначений для виконання певної технологічної операції, пов'язаної з механічним впливом на предмет, результатом якого є зміна предметом розмірних характеристик.

Технологічна операція – дія або технологічний вплив на предмет, які протікають у певному місті за певний час, метою яких є досягнення певних властивостей та кондицій предметом.

Технологічна система – об'єкт, який функціонує самостійно, але

пов'язаний з зовнішнім середовищем, складається з певної кількості елементів, що пов'язані між собою технологічними потоками і функціонують як єдине ціле із спільною метою – забезпечити випуск продукції з заданими властивостями.

Технологічна стадія – сукупність дій (операцій) та технологічних впливів, які забезпечують досягнення предметом певних технологічних кондицій (ступеня готовності).

Технологічний агрегат – сукупність машин для виконання однієї або кількох технологічних операцій.

Технологічний апарат – технічний пристрій, призначений для виконання певної технологічної операції, в якому виконуються масопереноси та енергопереноси.

Технологічний параметр – закріплена в межах технологічного процесу певна кількісна величина, обґрунтована з точки зору якості кінцевого продукту.

Технологічний процес – сукупність всіх стадій та технологічних операцій, пов'язаних між собою за певною логічною схемою, які в сумі забезпечують технологічне перетворення предмету з отриманням кінцевого за технологічною схемою продукту з заданими властивостями та якістю.

Технологічний режим – сукупність чисельних значень основних параметрів робочої зони, в якій виконується технологічна операція.

Технологічні властивості сировини – загальні властивості сировини харчових продуктів, продиктовані властивостями їх складових частин, що реалізуються в технологічному процесі.

Технологічні стадії – підсистеми з внутрішніми зв'язками та ієрархією.

Тригліцериди – основні складові частини жирів та олії, які споживаються в харчуванні.

Туман – грубо дисперсна система, в якій дисперсна фаза представлена у вигляді крапельок рідини.

Флотація – процес розділення мілких твердих частинок, заснований на відміні їх в змочуванні водою.

Фосфоліпіди – різноманітна, велика група складних ліпідів, структурним компонентом яких є фосфорна кислота.

Харчовий продукт – продукт в натуральному або переробленому вигляді, який споживає людина в їжу.

Цілісність системи – здатність елементів системи за рахунок певної структури та зв'язків вступати у взаємодію і за рахунок цього утворювати нові якості, які не властиві елементам за межами системи.

Цінність біологічна – спосіб оцінки за вмістом та збалансованістю у продукті незамінних (есенціальних) факторів харчування (амінокислот, поліненасичених жирних кислот).

Цінність енергетична – оцінка їжі за можливістю принесення в організм енергії.

Цінність фізіологічна – оцінка їжі за її можливістю впливу на важливі системи організму, у тому числі забезпечення резистентності впливу на організм зовнішнього середовища.

Цінність харчова – найбільш узагальнене поняття, за допомогою якого характеризують всю повноту корисності їжі за загальним вмістом та співвідношенням основних поживних компонентів, а саме білків, жирів, вуглеводів, мінеральних речовин, вітамінів.

Число йодне – показник вмісту ненасичених жирних кислот в жири, який виражається кількістю йоду в грамах, який приєднується до 100 грамів досліджуваної речовини.

Число кислотне – кількість КОН (в мг), необхідна для нейтралізації 1 г жиру. Характеризує вміст у речовині вільних кислот. Дорівнює різниці між числом омилення та ефірним числом.

Число омилення – кількість КОН (в мг), необхідна для взаємодії з вільними кислотами та складними ефірами, які містяться в 1 г жиру.

Число перекисне – гігієнічний показник якості харчового жиру, який представляє собою кількість 0,01 н. розчину тіосульфату натрію, який пішов на взаємодію з перекисами в 1 г жиру.

Число тіобарбітурове – умовна величина, яка характеризує вміст в жири діальдегідів і визначається за кольором продуктів взаємодії альдегідних груп олії 2-тіобарбітуровою кислотою, що виражається в міліграмах малондіальдегіду на 1000 г олії.

Якість продукції – ступінь відповідності предметів технології встановленим нормативним вимогам, закріплених нормативною документацією.

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна література

Теоретичні основи харчових технологій : навчальний посібник / П. П. Пивоваров, [та ін.]; за ред. П. П. Пивоварова. – Х. : ХДУХТ, 2010. – 363 с.

Додаткова література

1. Стабников В.Н., Остапчук Н.В. Общая технология пищевых продуктов. – Киев.: Вища шк., 1980 – 303 с.
2. Системы технологий: Учебное пособие / под. ред. проф. П.Д. Дудко. – 2-е изд., перераб. и доп. Х.: ООО Изд-во «Бурун Книга», 2003. – 336 с.
3. Урьев Н.Б., Талейсник М.А. Пищевые дисперсные системы (физико-химические основы интенсификации технологических процессов) М.: Агропромиздат, 1985 – 296 с.
4. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение / К.Р. Ланге; под науч. ред. Л.П. Зайченко. – СПб.: Профессия. 2004. – 240 с.
5. Пена и пенные пленки / Круглячок П.М., Ексерова Д.Р. и др. – М.: Химия, 1990.– 432 с.
6. Шмидт А.А. Производство майонеза / А.А. Шмидт, З.А. Дудина, И.Б. Чекмарева – М. : Пищевая промышленность, 1976. – 136 с.
7. Толстогузов В.Б. Новые формы белковой пищи. – М.: Агропромиздат, 1987. – 303 с.
8. Пищевая химия / Нечаев А.П., Траутенберг С.Е., Кочеткова А.А и др./; Под ред. А.П. Нечаева. – СПб.: ГИОРД, 2001. – 592 с.
9. Горальчук А.Б. та ін. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик: Навч. посібник / Горальчук А.Б., Пивоваров П.П., Гринченко О.О., Погожих М.І., Полевич В.В., Гурський П.В. / ХДУХТ: Харків, 2006. – 63 с.
10. Реометрия пищевого сырья и продуктов: Справочник/Под ред. Мачихина. – М.: Агропромиздат. – 1990. – 271 с.
11. Пивоваров П.П. Теоретична технологія продукції громадського харчування: Навч. посіб. Частина I. Білки в технології продукції громадського харчування./ – Харків: ХДАТОХ, 2000. –116 с.
12. Пивоваров П.П. Гринченко О.О. Теоретична технологія продукції громадського харчування: Навч. посіб. Частина II. Вуглеводи в технологічному процесі виробництва продукції громадського харчування /–Харків: ХДАТОХ, 2001. – 161 с.
13. Крахмал и крахмалопродукты / Н.Г. Гулюк, А.И. Жушман, Т.А. Ладур и др./ М.: Агропромиздат, 1985. –240 с.
14. Пивоваров П.П. Теоретична технологія продукції громадського харчування: Навч. посіб. Частина III. Ліпіди та їх значення у формуванні фізико-хімічних показників сировини та продукції громадського харчування/– Харків: ХДАТОХ, 2002. – 88 с.
15. Пивоваров П.П., Прасол Д.Ю. Теоретична технологія продукції

громадського харчування: Навч. посіб. Частина IV. Вода та її значення у формуванні фізико-хімічних, органолептичних показників сировини та продуктів харчування. – Харків: ХДУХТ, 2003. – 48 с.

16. Вода в полимерах / Под ред. Роуланда. – М.: Мир, 1984. – 315 с.

17. Дуденко Н.В., Павлоцька Л.Ф. Фізіологія харчування: Навч. посібник для технол. та товарознав. фак. торг. вищих навч. закладів. – Харків: НВФ «Студцентр», 1999. – 392 с.

18. Химия пищи. Книга 1: Белки: структура, функции, роль в питании /И.А. Рогов, Л.В. Антипова, Н.И. Дунченко и др. – М.: Колос, 2000. – 384 с.

19. Технология мяса и мясопродуктов / Л.Т., Алехина, А.С. Большаков, В.Г. Боресков и др. Под ред. И.А. Рогова. – М.: Агропромиздат, 1988. – 576 с.

20. Кизиветтер И.В. Биохимия сырья водного происхождения. – М.: Пищ. пром-сть, 1973. – 488 с.

21. Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов. – М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1984. – 343 с.

22. Растительный белок / Пер. с фр. В.Г. Долгополова; под ред. Т.П. Микулович. – М.: Агропромиздат, 1991. – 684 с.

23. Бобровник Л.Д., Лезенко Г.А. Углеводы в пищевой промышленности. – К.: Урожай, 1991. – 112с.

24. Справочник по гидроколлоидам / Г.О. Филлипс, П.А. Вильямс (ред.). Пер. с англ. А.А. Кочетковой и Л.А. Сарафановой. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 536 с.

25. Пищевые продукты с промежуточной влажностью /Под ред. Р. Дэвиса, Г. Берга, К. Паркера. – М.: Пищевая пром-сть, 1980. – 208 с.

26. Ковалевская Л.П., Шуб И.С., Мелькина Г.М. Технология пищевых производств: - Колос: 1999 -752 с.27. Быков В.П. Изменение мяса рыбы при холодильной обработке. – М.: ВО Агропромиздат, 1987. – 152 с.

27. Быков В.П. Изменение мяса рыбы при холодильной обработке. - М.: ВО Агропромиздат, 1987. - 152 с.

28. Лхотский А. Ферменты в пивоварении. – М.: Пищ. пром-сть, 1975. - 317с.

29. Грачева И.М. Технология ферментных препаратов. – М.: Пищ. пром-сть, 1975. –392с.

30. Мальцев П.М. Технология бродильных производств. – М.: Пищ. пром-сть, 1990. – 560 с.

31. Сарафанова Л.А. Пищевые добавки: Энциклопедия. –2-е изд., испр. и доп. – СПб: ГИОРД, 2004. – 808 с.

32. Родина Т.Г. Сенсорный анализ продовольственных товаров: учебник для вузов.- М.: Изд. Центр «Академия» , 2004. - 208 с.

33.Срок годности пищевых продуктов: Расчет и испытание / Под ред.. Р. Стеле. Пер. с англ. В. Широкова под. общ. ред. Ю.Г. Базарновой. – СПб.: Профессия, 2006. – 480 с.

**Пивоваров Павло Петрович
Гринченко Ольга Олексіївна
Пивоваров Євген Павлович
Горальчук Андрій Богданович
Тищенко Ольга Павлівна
Гринченко Наталія Генадіївна
Перцевой Федір Всеволодович
Рябець Ольга Юріївна
Черемська Тетяна Володимирівна
Нагорний Олександр Юрійович
Омельченко Світлана Борисівна
Мельник Оксана Юріївна
Боковець Сергій Петрович**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ З ДИСЦИПЛІНИ
«ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ» ,**

для студентів спеціальності 181 «Харчові технології»
ступеня вищої освіти бакалавр денної та заочної форми навчання
ОПП «Харчові технології»

Суми, РВВ, Сумський національний аграрний університет, вул. Г. Кондратьєва, 160

Підписано до друку: «__» ____.2021 р. Формат 60×84 1/8: Гарнітура Times New Roman

Тираж: __ примірників Замовлення _____ Ум. друк. арк.
