



Міністерство освіти і науки України

ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет переробних і харчових виробництв

Кафедра харчових технологій в ресторанній індустрії

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КОРОТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*для студентів спеціальності 181 «Харчові технології»
ОПП «Харчові технології в ресторанній індустрії»
ступеня вищої освіти бакалавр
денної та заочної форм навчання*

Харків
ДБТУ
2022

Короткий конспект лекцій з дисципліни «Теоретичні основи харчових технологій» для студентів спеціальності 181 «Харчові технології» ОПП «Харчові технології в ресторанній індустрії» ступеня вищої освіти бакалавр денної та заочної форми навчання / укладачі Пивоваров П.П., Омельченко С.Б., Діхтярь А.М. Харків: ДБТУ, 2022. 314 с.

Укладачі Пивоваров П.П., д. т. н., професор
Омельченко С.Б., к.т.н., доцент
Діхтярь А.М., к.т.н., доцент

Рецензент, к. т. н., доц. _____ (Юрченко С.Л.)
(підпис)

«29» серпня 2022 р.

Обговорено і схвалено на засіданні кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії. Протокол від «30» серпня 2022 р. № 1.

Зав. кафедри харчових технологій
в ресторанній індустрії, д-р т. н., проф. _____ О.О. Гринченко
(підпис)

«30» серпня 2022 р.

Схвалено Науково-методичною комісією ФПіХВ.
Протокол від «01» вересня 2022 року, № 1.

Голова науково-методичної
комісії ФПіХВ, к. т. н., доц. _____ О.Б. Дроменко
(підпис)

«01» вересня 2022 року

© Пивоваров П.П., Омельченко С.Б.,
Діхтярь А.М., укладачі, 2022
© Державний біотехнологічний
університет, 2022

ЗМІСТ

ВСТУП	5
МОДУЛЬ 1 ХАРЧОВІ ПРОДУКТИ ЯК ДЖЕРЕЛО ПОЖИВНИХ РЕЧОВИН	6
Лекція 1.1 Вступ. Систематизація складових частин їжі та харчових продуктів	6
Лекція 1.2 Харчові продукти як джерело білкових речовин	16
Лекція 1.3 Харчові продукти як джерело вуглеводів	73
Лекція 1.4 Харчові продукти як джерело жирів	133
Лекція 1.5 Вода та її значення в технологічних процесах	166
Лекція 1.6 Вітаміни та мінеральні речовини в технологічному процесі виробництва продуктів харчування	184
МОДУЛЬ 2 КОЛІР, СМАК, ЗАПАХ ТА ТЕКСТУРА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	203
Лекція 2.1 Колір харчових продуктів	203
Лекція 2.2 Смак та запах харчових продуктів	206
Лекція 2.3 Характеристика речовин, що надають кольору, смаку та запаху харчовим продуктам	211
Лекція 2.4 Використання барвників, ароматизаторів та смакових добавок у харчовій промисловості	217
Лекція 2.5 Сенсорне та аналітичне визначення кольору, смаку та запаху харчових продуктів	220
МОДУЛЬ 3 ХАРЧОВІ ДИСПЕРСНІ СИСТЕМИ	224
Лекція 3.1 Класифікація дисперсних систем харчових продуктів	228
МОДУЛЬ 4 СПОСОБИ ОБРОБКИ СИРОВИНИ	253
Лекція 4.1 Теплофізичні характеристики харчових продуктів	258
МОДУЛЬ 5 БІОХІМІЧНІ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ	271
Лекція 5.1 Роль ферментів у технології харчових продуктів. Закономірності біохімічних та мікробіологічних процесів	271
Лекція 5.2 Роль амілолітичних, протеолітичних, ліполітичних ферментів під час виробництва харчових продуктів	276
Лекція 5.3 Роль оксидоредуктаз під час виробництва харчових продуктів	280
Лекція 5.4 Використання бродильних мікроорганізмів в харчових виробництвах	282
Лекція 5.5 Використання молочнокислих мікроорганізмів в харчових виробництвах	286
МОДУЛЬ 6 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАПОБІГАННЯ ПСУВАННЮ СИРОВИНИ ТА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ	288
Лекція 6.1 Сировина як об'єкт зберігання	288
Лекція 6.2 Втрати маси та втрати якості сировини під час зберігання	290
Лекція 6.3 Закономірності перебігу фізико-хімічних процесів під час	291

зберігання	
Лекція 6.4 Закономірності перебігу біохімічних процесів під час зберігання	292
Лекція 6.5 Закономірності перебігу біологічних процесів під час зберігання	293
Лекція 6.6 Внутрішні та зовнішні фактори, що впливають на збереження сировини	295
Лекція 6.7 Реалізація методів біозу, анабіозу, абіозу для зберігання сировини та харчових продуктів	298
ГЛОСАРІЙ	305
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	313

ВСТУП

Конспект лекцій складено у відповідності з робочою програмою, що передбачає набуття здобувачами освіти 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 здобувачами освіти під час вивчення фундаментальних та загально-інженерних дисциплін. Особливе значення для розуміння питання, що піднімаються у курсі, мають знання, придбані здобувачами освіти під час вивчення таких дисциплін як «Харчова хімія», «Біохімія», «Технічна мікробіологія», «Процеси і апарати харчових виробництв», «Фізика».

У конспекті лекцій наведено узагальнені матеріали, що засновані на аналізі існуючої інформації про властивості харчових продуктів та харчових систем та 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 бакалаврів спеціальності 181 «Харчові технології» ОПП «Харчові технології в ресторанній індустрії» оскільки забезпечує формування у майбутнього фахівця базових знань щодо закономірностей технологічних процесів у закладах ресторанної індустрії.

МОДУЛЬ 1 ХАРЧОВІ ПРОДУКТИ ЯК ДЖЕРЕЛО ПОЖИВНИХ РЕЧОВИН

ЛЕКЦІЯ 1.1 ВСТУП. СИСТЕМАТИЗАЦІЯ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН ЇЖІ ТА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

1. Сучасний стан і перспективи розвитку харчової промисловості України.
2. Об'єкт, предмет та завдання курсу.
3. Мета вивчення дисципліни.
4. Найважливіші технологічні поняття та визначення.
5. Комплексний підхід до удосконалення технології.
6. Білки, жири, вуглеводи, вода, вітаміни, мінеральні речовини

Рекомендована література для вивчення теми: [1].

Ключові слова: харчові продукти, технологічна операція, технологічна стадія, технологічний процес, білки, жири, вуглеводи, вода, вітаміни, мінеральні речовини

1. Сучасний стан і перспективи розвитку харчової промисловості України

Україна має всі необхідні умови для ефективного ведення сільського господарства – сприятливий клімат, найбільш багаті чорноземи, однак продовольча проблема в країні не вирішена. Населення нашої країни не забезпечене в повному обсязі продуктами харчування належної якості та в різноманітному асортименті.

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, спрямовані на подолання продовольчої кризи в нашій країні, стабілізацію виробництва продуктів ха-

рчування 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 витрат 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, ярмарків, 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 фізики, харчової хімії, біохімії. Крім фундаментальних дисциплін важливе значення для вивчення теоретичних основ харчових виробництв відіграють спеціальні дисципліни «Процеси та апарати».

ти харчових виробництв», «Товарознавство та експертиза харчових продуктів», «Технічна мікробіологія», «Основи фізіології та гігієни 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.

4. Найважливіші технологічні поняття та визначення

Технологічні терміни та поняття в практичній та науковій діяльності складають понятійний апарат, за допомогою якого функціонування технологічної системи може бути піддане 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 апарата, 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 однократністю.

Технологічна стадія – сукупність дій (операцій) та технологічних впливів, які забезпечують досягнення предметом певних технологічних кондицій (ступеня готовності). У закладах ресторанної індустрії 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 по технологічній схемі 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, варочний 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 виробляється 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.

5. Комплексний підхід до удосконалення технології

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.

Технологу харчових виробництв у своїй діяльності доведеться мати справу з процесом виготовлення їжі, з харчуванням як фізіологічним процесом,

їжею, харчовими продуктами та речовинами, технологічними, рецептурними компонентами, технологічним процесом.

Харчування є необхідною фізіологічною потребою організму. Воно необхідне як фактор забезпечення організму енергією для побудови та безперебійного оновлення клітин і тканин організму; завдяки харчуванню в організмі утворюються ферменти, гормони та інші регулятори метаболізму. Характер харчування зумовлює стан і здоров'я людини. 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.

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

6. Білки, жири, вуглеводи, вода, вітаміни, мінеральні речовини

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

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. Частка харчових речовин, що засвоюються, характеризується коефіцієнтом засвоєння, величина якого визначається у відсотках. 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%. Ці значення використовуються під час розрахунків харчової цінності окремих страв та раціонів у цілому.

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. Відомо, що до важкозасвоюваної їжі належать бобові, гриби, м'ясо, яке багате на сполучну тканину, продукти, що оброблені за жорстких технологічних режимів. Відомо, що речовини порізно засвоюються, як правило, краще, аніж їх суміші.

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. 1).

Для задоволення своїх потреб у їжі людина з довкілля залучає багато різних продуктів. Деякі з них, наприклад воду і хлористий натрій, людина отримує з неорганічного світу. Та, головним чином, їжа містить складні органічні сполуки, які синтезуються рослинами і тваринним світом. Продукти рослинного та тваринного походження багаті на потенціальну енергію, вони містять певні хімічні структури, які необхідні організмові, а також мінеральні речовини та во-

ду. Рослинні та тваринні продукти складають, у вузькому розумінні, їжу – бо воду, через її значне поширення, інколи в поняття їжі не включають. Та вона, у суто науковому плані, повинна враховуватись як одна з важливих складових частин цього поняття.

Головну частину харчових продуктів та їжі складають **поживні речовини**: білки, жири, вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни та вода. Поживними їх називають завдяки провідній ролі в харчуванні, хоча структурний склад харчових продуктів набагато різноманітніший і доповнюється іншою групою харчових речовин – **смаковими речовинами** (ароматичними речовинами, барвниками та харчовими волокнами).

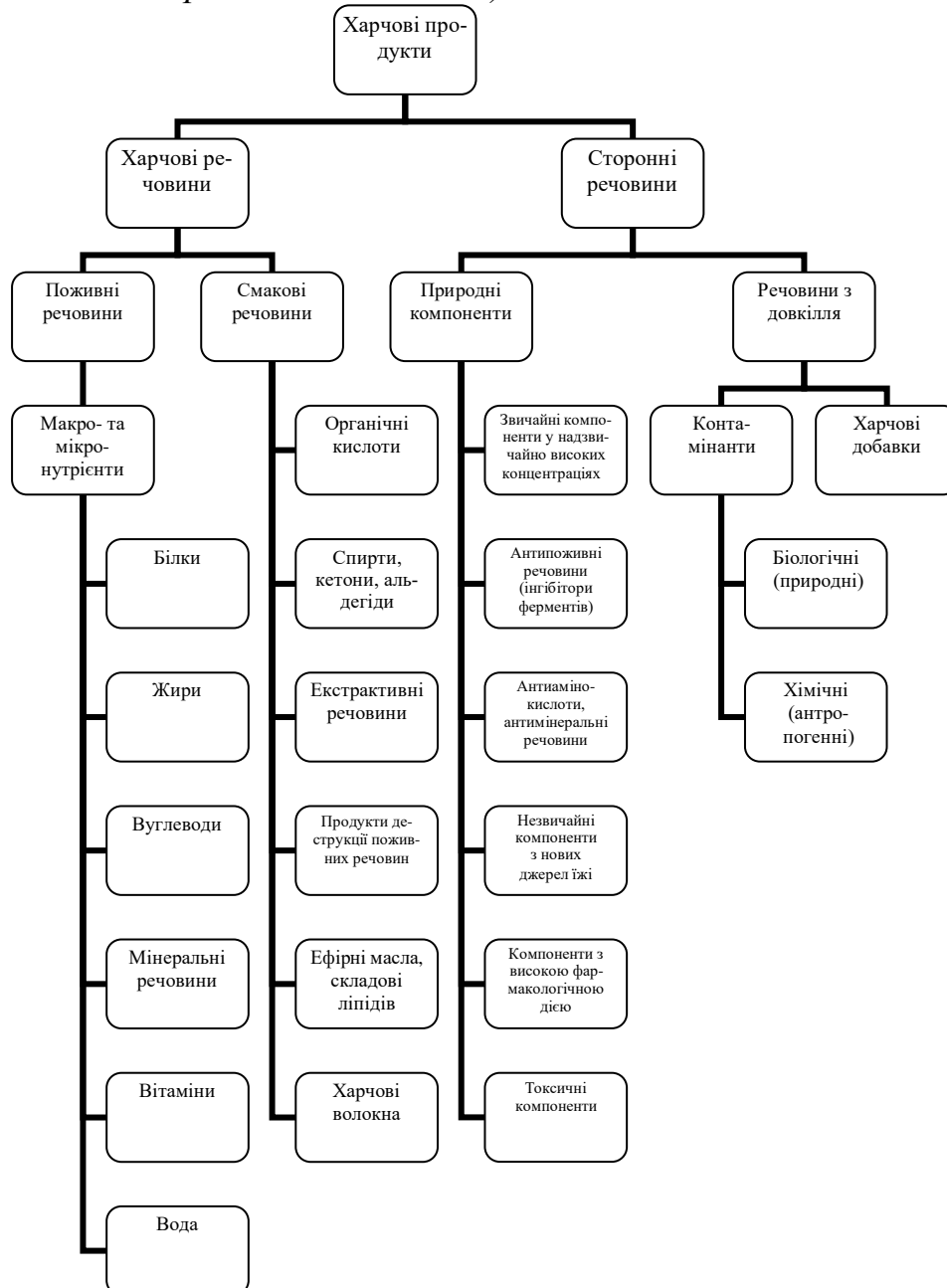


Рисунок 1 – Склад харчових продуктів

Виникають запитання щодо необхідності останніх у харчуванні. Та їх корисність не підлягає сумніву, оскільки основні поживні речовини характеризуються нейтральністю запаху, кольору, смаку. Значення органолептичних показ-

ників їжі, які, в основному, забезпечуються речовинами другої групи, дуже важливе, оскільки перевага надається завжди продуктам з приємним кольором, смаком та запахом. Відомо також про фізіологічну роль цих речовин, які різною мірою впливають на рефлекторну фазу виділення шлункового соку.

Основна роль названих 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**. Розподіл поживних речовин на обов'язкові у споживанні та необов'язкові відкриває перед фахівцями харчових виробництв широкі можливості у вирішенні багатьох наукових та практичних завдань. Узагалі такий підхід дозволяє розробити харчові продукти з дуже високою харчовою цінністю, що характеризуються високим коефіцієнтом засвоєння.

До другої групи речовин слід також віднести харчові волокна. Незважаючи на те, що вони організмом не засвоюються, їх фізіологічна роль дуже значна, бо вони зумовлюють моторну функцію шлунково-кишкового тракту. З іншого боку, вони дуже сильно впливають на органолептичні показники їжі.

Крім перелічених вище речовин, до складу їжі та харчових продуктів входять також **сторонні речовини**. У продуктах вони або утворюються під впливом технологічного процесу, неоптимального збереження продуктів, або ж з'являються завдяки впливу багатьох чинників – забруднення, смітних домішок, дії доквілля. Вони можуть також міститися в харчових продуктах як їх складова.

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. Проблема використання харчових добавок на сучасному етапі технологій є дуже важливою і підлягає розгляду щодо кожної конкретної технології.

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

Присутність сторонніх речовин їжі може суттєво впливати як на реалізацію технологічного процесу, так і на здоров'я споживачів. Окремо слід підкреслити, що навіть деякі харчові речовини можуть за певних умов негативно

впливати на стан здоров'я. Так, технологам харчових виробництв та ресторанного господарства доводиться мати справу зі споживачами їжі, які через відхилення від нормального стану здоров'я нездатні синтезувати деякі ферменти, наприклад β -галактозидазу, наслідком чого є незасвоєння молока за рахунок незасвоєння лактози як складової його частини.

Результатом відхилення від обґрунтованих норм споживання, а точніше, збільшення обсягів споживання деяких речовин у раціоні є негативний вплив звичайних компонентів їжі, які споживаються у надзвичайно високих концентраціях. Так, значне споживання простих вуглеводів, і насамперед найбільш поширеного – сахарози, призводить до виникнення цукрового діабету, ожиріння, захворювання серцево-судинної системи. Дисбаланс у споживанні жирів за рахунок збільшення норми жирів тваринного походження, збіднених за вмістом ненасичених жирних кислот, призводить до ожиріння та атеросклерозу. До цього також призводить неконтрольоване споживання продуктів, багатих на холестерин.

Деякі компоненти їжі при споживанні їх у значних кількостях можуть бути токсичними, незважаючи на те, що в помірних кількостях вони сприятливо впливають на організм. До них слід віднести спирт (алкоголь), кофеїн, теобромін кави та чаю, теofilin. Такою ж дією характеризуються продукти, які містять біологічно активні компоненти, наприклад біогенні аміни (тирамін, серотонін, норадреналін), які містяться в продуктах як тваринного (сири, субпродукти, риба), так і рослинного (помідори, банани, апельсини) походження.

Іншу значну групу природних харчових компонентів складають такі антипоживні (нехарчові) речовини, які самі по собі нешкідливі, але специфічним чином знижують засвоєння окремих харчових речовин. Так, із деяких злакових (рис, пшениця, соя, квасоля), а також з білка яєць птиці виділено інгібітори протеїназ. Інгібітори здатні утворювати стійкі комплекси з основними протеолітичними ферментами – трипсином, хімотрипсином, α -амілазою, що призводить до зниження активності останніх, наслідком чого є погіршення засвоєння поживних речовин.

Присутні в деяких продуктах антивітаміни здатні блокувати біологічну дію вітамінів. Так, фермент рослинної їжі аскорбатоксидаза руйнує аскорбінову кислоту (вітамін С), що дуже характерне для підготовчих операцій технологічного процесу, наприклад нарізання. Тіаміназа здатна знижувати ефект присутності вітаміну В₁.

Значна група антипоживних речовин здатна демінералізувати раціони, знижуючи засвоєння кальцію, заліза, цинку та інших мінеральних елементів, утворюючи з ними важкорозчинні компоненти. До них належать щавлева кислота та фітин (інозитолгексафосфорна кислота), які з мінеральними речовинами утворюють незасвоєвані фітати, оксалати.

Для деяких харчових продуктів, поряд з їх високою цінністю, характерна присутність токсичних компонентів, наприклад ціаногенних глікозидів мигдалю, ядер кісточок вишень, персиків. Соланін зеленої бульби картоплі характеризується явно вираженою токсичною дією. Продукти копчення, перегріті жи-

ри, які накопичують поліциклічні ароматичні вуглеводи, нітросполуки, характеризуються канцерогенним ефектом.

Слід підкреслити, що негативна дія цих речовин виявляється лише на тлі значних порушень метаболізму, а також за значних кількісних та якісних відхилень у концентраціях, що встановлені нормами раціонального харчування.

З харчовими продуктами, а також завдяки їх контакту з тарою, упаковкою до складу добових раціонів потрапляють забруднення (**контамінанти**). Значна частка контамінантів харчових продуктів припадає на токсичні метали свинець, кадмій, ртуть, радіонукліди стронцію і цезію, та миш'як; пестициди та їх різновидності; нітроти та нітрати, N-нітросполуки, фтористі сполуки; гормони та антибіотики; різні сполуки, які входять до складу упаковок і забруднюють харчові продукти. Окремо на якість продуктів впливають деякі природні контамінанти біологічного походження: бактерії та їх токсини – мікотоксини, гельмінти, віруси.

Сучасні поняття про роль окремих складових частин їжі дозволяють класифікувати останні за їх значенням для покриття енергетичних та пластичних потреб, а також як постачальника каталізаторів для проходження метаболічних процесів. Поділу всіх поживних речовин на енергопостачальники та постачальники пластичних матеріалів на сучасному рівні недостатньо, оскільки з ряду обов'язкових виключається вітаміни. 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. 1. Слід розуміти, що ця класифікація речовин не є безумовною, оскільки багато речовин у життєвому метаболізмі виконують поліфункціональні ролі.

Якщо провести детальний аналіз поживних речовин за ступенем їх дії та необхідності, то можна визначити з-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 – ліолева, 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. Така класифікація дозволяє зробити значний крок уперед під час розробки раціональних дієт.

Таблиця 1 – Роль поживних речовин у організмі

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

Грунтуючись на основах, які перелічено вище, можливе розв'язання багатьох проблем раціонального, профілактичного, лікувального та спеціального харчування.

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. Ці значення корегуються залежно від віку, статі, характеру праці, клімату, стану здоров'я. Водночас важливі режим харчування та умови споживання їжі.

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 споживачеві;
- гарантувати санітарно-епідеміологічну безпечність їжі.

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.*
7. *Об'єкт харчової технології;*
8. *Предмет харчової технології;*

9. Основні етапи розвитку харчової технології;
10. Що таке технологія?
11. Задачі технології;
12. Технологія як наука і її вплив на розвиток харчопереробного комплексу;
13. Завдання технології як дисципліни;
14. Основні поняття та визначення;
15. Характеристика та завдання сучасного етапу розвитку харчової технології.
16. Класифікація харчових продуктів
17. Характеристика основних харчових речовин.
18. Роль поживних речовин в харчових продуктах.
19. Класифікація сторонніх речовин харчових продуктів.
20. Роль поживних речовин у організмі.
21. Основні поняття теорії збалансованого харчування.

ЛЕКЦІЯ 1.2 ХАРЧОВІ ПРОДУКТИ ЯК ДЖЕРЕЛО БІЛКОВИХ РЕЧОВИН

1. Загальна характеристика, структура білка як основа його функціональних властивостей.
2. Класифікація білків та їх характеристика.
3. Модифікація білків.
4. Функціональні властивості білків.
5. Білки яєць сільськогосподарської птиці.
6. Білки м'яса риби та інших гідробіонтів.
7. Білки м'яса тварин.
8. Білки субпродуктів.
9. Білки молока
10. Білки рослинного походження.

Рекомендована література для вивчення теми: [1, 2, 4]

Ключові слова: білки, пептиди, структура білка, амінокислоти, збалансованість білків, розчинність, гідратація, коагуляція, денатурація, деструкція, ововітелін, оволіветин, овоальбумін, овомукоїд, овомуцин, сполучна тканина, м'язова тканина, міофібрилярні білки, саркоплазматичні білки, казеїн, сироваткові білки, проламіни, глютеліни

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

Проблема забезпечення харчових потреб населення нашої держави та світу набуває все більшої актуальності. Тому одним з основних завдань вчених

та фахівців є завдання не лише збільшення кількості продуктових білків, але і їх раціонального використання. Це повною мірою стосується галузі ресторанного господарства.

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. З цього виходить, що білки можуть відрізнятися довжиною поліпептидного ланцюга, числом кожної з 20 амінокислот, присутніх у полімерному ланцюгу, та порядком їх чергування. Із 20 амінокислот, що містять N амінокислотних залишків, можна побудувати 20^N різних пептидів. Тому навіть для порівняно короткого поліпептиду, який складається зі 100 амінокислотних залишків, це число дорівнюватиме 20^{100} . Тому число ймовірних амінокислотних послідовностей практично невичерпне.

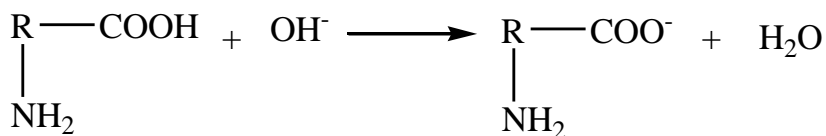
Білки, які у своєму складі містять усі незамінні амінокислоти, називають **повноцінними**, позбавлені однієї або декількох із них – **неповноцінними**.

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

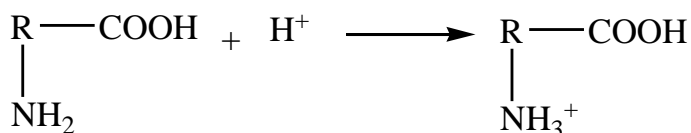
Співвідношення амінокислот збалансованих повноцінних білків знаходиться в таких межах: лізин : триптофан : фенілаланін : лейцин : ізолейцин : метіонін : валін : треонін : гістидин – відповідно, 1 : 3,2...4,6 : 2...4 : 4...7 : 2,9...4 : 2,2...3,5 : 3,2...4,2 : 2...2,7 : 1,5.

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

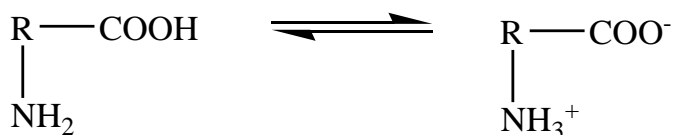
Під впливом лугів білки поведуться як аніони:



Під впливом кислот білки поведуться як катіони:



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



Для амінокислот характерні реакції заміщення.

Усі білки мають певну просторову структуру, яка дуже складна, але побудована на основі визначених закономірностей.

Основними рівнями білкової структури є **первинна, вторинна, третинна та четвертинна структури** (рис. 2). Розподіл на структури прийнято за *систематизацією типів зв'язків*, які відповідають за той чи інший рівень організації структури білка.

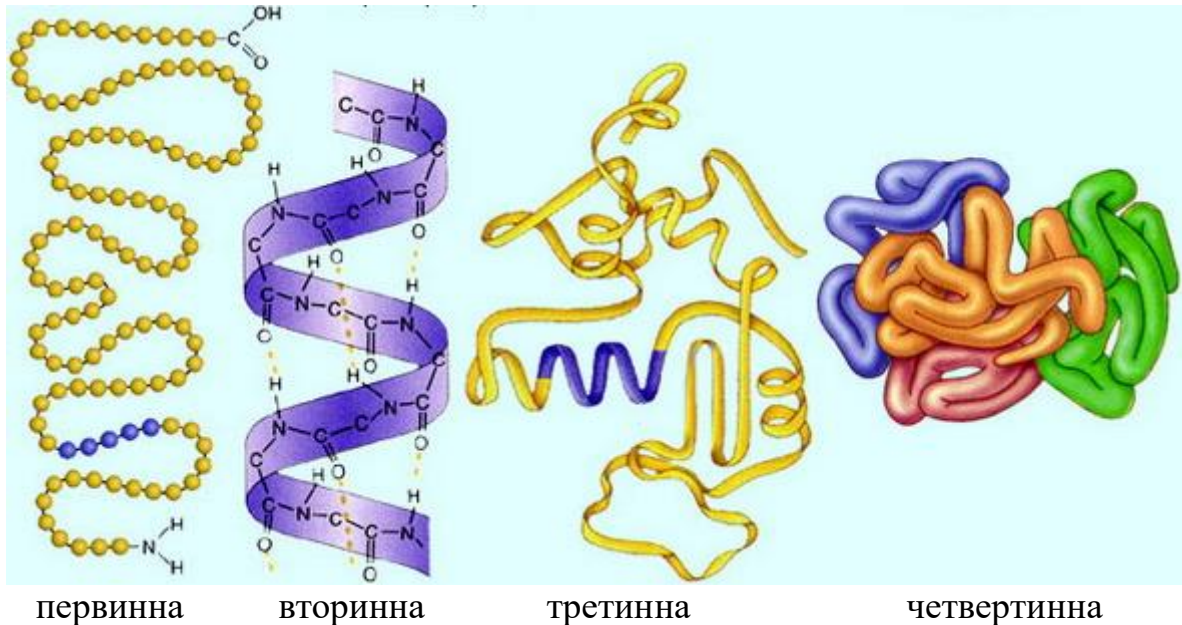


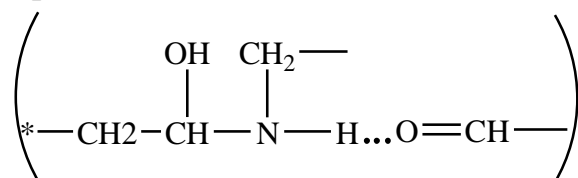
Рисунок 2 – Види структур білка

Первинна структура білка – це унікальна послідовність амінокислотних залишків у поліпептидному ланцюгу. У молекулах білків послідовність розміщення амінокислот суворо визначена, характерна лише для даного білка і визначає його природну структуру. Навіть для такого простого пептиду, як трипептид, можливо отримати 6 ізомерів. Якщо врахувати, що до складу природних білків входять десятки або сотні амінокислотних залишків, а вони представлені 20 амінокислотами, то кількість ізомерів може бути незчисленна.

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:

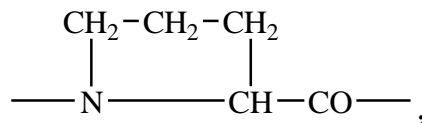


Завдяки великій кількості водневих зв'язків поліпептидні ланцюги білкових молекул закручуються у спіраль, що енергетично вигідніше за ланцюг. Спіраль є одним з різновидів вторинної структури білків. У білках харчових продуктів у основному зустрічається α -спіраль, яка характеризується певним кроком, числом амінокислотних залишків у кожному її витку. 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.

З цього зрозуміло, що наявність тих або інших амінокислот, суттєво впливає на виникнення спіралі, що і визначає індивідуальність кожного білка.

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.

Колаген – дуже поширений білок, на його частку припадає 1/3 частина тваринних білків. У структурі його білкової молекули 1/3 припадає на залишок амінокислоти гліцину, 1/4 – проліну та оксипроліну. Високий вміст проліну та оксипроліну, як було наголошено вище, не дає виникати α -спіралі. На відміну звичайного пептидного зв'язку ($-\text{CONH}-$), пролін та оксипролін формують цей зв'язок за допомогою радикалів

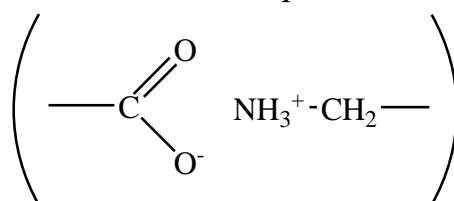


утворюючи в цьому місці згин. Тому в колагені на рівні вторинної структури виникає не спіраль, а зламана спіраль.

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. Поліпептидні ланцюги в молекулі білка в певному порядку групуються та фіксуються у просторі за допомогою взаємодії білкових груп амінокислотних залишків цього ланцюга або інших, якщо їх декілька. Для кожного білка третинна структура є його унікальною характеристикою, і є неповторним, характерним тільки для цього білка.

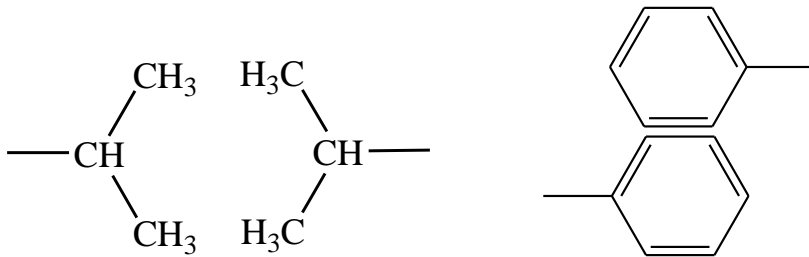
В основі утворення **третинної структури** лежать *ковалентні зв'язки* між окремими ділянками спіралі білкової молекули, а також *полярні та неполярні групи* амінокислот та *іонні зв'язки*, що виникають між позитивно і негативно зарядженими іонними групами одного або різних поліпептидних ланцюгів:



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:



Ці взаємодії виникають як утворення миттєвих диполів за суттєвого зближення груп. Ділянки молекули, де пройшла гідрофобна взаємодія, вигинаються всередину молекули. Разом з дисульфідними містками вони утримують молекули глобулярних білків у компактному стані. При цьому всі полярні групи (-CH₂-COOH, -CH₂-OH) залишків амінокислот містяться на поверхні глобули, що робить глобулярні білки добре розчинними у воді. Зазначена взаємодія з виникненням хімічних зв'язків і визначає структуру білкової молекули, яка лежить у основі її технологічних властивостей.

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

Четвертинна структура притаманна багатьом білкам. Вважають, що вона характерна для надмолекулярних об'єднань, наприклад, білки м'язів актин і міозин здатні через четвертинну структуру утворювати актоміозиновий комплекс. Вона також об'єднує декілька субодиниць молекули. Так, наприклад, білок м'язів **G**-актин (112000 Да) складається з двох одиниць **F**-актину (56000 Да), білок гемоглобін має 4 поліпептидні ланцюги, які з'єднано з молекулами гему з утворенням хромопротеїду.

Кожна з перелічених структур визначає властивості білкової молекули в цілому. Сумарні властивості незмінного білка отримали назву **нативні властивості**, а їх носій, тобто незмінний білок, – **нативний білок**. З іншого боку, кожна з перелічених структур дуже чутлива до дії зовнішніх факторів, у тому числі технологічних, може змінюватися під їх впливом, наслідком чого є загальна зміна структури білка та його властивостей.

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.

Фізико-хімічні властивості проявляються у зв'язку з тим, що білок є хімічною речовиною з наявністю в його складі характерних хімічних груп, а також із певними фізичними характеристиками. Так, за нестачі у складі полімеру дикарбономоноамінових амінокислот хімічна речовина білок може поводитися як кислота. І навпаки, у білка, що має значну кількість діаміномонокарбонових амінокислот, більше проявлятимуться його властивості луга. Тож наявність (-COOH)- або (NH₂)-груп значною мірою впливатиме на значення ізоелектричної точки, або здатність таких хімічних сполук утворювати солі. За наявності нестачі сульфгідрильних (-SH)-груп проявляється здатність білка до окислення з утворенням, наприклад, дисульфідних зв'язків. При цьому можливе комплексоутворення, і декілька білків у протомерній формі можуть утворити олігомер. Завдяки розумінню того, що білок є сполукою з певними загальними (для всіх білків) та індивідуальними (для окремих білків) властивостями, і з'являється можливість їх визначати в харчових сумішах (наприклад, за рахунок біуретової реакції), а також проводити індивідуальні реакції, які в технологічному плані оцінюються як модифікація.

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.

Фізико-хімічні властивості нативного білка – це його об'єктивна характеристика, а функціональні властивості залежать від багатьох умов, тобто можуть корегуватися. Їх можна і необхідно реалізувати в технологічному процесі.

Від функціональних властивостей білка залежить можливість його використання в технології харчових продуктів. Є багато функціональних властивостей, бажаних у білковмісних харчових продуктах. Значення кожної з цих властивостей визначається видом продукту та сферою його використання.

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 виявляються залежно від його природи та характеру взаємодії з іншими компонентами даної харчової системи.

ФВ білка зумовлено:

- на рівні *четвертинної структури* – поверхневими характеристиками (розмір та форма білкової молекули, її сумарний заряд та його знак, поверхнева гідрофобність або гідрофільність). Враховуючи, що цей ефект виявляється на рівні четвертинної, тобто надмолекулярної структури, водночас треба враху-

вати поняття стабільності білка, яке залежить від стану зв'язків між субодинамиціями та можливості його дисоціації;

– 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

Відома значна кількість білків рослинного та тваринного походження, що відрізняються за своїми фізико-хімічними та функціональними властивостями, біологічній ролі. 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 сферопротеїни, або глобулярні білки.

Склеропротеїни – це ниткоподібні або спіральні структури, найбільша їх складова частина припадає на амінокислоти; в основному погано розчинні у воді, розчинах солей. До склеропротеїнів відносяться кератини, колаген, еластин, фіброїн та серицин.

У **сферопротеїнів** поліпептиди утворюють клубки кулеподібної форми (або еліпсоїдної, овальної), менша частина яких припадає на амінокислоти. У більшості вони добре розчинні у воді. До сферопротеїнів відноситься більшість розчинних білків, таких як альбуміни та глобуліни сироватки крові, білки яєць, молока та інші.

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. Широко розповсюджені у рослинних та тваринних тканинах, складають основну частину цитоплазми клітин, крові, м'язів, молока; залежно від походження розрізняють лактоальбуміни (молочні білки), сероальбуміни (білки сироватки крові);

– **глобуліни** – поліфункціональні білки (поширені як в рослинних, так і у тваринних організмах), 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. Дуже часто у своєму складі мають вуглеводну частину, відрізняються від альбумінів більшим вмістом гліцину;

– **глутеліни** – білки рослинного походження, розчинні в розведених лугах та кислотах та нерозчинні в нейтральних розчинниках. Входять до складу злаків (глутеліни пшениці, кукурудзи, оризенин рису), містять у своєму складі до 45% глутамінової кислоти;

– **проламіни** – білки рослинного походження, розчинні в 50...90% етанолі та нерозчинні у воді та абсолютному спирті, містять у своєму складі 30...45% глутамінової кислоти та 15% проліну;

– **гістони** – низькомолекулярні, основні, завдяки великому вмісту лізину та аргініну, білки, розчинні у воді та кислотах. Разом з проламінами входять до складу нуклеопротеїдів.

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.

Слід підкреслити, що в технології продукції ресторанного господарства модифікація ФВ білків не поширена, але з позиції сучасних знань використання модифікації дозволить суттєво впливати не тільки на технологічний процес, але й на рецептуру виробів та їх кінцеву якість.

Виділяють три основних напрямки в регулюванні ФВ харчових білків:

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

Ці процеси не є контрастними і можуть бути успішно використані комплексно.

Класичним прикладом вивчення функціональних властивостей і можливостей модифікації структури білка є вивчення змін білка колагену та отримання желатину. Колаген має структуру гігантського витягнутого гвинта – спіралі з трьох лівозакручених і скручених поміж собою тяжів. Ця структура значною мірою визначає властивості сполучної тканини м'яса – міцність, еластичність,

структуру, індиферентність до води. Нагрівання в початковому режимі руйнує цю унікальну структуру, спіраль розпадається, а окремі тяжі визволяються у формі неупорядкованих у просторі поліпептидних ланцюгів. Ланцюги здатні під час охолодження знову скручуватися в спіралі та спонтанно збиратися в агрегати, утворюючи просторову сітку з виникненням гелю. Змінюються і властивості колагену – він стає розчинним у гарячій воді.

Структура природних фібрилярних білків є еталоном за отримання м'ясоподібних систем із протеїнів рослинного походження. Так само взаємне розміщення молекул желатину в гелях можна розглядати як зразок для інших гелеподібних білкових структур, а також як бажаний технологічний момент, який забезпечує гелеутворення. Тому цікавим в науковому та технологічному плані є розробка методик перетворення білків з іншими структурними характеристиками, наприклад глобулярних, у фібрилярні.

Білки, що здатні до гелеутворення, повинні мати дуже компактну структуру з гнучкими поліпептидними ланцюгами, які можуть взаємодіяти між собою та утворювати сітку у просторі. Ця взаємодія, у свою чергу, визначається характером розміщення полярних і неполярних амінокислотних залишків у поліпептидних ланцюгах. Як правило, вона здійснюється за рахунок сил побічної валентності – водневих зв'язків, електростатичних та гідрофобних взаємодій – і залежить від умов середовища: рН, концентрації солі, температури. Так, структура основного молочного білка казеїну забезпечує сприятливі умови для гелеутворення. Але в звичайних умовах гелеутворення проходить або в сильно-кислому, або в лужному середовищі. Для того, щоб казеїн утворив гель у зоні харчових рН, необхідно провести модифікацію його поліпептидних ланцюгів.

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. Така структура потрібна для утворення тіста та отримання виробів необхідної якості. Механічні властивості тіста визначаються різними параметрами, але передусім – кількістю утворення дисульфідних містків та їх розміщенням. Звідси виникає можливість регулювання хлібопекарних позитивних якостей клейковини шляхом відновного розщеплення або окислювального замикання дисульфідних зв'язків (рис. 3).

Визначення взаємозв'язку між структурою клейковини різних продуктів з пшениці та хлібопекарними позитивними якостями борошна – предмет досліджень багатьох вчених різних країн.

Піддаючи природну клейковину відновленню та регульованому повторному окисленню у присутності агентів, які викликають дисоціацію структури природного білка, наприклад сечовини, вдалось надати клейковині різних реологічних властивостей – отримати легкорозчинні, липкі, нееластичні продукти з білком клейковини, який має середню молекулярну масу, важкорозчинні зчеплені еластичні продукти з властивостями нативної клейковини. Це відкриває принципово нові можливості в розвитку технології клейковини, що важливе не лише для хлібопекарської, а й для інших галузей харчової промисловості.

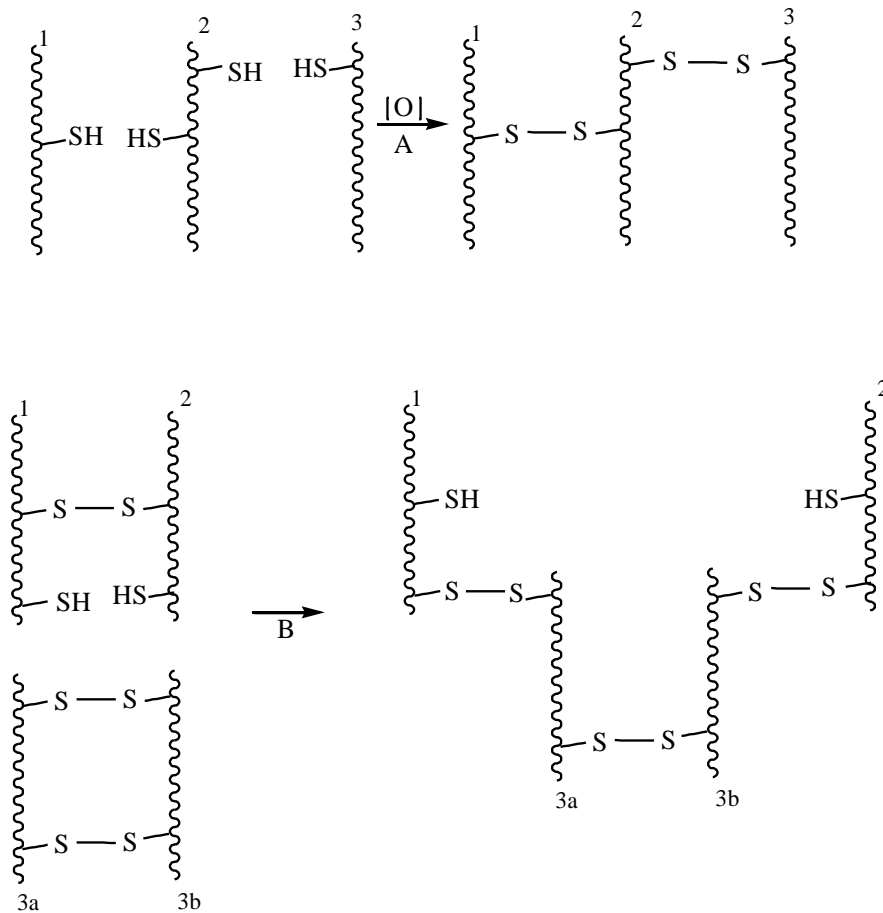


Рисунок 3 – Зв'язування поліпептидних ланцюгів у білках окисленням тіолових груп (А) або шляхом реакції тіол-дисульфідного обміну (Б)

Наведені приклади підтверджують, що структура білка дуже сильно впливає на його характеристики та, зрештою, визначає функціональні та технологічні властивості білковмісних продуктів.

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

Можливості хімічної модифікації пов'язані, насамперед, із регулюванням властивостей харчових продуктів у широкому технологічному спектрі. Це стосується *деструкції пептидних ланцюгів, гідролізу амідних груп аспарагіну та глутаміну, зміни структури білка шляхом створення нових ковалентних та іонних зв'язків.* Хімічна модифікація допомагає регулювати гідрофільно-ліпофільний баланс білкової системи шляхом введення за допомогою реагентів додаткових функціональних груп, змінювати сумарний заряд білка, що в цілому регулює і розширює спектр використання білковмісних продуктів.

Значного поширення ці способи обробки (особливо **лужний гідроліз**) отримали для солубілізації білків риби в процесі отримання рибних білкових

концентратів. Загальним результатом цього є *підвищення розчинності, емульгуювальної та піноутворювальної здатності*.

Інтенсивність процесу гідролізу залежить від багатьох факторів, у тому числі від виду та концентрації лугів та кислот, субстратного співвідношення, температури, часу гідролізу. За багатьох загальних рис цей процес повинен бути оптимізованим відносно до конкретного білка та конкретної сировини.

Результатом повного гідролізу є отримання амінокислот, що й використовується у новітніх технологіях. Ступінь гідролізу може бути проконтрольовано та скореговано. Але, поряд з позитивними наслідками гідролізу, виникають і негативні, до яких слід віднести утворення рацематів амінокислот, пептидів з гірким смаком.

Одним із прикладів хімічної модифікації в результаті дії лужного або кислого середовища є деструкція характерного для бобових та сої 11-S-глобуліну, що в цілому визначає нові функціональні властивості білка – здатність до гелеутворення, більш характерну для гнучких фібрилярних білків, як це притаманне для желатину.

Більшість білків рослинного походження, особливо сої, бобових, соняшнику, на відмінність від желатину, казеїну або пшеничної клейковини, мають глобулярну структуру. Вони є класичним зразком глобулінів із гідрофобним ядром та гідрофільною поверхнею, яку вкрито шаром гідратаційної води. Особливістю глобулінів рослинного насіння є те, що за структурою вони олігомери, тобто на рівні четвертинної структури складаються з декількох субодиниць, які утримуються в глобулі силami бічної валентності. Як глобулярні за структурою, вони не здатні гелеутворювати, а також імітувати м'ясоподібні системи, але їх властивості можна модифікувати.

Відомі два основних типи глобулярних білків із насіння олійних культур – 11-S-глобуліни з молекулярною масою 300 000 Дальтон і 7-S-глобуліни з молекулярною масою 170 000 Дальтон. Компактна структура цих білків надає молекулі кулястої форми. Але за рахунок використання прийомів модифікації їм можна надати волокнистої або гелеподібної структури.

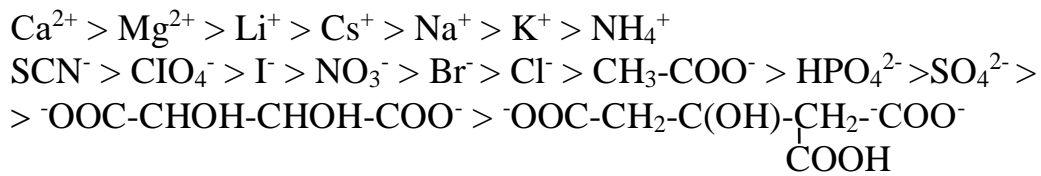
За екстремальних значень рН білки змінюють свою конформацію: збільшення однойменного заряду бокових ланцюгів спричиняє електростатичне відштовхування в поліпептидних ланцюгах та між ними, що, як наслідок, призводить до розпушення білкової структури. Олігомерні білки рослинного насіння ступенево дисоціюють до субодиниць. У глобулінів білків сої роз'єднання гідрофобної структури всередині глобули настає за значень рН 12,8. Для інших білків ця критична величина має інше значення. Якщо дисоційований розгорнутий білок піддати діалізу проти нейтрального буферного розчину високої іонної сили, то стається спонтанне гелеутворення. У цьому випадку гелеутворенню сприяє велика іонна сила, яка спричиняє підвищення гідрофобної взаємодії. Тобто послідовне використання на першому етапі критичного значення рН, а на другому – великої іонної сили значно впливає на структуру білка і викликає гелеутворення.

Цей принцип модифікації властивостей білка знайшов широке впровадження в технології структурованих продуктів способом прядіння.

Подібним чином можлива зміна структури білка шляхом нагрівання. Розпад білка на субодиниці, їх часткове розгортання та агрегація приводить, за оптимальних умов, до утворення білкових гелів. Але стабільність отриманих гелів залежить від утворення дисульфідних містків між поліпептидними ланцюгами.

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» та специфічна сорбція іонів на поверхні білка. При цьому утворюються протеїнати, які характеризуються значно більшою розчинністю, порівняно з нативними або знесоленими білками.

Ліотропні ряди аніонів та катіонів за впливом на розчинність білків наступні:



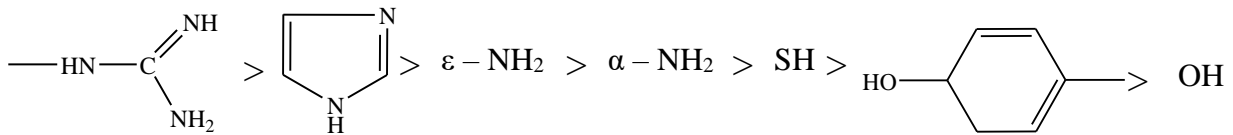
Зміна розчинності білків пов'язана зі специфічною взаємодією іонів, наслідком чого є зміна заряду білка на поверхні молекули та його конформації, які й забезпечують підвищену розчинність та більш високий ступінь гідратації. Підвищенню розчинності білка також сприяє зміна іонної сили розчинів.

Утворення протеїнатів широко використовується під час отримання білків із сої (соєві протеїнати), молока (казеїнат та копреципітат натрію). Цей процес відомий у отриманні іонітного молока, яке використовується в дитячому харчуванні.

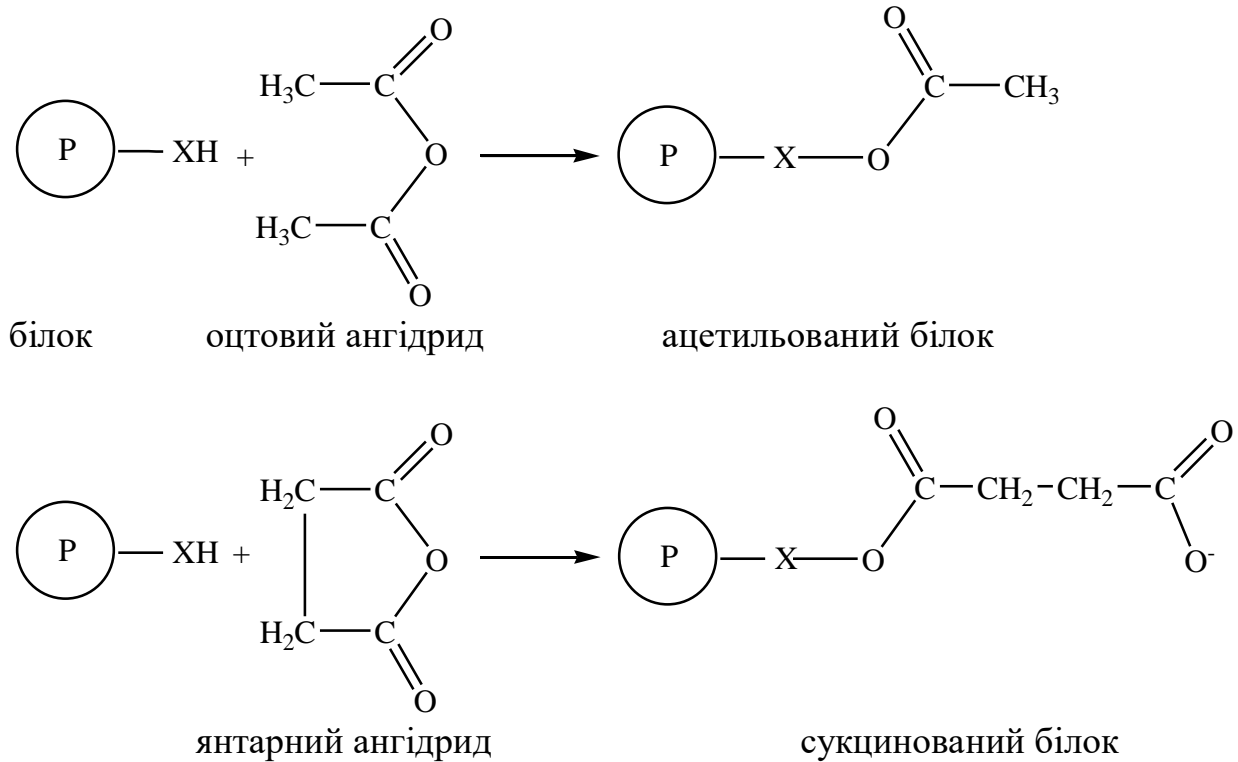
Найбільш широко із солей-модифікаторів використовують хлорид натрію та неорганічні фосфати. Так, регулюючи здатність м'ясних рецептурних композицій до вологоутримання, використовують хлорид натрію, піро- або триполіфосфат натрію, які підвищують розчинність міофібрилярних білків. Концептуально фахівці вважають, що дія фосфат- та хлор-аніонів на розчинність міофібрилярних білків зводиться, в основному, до електростатичних ефектів. Водночас відомо, що поліфосфати відносно білків характеризуються антиденатураційними, антисептичними, антиокислювальними властивостями, а також виступають у ролі кріопротекторів.

З кожним роком використання протеїнатів у харчовій промисловості та ресторанному господарстві розширюється.

Модифікація білків шляхом **ацилювання** оцтовим або **сукцинування** янтарним ангідридами є одним із найпоширеніших прийомів хімічної модифікації білків. Відповідно до константи дисоціації, ліотропний ряд за зменшенням нуклеофільності функціональних груп бокових ланцюгів амінокислотних залишків наступний:



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.

Результатом такої модифікації є зрушення ізоелектричної точки білка до більш кислої зони. За дії янтарного ангідриду цей процес більше виражений. Це дає змогу, навіть за низьких ступенів модифікації, значно покращувати такі технологічні показники, як розчинність, здатність до емульгування та піноутворення.

Вочевидь, що в технологічній практиці ацетильовані та сукциновані білки риби можуть бути використані як вологоутримуюча добавка, а також як емульгатор та піноутворювач. Експериментально доведено, що ними можна замінити яєчний білок, використовувати їх як гелеутворювачі та стабілізатори рецептурних сумішей.

Підсумовуючи, можна сказати, що в результаті ацилювання в різному ступені змінюється сумарний заряд макромолекули, ізоелектрична точка зрушує до кислої зони. Як правило, зменшується спіральність ланцюгів, результатом чого є підвищення гідрофобності. Зростає тенденція до розпаду олігомерів на субодиниці, зменшується здатність до полімеризації, наприклад термічної, підвищується

ся розчинність у нейтральних та лужних ділянках рН, вологоутримуюча здатність, здатність до набухання. Збільшенням гідрофобності пояснюється підвищення піноутворюючої та емульгуючої здатностей.

Значно розширюються можливості використання модифікованих білків. Ацильовані казеїни молока використовуються як емульгатори та стабілізатори емульсій, загущувачі напоїв, соусів, плодкових та овочевих пюре. Риб'ячі білки використовуються як емульгатори, сполучні речовини та речовини, що утворюють гелі під час термообробки.

Ферментативна модифікація білків включає:

- ферментативний гідроліз;
- пластеїнова реакція.

Ферментативна модифікація білків дозволяє цілеспрямовано змінювати структуру білка в різних напрямках. Завдяки частковому ферментативному гідролізу білка можна досягти підвищення розчинності, емульгуючої здатності, стимулювати здатність білка до піноутворення, стабілізації пін та емульсій. Завдяки специфічності ферментів, перетворення такого роду, переважно, зачіпає тільки певні ділянки або групи білкової молекули. Досить важливо, що більшість ферментативних процесів проходить у водному середовищі та, як правило, за фізіологічних умов. Однак не всі ферментативні реакції білків мають значення для харчової технології.

Найбільш ефективний метод підвищення розчинності білка – **ферментативний гідроліз**. Але визначено, що 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.

Незважаючи на складність управління ферментативними процесами, вони мають певну перспективу, бо не призводять до втрат харчової цінності, не погіршують засвоєння білків.

Особливий ефект досягається за поєднання ферментативного процесу та хімічної модифікації, наприклад сукцинування.

Ферменти-гідролізатори риб'ячого білка, які характеризуються високою піноутворюючою здатністю, у результаті сукцинування втрачають характерний рибний смак, що дозволяє їх використовувати у виробництві кондитерської продукції, морозива. Висока розчинність цих білків дозволяє їх застосовувати при виготовленні напоїв.

Значні перспективи дає наново відкрита **пластеїнова реакція** – зворотний процес ферментативного розщеплення, коли під дією протеолітичних ферментів наново утворюються пептидні зв'язки. За допомогою цієї реакції можливо відтворити із часткових гідролізатів білків поліпептидні ланцюги з молекулярною масою близько 3000 Дальтон. Японським вченим вдалось застосувати цю реакцію для підвищення біологічної цінності та функціональних властивостей білків.

Завдяки тому, що окремі амінокислоти, у тому числі й незамінні, здатні реагувати у формі ефірів, їх можна цілеспрямовано вбудовувати в білки. Що більшою є гідрофобність, то швидше амінокислота включається до складу білка або

пептиду. За швидкістю вбудови амінокислоти розміщені в такому порядку: аланін < тирозин < метіонін < лейцин < фенілаланін < триптофан.

Швидкість реакції можна підвищити, подовжуючи алкільний ланцюг ефірної групи. Це дуже важливе для менше гідрофобних амінокислот, таких як лізин та глютамінова кислота.

Вбудовуючи триптофан, лізин та метіонін у зеїн – білок кукурудзи, який характеризується низькою харчовою цінністю, вдалося отримати пластеїн з високою біологічною цінністю.

Біологічна цінність соєвих білків низька через незначну кількість сірковмісних білків. Шляхом часткового гідролізу цього білка пепсином, змішування його з частковим гідролізатом кератину шерсті, багатим на сірковмісні амінокислоти, і наступної пластеїнової реакції під впливом нагарази (протеази *Bacillus subtilis*) отримують пластеїн з харчовою цінністю, близькою до казеїну.

Дуже цікавими є властивості пластеїнів, що отримані завдяки включенню глютамінової кислоти. По-перше, глютамінові кислоти, які отримано із соєвих білків, розчинні за будь-яких значень рН і стійкі до термічної коагуляції. По-друге, вони отримали визначений смак термообробленого м'яса, що є характерним для глютамінату натрію.

Великі перспективи пластеїнова реакція має для вилучення небажаних амінокислот. До останніх можна зарахувати також і фенілаланін, присутність якого в їжі викликає тяжкі відхилення у хворих на фенілкетонурію. Частковий ферментативний гідроліз пепсином, вилучення фенілаланінових пептидів гел'фільтрацією і наступний пластеїновий синтез у присутності етилових ефірів тирозину та триптофану під дією рослинної протеази папаїну приводить до отримання пластеїнів, вільних від фенілаланіну, але збалансованих за рештою амінокислот.

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. Як зернові добавки до рибного фаршу може бути використано борошно пшениці, рису або інше борошно в кількості від 10% до 30%.

Добавка рослинних білків до м'ясних напівфабрикатів завдяки комплексоутворенню забезпечує мінімальну втрату вологоутримуючої здатності під час термообробки.

Високими функціональними властивостями характеризуються кон'югати білків та вуглеводів, що традиційно використовується в технологічних процесах. Так, здатність сахарози підвищувати температуру коагуляції білків яєць широко використовується в технології солодких страв, кондитерських виробів.

Давно відома здатність вуглеводів стабілізувати білки тваринного походження проти дії як низько-, так і високотемпературної денатурації. З'ясовано, що гомологічний ряд сахаридів за антиденатураційною дію відносно до риб'ячих білків наступний: мальтоза > сорбіт > сахароза > мальтит > глюкоза > лактит.

При спільному висушуванні риб'ячих білків з моноцукрами утворюються комплекси, які характеризуються високою розчинністю. Розчинність одночасно залежить від природи цукрів та їх концентрації в рибному фарші. За впливом на розчинність продукту з риб'ячим білком найбільшою ефективністю характеризується глюкоза, менше впливові сахароза, фруктоза. Аналогічно стабілізують риб'ячі білки гліцерин та модифікований крохмаль. За функціональними властивостями відновлені рибні фарші з добавками близькі до свіжовиготовлених. Але вони потенційно можуть втратити харчову цінність унаслідок реакції Майара.

Така стабілізуюча дія цукрів неспецифічна тільки відносно до риб'ячих білків. Виявлено, що введення глюко-дельта-лактону стабілізує м'ясні фарші.

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. Природа цього явища остаточно не з'ясована. Проте білки в білково-жирових емульсіях підлягають денатурації значно меншою мірою, що використовується при виготовленні фаршевих ковбасних виробів.

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 вологоутримуючу здатність, ніжність, соковитість виробів, що пояснюється частковим або повним руйнуванням окремих складових міофіламентів.

Тривалістю та параметрами термічної обробки регулюють показники якості молочного сиру. Одночасне проведення механічного перемішування в середовищі сироватки призводить до утворення «казеїнового зерна», яке суттєво за органолептичними показниками відрізняється від сиру, отриманого термокислотою коагуляцією, але без перемішування.

Високий ступінь подрібнення м'ясних та рибних фаршів, особливо на колоїдних млинах, призводить до механічної деградації саркомерів міофібрил, наслідком чого є підвищення вологоутримуючої здатності та розчинності.

Часткова термічна коагуляція риб'ячих білків або термічне заварювання борошна, наслідком чого є часткова денатурація клейковини, змінюють когезію, дозволяють регулювати формуючу здатність та органолептичні показники харчових систем.

Можна припустити, що 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.

Але не менш важливим показником, що має відношення до регулювання параметрів технологічного процесу, є здатність білка розчинятися під дією технологічних факторів. Це поняття важливе, насамперед, через лабільність властивостей білка. Тому в реальних технологічних умовах виникають ситуації, коли здатний до розчинності білок знаходиться в умовах поганої розчинності. За іншої ситуації, цей самий білок, але денатурований, знаходиться в тих самих умовах, але не може бути корегований за розчинністю через неспроможність розчинятися.

Поняття розчинності та поняття гідратації білкових речовин не є тотожними. Незважаючи на однакову спрямованість процесів, вони, по суті, різні. Білкову систему, яка складається з нерозчинних у воді білків, можна гідратувати, тобто перемішати з водою, яка буде триматися в системі завдяки силам фізичної природи. Однак при цьому білки будуть нерозчинними, система – гетерогенною. Введенням до системи корегуючих речовин, наприклад електролітів, або зміною рН можна значно змінити умови, і не розчинений, але гідратований білок може бути переведений у розчинений стан. Саме таким способом отримують білки з розчинів, коли зміною рН приводять систему до значень ізоелектричної точки білків.

Розчинність білкових речовин, як процес, та характеристика розчинів залежать, насамперед, від ступеня подрібнення дисперсної фази, тобто молекулярної маси білка, а також від характеру зв'язку фази з дисперсним середовищем, тобто, в обмеженому сенсі, з водою. На різноманітність харчових форм дуже впливає вид і характер рідкого середовища (розчинність, на відміну від гідратації, залежить не тільки від властивостей білкових речовин, але і від характеристик рідкого середовища).

Білки здатні до набрякання з утворенням високо гідратованих 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*. Для білків типово, коли за рахунок доброго зволоження утворю-

ються досить агрегативно стійкі суспензії, завдяки утворенню на них пружних водних оболонок, які перешкоджають агрегації. Тому в зонах рН, близьких до ізоелектричної точки, розчини білків утворюють седиментаційно стійкі високодисперсні суспензії. Візуально це виявляється як затьмарення водного середовища. Завдяки тому, що ізоелектрична точка для харчових білків оцінюється реально як зона, затьмарення за різних значень рН буде різним.

Гідрофільні ділянки білкових молекул, які погано змочуються водою, не можуть самі утворювати навколо себе стабілізуючу водну оболонку, що екранує. Тому білки в зонах рН, близьких до ізоелектричної точки, під дією молекулярних сил спонтанно агрегують, утворюючи на останній стадії агрегати-пластівці, які швидко осідають. Якщо за коагуляції утворених суспензій пластівці погано змочуються водою, то вони впливатимуть на поверхню води з утворенням флокулятив. Погане зволоження поверхні утвореної твердої фази сприяє прилипанню бульбашок повітря. Тому флокуляція білків підсилюється за аерації повітрям, наприклад під час збивання.

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. Тому, залежно від характеристик розчинника, розчинність одних і тих же білків буде різною. 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. Природа висолювання полягає в тому, що іони електроліту гідратуються, «віднімаючи» воду в біополімеру. Посилується гідрофобна взаємодія ланцюгів білкових молекул, що призводить до збільшення агрегатів та розшарування системи.

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

Висолуюча дія електролітів щодо білків, у основному, залежить від аніонів, які за своєю висолуючою дією утворюють ліотропний ряд:



Для катіонів ряд такий:



За аналогією з висолюванням на білки впливають спирти, які в певних концентраціях також здатні до дегідратації полімеру. Вони також за малих концентрацій здатні посилювати гідратацію, наприклад, діючи на білки клейковини. Комбінована дія різних факторів здатна в значних межах корегувати розчинність білків, що позначається на характері кривої розчинності.

З позиції якості харчових продуктів та функціональних властивостей білків необхідно більш детально охарактеризувати властивості розчинів, які вони утворюють.

Ниткоподібні білки мають ниткоподібну або іншу асиметричну структуру, досягають у довжині 400...500 нм, мають у поперечині 0,3...0,5 нм, контактуючи з відповідним розчинником утворюють гомогенні, рівноважні та термодинамічно стійкі (у певних інтервалах температур) системи. Вони утворюються за змішування з водою спонтанно, агрегативно стійкі за даних умов і як справжньо рівноважні системи характеризуються властивостями оборотності. Тож, якщо 1% розчин желатину випарити, тобто сконцентрувати, а потім знову розбавити до початкової концентрації, то властивості розчину – в'язкість, осмотичний тиск, електропровідність, здатність до гелеутворення – залишаються такими самими.

Через великий розмір молекул білкових сполук у їх розчинах дифузія плине дуже повільно, вони нездатні проникати крізь напівпроникні мембрани. Ці особливості розчинів зближують їх з колоїдними розчинами, але не дають підстав вважати їх абсолютно однаковими.

Значні розміри молекул білків роблять їх поведінку в розчинах особливою. Вони не визначаються в ультрамікроскопі, не утворюють конусу Тіндаля. Але в той же час розсіюють світло, опалесціують, затьмарюють розчин. Вони не підпорядковуються закону Вант-Гоффа і характеризуються аномально високим осмотичним тиском. Вони утворюють високов'язкі розчини, здатні до тискотропії, тобто вони як система структуровані.

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. Молекули білків за своїми властивостями дифільні, тобто містять у своїй структурі атоми обох типів. Для кожного білка є особистий гідрофільно-ліпофільний баланс (ГЛБ). Нативні білки характеризуються, як правило, більшою гідрофільністю, але під дією денатуруючих факторів зростає їх гідрофобність.

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. Завдяки термодинамічній нестійкості (наприклад, при виготовленні освітлених бульйонів), хімічній нестійкості (закисання молока), ферментативній нестійкості (помутніння квасів) тощо, у них проходять бажані або спонтанні процеси, наслідком чого є коагуляція, яка з прихованої стадії переходить у явну з випаданням частини або всієї колоїдної речовини в осад-коагулят. Інколи коагуляція призводить до псування продуктів або відхилення від параметрів технологічного процесу. Технологічними факторами, що викликають коагуляцію, є температура, введення електролітів, особливо, тих, що містять у собі біфункціональні елементи (Ca²⁺, Mg²⁺, Fe²⁺,

Fe³⁺), зміна складу дисперсійного середовища, механічна дія, випромінювання, електричний струм.

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. Відносно до сухих речовин, у тому числі білкових, коректно оперувати поняттям ступінь гідратації.

Ступінь гідратації – це здатність сухої речовини продукту переводити воду зі структурно вільного стану у стан структурно зв'язаний та кількісна характеристика її реалізації.

Гідратація білкових речовин має принципове значення з погляду як організації технологічного процесу, так і забезпечення якості готової кулінарної продукції. Дійсно, кількість води в технологічному процесі та її стан є ключовими факторами забезпечення якості продукції.

Білкові речовини в чистому вигляді та в складі білковмісних продуктів у технологічному процесі здатні перетворюватися в бажаному напрямку тільки за наявності певної стадії гідратації. Зважаючи на те, що стан білка на кожному етапі, його ступінь нативності визначається відношенням до води, можна констатувати, що рекомендації з гідратації білкових систем мають загальний характер і повинні бути проаналізовані технологом у кожному випадку окремо. Дійсно, білок, який було піддано будь-якій дії, що призводить до часткової або повної денатурації, змінює своє відношення до води і характеризується більше вираженими гідрофобними властивостями.

Тому, якщо є необхідність у технологічному процесі оперувати поняттями «гідратація» або «гідромодуль», потрібно розуміти, що це не просте співвідношення води і сухого залишку в продукті, а їх функціональна взаємодія. Гідратацію необхідно розглядати паралельно з денатурацією білкових речовин, їх модифікацією та станом води у продукті.

Розчинення білків або білковмісних речовин також є різновидом гідратації, але розчини як харчова система з певними характеристиками, не охоплюють спектр білкових речовин, їх агрегатний та колоїдний стан, які здатні до гідратації. Як правило, це гомогенна колоїдна система.

Гідратація білкових речовин може проходити за безпосереднього контакту білка або білковмісного продукту з водою, за рахунок адсорбції атмосферної або технологічної пароподібної вологи, або за рахунок різного роду масопереносів, які виникають у технологічному процесі.

Процес адсорбції та десорбції вологи завжди завершується станом динамічної рівноваги заданої відносної вологості. Кожному значенню парціального тиску водяної пари та температури як параметрів технологічного процесу відповідає певна кількість сорбованої та десорбованої вологи. Вологість білковмісних продуктів за даних параметрів середовища називається *рівноважною*. Ма-

ксимальна рівноважна вологість речовин за відносної вологості 100% є межею, до якої продукт може сорбувати пароподібну вологу.

У мікрокапілярах вода досить міцно зв'язана. Тому при зберіганні сухих продуктів або вибирають сухе складське приміщення, або герметично укупорюють продукт.

Вода, яка поглинається продуктом за безпосереднього контакту, зветься *волоگوю намокання*. До механічно зв'язаної води потрібно віднести воду, яка механічно захоплюється продуктом, тобто іммобілізується. Ця вода порівняно легко видаляється, у тому числі й мимовільно, за рахунок синерезису. При відтаюванні м'яса в результаті складних процесів частина води переходить зі зв'язаної в стан іммобілізованої, тому мимовільно витікає з продукту. Цей процес більш інтенсивно виявляється за руйнування структури, яка іммобілізує воду.

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. До таких продуктів належать м'ясо, риба, яйця.

Продукти, які в своєму складі містять значну кількість вологи і мало білків, мають останні у цілком гідратованому стані, не здатні на додаткову гідратацію. До цих продуктів належать молоко (співвідношення вільної та зв'язаної води 87 : 3), більшість овочів, фруктів.

Є окремий клас продуктів, які належать до продуктів з проміжною вологістю, – крупи, борошно, желатин, висушені м'ясо, риба, молоко, в яких білки знаходяться у висушеному стані. Гідратація таких систем проходить у декілька стадій, однією з яких є набухання.

Набухання – це спонтанний процес поглинання високомолекулярним білком низькомолекулярної рідини-розчинника (води), яке приводить до значного збільшення маси і об'єму взятої харчової речовини. При набуханні високомолекулярної речовини розчинник проникає у його глибину. Цьому допомагає нещільна структура висушених або недосить зневоднених білкових речовин, яка складається з ниткоподібних та загнутих макромолекул, конформаційно сплетених разом. Молекули води проникають у глибину, заповнюють простір між макромолекулами, відсувають їх одна від одної і послаблюють міжмолекулярну взаємодію. В утворені щілини проникають нові молекули води, у результаті чого збільшується об'єм та маса зразка. Так, наприклад, за набухання желатину його об'єм збільшується в 14 разів. Зрозуміло, що цей процес розтягнутий у часі.

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

Під час гідратації білкових речовин розрізняють необмежене та обмежене набухання.

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

Обмежене набування не закінчується розчиненням. Більшість олігомерних білків набухають обмежено, бо вони з'єднані на рівні четвертинної структури ковалентними зв'язками. Ковалентні зв'язки не руйнуються під час гідратації та утримують свою структуру, що і робить набування олігомерів обмеженим.

Набування білків у процесі гідратації має вибірковий характер стосовно розчинника (згідно класифікації білків за розчинністю за Г. Осборном). У зв'язку з тим, що білки містять у своєму складі полярні групи, то і набухають вони у полярних розчинниках – воді, спиртах, їх водних розчинах різної концентрації, розчинах карбонових кислот, лугів, розчинах електролітів.

На ступінь та кінетику набування 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.

Згідно з принципами Ле-Шательє, швидкість набування білкових речовин у воді з підвищенням температури та тиску збільшується, а ступінь найбільшого набування зменшується.

Величина рН для всіх білків та білковмісних харчових продуктів є ключовою з позиції їх гідратації. Ця залежність також повністю пов'язана з набуванням систем.

Мінімальним набуванням та найбільшою здатністю до агрегації характеризуються білки в ізоелектричній точці. Оскільки заряд білкових речовин при цьому мінімальний, мінімальним є і ступінь гідратації білкових іонів. За зсуву величини рН від ізоелектричної точки заряд на білковій молекулі збільшується, що приводить до міцелоутворення білків за присутності води. Здатність до гідратації та міцелоутворення для кожного білка та кожного значення рН індивідуальні. Тобто за даної величини рН для різних білків характерна своя величина заряду, що зумовлює індивідуальну здатність зв'язувати воду. За більшості випадків для харчових білковмісних систем характерні кілька ситуацій. Якщо система концентрована за білком, то вся волога, яка знаходиться в системі у період міцелоутворення, може перейти у стан зв'язаної вологи; структурно вільної вологи у такій системі, як правило, мало. Така система здатна до додаткової гідратації. Якщо харчова система бідна на білок, а має надлишок води, то білки повністю гідратовані й частина вологи знаходиться у вільному стані. Співвідношення структурно вільної та структурно зв'язаної вологи в такій системі можна змінити в широких межах.

Необхідно підкреслити, що на гідратацію та швидкість набування дуже впливає ступінь подрібнення. Зі збільшенням ступеня подрібнення до певних величин швидкість набування та гідратації білкових систем збільшується, оскільки збільшується поверхня контакту високомолекулярних речовин (ВМР) та води.

Гідrataція 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*. Адсорбційно зв'язана волога, яка відіграє певну роль у гідrataції білка, утримується молекулярними силами біля поверхні колоїдних частинок – білків, фосфатидів, полісахаридів. Вільні полярні групи білка – карбоксильні, амінні, гідроксильні – утворюють на білковій молекулі полярні центри, дисоціюють у розчинах, набувають заряду, навколо якого і орієнтуються диполі води. Вода орієнтується пошарово навколо центрів білкової молекули, утворюючи гідратну оболонку. Такий вид гідrataції білкової молекули зветься *іонною адсорбцією*. У багатьох випадках від іонної адсорбції залежить стабільність колоїду білка. Перший шар навколо полярних центрів – це орієнтовані нерухомі молекули, які міцно зв'язані з білком. Енергія зв'язку інших шарів води значно зменшується з віддаленням від центру міцели. Волога першого шару називається зв'язаною, гідратаційною, вологою *молекулярної адсорбції*; решти шарів – вологою *полімолекулярної адсорбції*, яка за деяких певних умов не відрізняється від вільної. Зв'язана волога за своїми властивостями відрізняється від вільної – вона не замерзає, не є розчинником, не випарюється під час висушування. Її діелектрична постійна наближається до діелектричної постійної льоду.

У зв'язаних групах – пептидних групах головних поліпептидних ланцюгів, гідроксильних, сульфгідрильних – заряд виникає за рахунок зміщення спільної пари електронів до одного з атомів, що є причиною виникнення різниці потенціалів і, як наслідок, орієнтації диполів води. Така адсорбція зветься молекулярною.

Величина молекулярної адсорбції постійна для кожного білка.

Адсорбційна вода утримується біля білка полярних груп не лише за рахунок електростатичного притягання, а також за рахунок утворення водневих зв'язків. Різні полярні групи утримують біля себе різну кількість диполів води: пептидна – 2, гідроксил- та аміногрупи – по 3, карбоксильні – 4. За рахунок цього величина молекулярної адсорбції досягає 4...10% від сухого залишку білка.

Більша частина поверхневої енергії гідрофільних груп витрачається на утворення першого шару, але незначну енергію зв'язку, яка примушує орієнтуватись воду навколо білкової молекули, можна зареєструвати і на значних відстанях, які досягають до 10 упорядкованих шарів. Це ще раз підкреслює, що немає різкого переходу від зв'язаної води до вільної, а лише є поступовий перехід від гідратного шару до дифузійного.

Гідrataція залежить від виду продукту та стану білків у ньому. Існує велике різноманіття білковмісних продуктів з індивідуальними властивостями, через що їх гідrataція має свій індивідуальний перебіг. Процес гідrataції є фактором, який діє в цілому на комплекс харчових компонентів (вуглеводів, фосфоліпідів), серед яких білки посідають одне з ключових місць.

Дегідrataція білків – це протилежний гідrataції процес, тобто процес видалення вологи. Дегідrataція також є дуже важливим фактором технології,

який забезпечує як органолептичні показники білковмісних виробів, так і функціональну активність білкових речовин.

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 білків, наприклад розчинності або вологоутримуючої здатності.

Оскільки причинами денатурації є дія теплової енергії, хімічних речовин, інтенсивний механічний вплив, плин часу, випромінювання або їх комплексна дія, то ці фактори і є причинами дегідратації. У реальних технологічних процесах, ймовірно, неможливо точно встановити причинно-послідовну взаємодію таких факторів, як денатурація, дегідратація та зміна агрегатного стану білків, оскільки ці процеси йдуть одночасно і характеризують технологічний процес із різних боків.

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 – флокулянт.

Відносно до продукції ресторанного господарства ці переходи сприймаються як зміна консистенції харчової продукції.

Типовим прикладом дегідратації білкових речовин є отримання сиру з молока. Питне молоко характеризується як багатокомпонентна полідисперсна колоїдна система, в якій дисперсним середовищем є розчин сироваткових альбумінів, а також лактози, солей та ін. Білковою дисперсною фазою молока є колоїдні часточки з казеїнів, а також іонів кальцію, магнію, фосфат- та цитрат-іонів. Ця колоїдна система термодинамічно стійка, стабільна, ліофільна і максимальньо гідратована. Стабільність дисперсної фази пов'язана з поверхневою активністю казеїну. За зміни концентрації іонів водню, тобто закисанні, або кальцію ліофільна колоїдна дисперсія казеїну втрачає стійкість, результатом чого є утворення дисперсної структури. Спостерігається інтенсивний синеретичний процес, система розшаровується з утворенням сирного згустку – коагуляту та значної кількості сирної сироватки. При цьому частка сухих речовин у білковому коагуляті зростає, тобто відбувається його дегідратація. При відокремленні сирного згустку синерезис може продовжуватися за рахунок «старіння» згустку та процесів поглиблення денатурації. Цей процес може бути прискорений за рахунок підвищення температури або додаткового введення іонів Ca^{2+} , які можуть бути причиною утворення гідрофобних сольових місточків.

Під час сепарації молока за рН 4,8...5,1 протягом 1200 с можливе відділення до 80% вологи молока. Причиною дегідратації білків молока стали кислотна коагуляція білків молока. Дестабілізація системи в результаті підвищення концентрації іонів водню призводить до втрати міцелами білка гідратної (соль-

ватної) оболонки з виникненням центрів агрегації. У результаті взаємодії функціональних груп білків спостерігається укрупнення агрегатів, що приводить до створення структури сиру.

Першопричиною дегідратації в цьому випадку була зміна агрегативної стійкості білків під впливом хімічних речовин.

Причиною дегідратації можуть бути також денатураційні, і як наслідок, коагуляційні зміни білка під впливом теплової енергії. Дуже багато технологічних процесів побудовано на ефекті теплової денатурації білкових речовин і, як наслідок, необоротної дегідратації білків. Одночасні процеси денатурації, коагуляції та агрегації призводять до дегідратації білкових систем. Так, при виготовленні прозорих бульйонів, готують суміш у вигляді витяжки з високобілкових, високогідратованих і функціональних білковмісних продуктів – січеного м'яса та яєць. Січена м'ясна маса попередньо протягом певного часу піддавалася дії слабкої іонної сили у присутності вологи, за рахунок чого частина білків з неї була екстрагована в надлишок вологи, а присутні білки були додатково гідратовані. Завдяки цьому, досягається максимальної спорідненості білків мускульної тканини з водою, їх високої розпушеності. У суміші з білками яєць вони утворюють колоїдну високонасичену за білками та гідратовану систему з розвиненою поверхнею.

Після перемішування витяжки з бульйоном утворюється дисперсія, у якій частинки фаршу є центрами агрегації білків. Після нагрівання суміші до температур, вищих за температуру коагуляції білків, проходить їх дегідратація переважно за рахунок взаємодії гідрофільних функціональних груп білків. Виникає гель другого роду, який утворюється переважно за рахунок ковалентних зшивок. Утворюються центри коагуляції. За підтримання в системі високих температур підсилюється гідрофобна взаємодія білків, гель продовжує дегідратуватись, а агрегати – укрупняються. За рахунок цього досягається вилучення з бульйону більшості колоїдних частинок, що дозволяє отримати прозорі бульйони.

Первинною причиною дегідратації білків у цьому випадку була тепла денатурація білків продуктів і подальше підсилення їх гідрофобної взаємодії.

Теплова денатурація і подальша дегідратація білків є також причиною втрати маси м'ясними, рибними напівфабрикатами, грибами під час їх теплової обробки та формування консистенції готового виробу. За рахунок теплової денатурації та дегідратації формуються консистенція та зовнішній вигляд виробів з борошна. При цьому проходить масообмін водою між попередньо гідратованими в процесі замішування клейковинними білками та кінетично набухлим за рахунок цієї ж самої води крохмалем; вода втрачається білками під час теплової денатурації та агрегації.

Певна роль у дегідратації білкових речовин належить функціональному стану білка. Так, 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. Цю властивість широко використовують у практиці отримання ізольованих білків, білкових концентратів. Виділяючи біл-

ки, на матеріал діють розчинами лугів або кислот зі значеннями рН, за яких білок найбільш розчинний, переводячи його в розчин. Після цього суміш сепарують для відокремлення нерозчинних частин, а потім титрують до значень ізоелектричної точки білка, коли він випадає в осад, за рахунок найменшого поріднення його з водою; після цього осад відокремлюють від надлишку води. Так реалізується принцип оборотної дегідратації, оскільки зміна величини рН знову приводить до гідратації білка в присутності вологи. За таких значень рН білок і сушать, оскільки тоді волога знаходиться у вільному стані.

Частковою дегідратацією білкових речовин пояснюється втрата м'ясного та рибного соку попередньо заморожених продуктів під час їх розморожування. Механізм заморожування цих продуктів такий, що неминучим наслідком є утворення значно більшої кількості вільної вологи, аніж у охолоджених або парних продуктів. За рахунок переходу води у лід збільшується концентрація сухих речовин, у тому числі білків, у м'ясі та рибі, підсилюється гідрофобна взаємодія між окремими ланцюгами білків, їх комплексоутворення, та як підсумок цього відбувається втрата спорідненості з водою. Денатураційний ефект також підсилюється за рахунок висолювальної дії концентрованого розчину солей, які завжди є в м'ясній та рибній сировині. Такий процес втрати вологи рибними та м'ясними продуктами під час заморожування – відтаювання є об'єктивним і необоротним, але, добираючи параметри процесу та регулюючи стан білків, можна значно корегувати кількість відокремленої вологи.

На методі дегідратації білків ґрунтується виробництво консервованих продуктів та напівфабрикатів, які певною мірою використовуються в технології кулінарної продукції. Так, посол риби та м'яса переслідує мету значного їх зневоднення та підвищення частки зв'язаної вологи в кінцевому продукті. За таких умов темпи розвитку мікроорганізмів значно сповільнюються, що призводить до підвищення терміну зберігання продукції.

Зміни, що проходять при цьому в білках, частково необоротні, тому повторна гідратація білкового продукту у повному обсязі неможлива.

Дегідратація білків проходить також при всіх видах сушіння з отриманням продуктів з проміжною вологістю. Але найменш вразливою щодо функціональних властивостей білків є сублімаційна сушка.

За попереднього заморожування, як етапу технологічного процесу, зменшується рухомість білкових ланцюгів і досягається ефект збереження максимальної нативності білка. Тому сублімовані білкові продукти характеризуються високим ступенем відтворення.

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

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

У реальних технологічних умовах блокування ферментативних процесів може послабити цю взаємодію, оскільки іншими шляхами повернути комплекс

до первинного стану неможливо. Тому й повна гідратація білків після закінчення періоду посмертного задубіння неможлива.

Оскільки більшість харчових продуктів як сировина мають клітинну структуру, то причиною дегідrataції внутріклітинних білків може бути осмотична сила, завдяки присутності в середовищі домішок з вираженою осмотичною дією – мінеральних та органічних солей, цукру тощо. Оскільки осмотичне зневоднення ефективно лише за цілісності клітинної структури, то воно найбільше виявляється в технологіях переробки нативної сировини – м'яса, риби, субпродуктів, овочів.

Слід особливо наголосити на тісному зв'язку дегідrataції, денатурації та зміни колоїдного стану продуктів. За одних випадків, наприклад під час сушіння, ультрафільтрації, ізоелектричного осадження білків, дегідrataція призводить до їх денатурації зі зміною колоїдного стану. У інших випадках денатурація білків є першопричиною вияву дегідrataції.

Дегідrataція як наслідок зміни білкових речовин має великий вплив на кінцеву якість харчових продуктів. У той же час дегідrataція може також чинити значний вплив на обґрунтування параметрів технологічного процесу.

Денатурація – це 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 безпечність;
- фактор втрати білками своїх функціональних властивостей і своєї видової специфічності.

У вузькому розумінні технології, з денатурацією білкових речовин пов'язані формування консистенції, виникнення форми, зміна кольору тощо. Тобто денатурація білків пов'язана зі втратою продуктом або білковмісним матеріалом своїх функціональних і нативних властивостей унаслідок впливу різних факторів, а також з позиції забезпечення високого ґатунку якості через реалізацію денатураційного процесу.

Здатність білків до денатурації є важливою і притаманною виключно білкам властивістю.

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.

Поліпептидні ланцюги під час денатурації набувають іншої конфігурації, яка відрізняється від єдиної можливої, притаманної нативній молекулі білка: ланцюги, як правило, розгортаються таким чином, що на їх поверхні скупчується значна кількість гідрофобних груп, через що погіршується спорідненість із водою. Поява на поверхні раніше прихованих конформацією білка радикалів або функціональних груп змінює фізико-хімічні властивості білків. Змінюються також біологічні властивості, тобто білок не може виконувати свої біологічні функції – ферменти інактивуються, гемоглобін нездатний приєднуватися та переносити кисень, міофібрилярні білки втрачають можливість скорочуватися тощо.

Із загальних закономірностей денатурації слід, перш за все, виділити значне погіршення гідрофільності та підвищення гідрофобності білків. Як відомо, за рахунок гідрофільних груп, які розміщені на поверхні (-COOH, -OH, -NH₂ та ін.), білкові молекули здатні зв'язувати значну кількість води. Тож за значної гідратованості міоглобіну виявлено, що в середині його третинної структури знаходиться лише чотири молекули води, тобто внутрішня структура та компактність міоглобіну зумовлені, в основному, гідрофобною взаємодією. Як наслідок, спостерігається зміна взаємодії білковмісного продукту з водою, що в реальних технологічних процесах пов'язано з перерозподіленням води. Так, м'ясо теплокровних тварин та риби за рахунок втрати гідрофільності білками в процесі термообробки втрачає свою масу, або, за технологічною термінологією, «уварюється», для виробів із борошна характерна клейстеризація крохмалю в процесі термообробки за рахунок дегідратації білків клейковини.

Відомо, що м'ясо, риба, яйця (точніше, їх білки), що термічно не оброблялись, здатні до додаткової гідратації за рахунок гідратації білків. Але після термообробки ця властивість втрачається повністю.

Дуже наочно зміна спорідненості білків з водою виявляється на прикладі термообробки яєць. Білок (матеріал) яйця представлений, у основному, білками (протеїнами), що дозволяє його широко використовувати в різних модельних і технологічних експериментах. У нативному стані білок має дуже високу спорідненість із водою, а також гідратованими продуктами. Це дозволяє використовувати яйця у всіх групах кулінарних виробів як водозв'язуючий або формуючий компонент. Тож яйця самі по собі можна значно розводити водою (на 50...60%), молоком, розчинами, відварами, що широко використовується при виготовленні омлетів, яєчних напівфабрикатів. Через воду досягається високої спорідненості яєць з м'ясними, рибними, овочевими січеними масами, борошном, панірувальними сумішами, сиром, цукровими сиропами, а також іншими сумішами, які використовуються в технологічних процесах.

Розчинність білків яєць, а значить, і спорідненість із водою, гідратованими продуктами, після денатурації значно погіршується. Втрата під час денатурації такої важливої функціональної властивості, як здатність до гідратації, значно зменшує технологічні можливості білків яєць, тому після термообробки

яйця додаються до рецептур не як функціональний компонент, а як пасивний рецептурний компонент.

Кожний білок має індивідуальну температуру денатурації. Точніше кажучи, кожен білок має певний температурний діапазон, у якому він піддається денатураційним змінам. Але, як склалося в технології, під температурою денатурації розуміється найнижча температура, за якої починаються видимі денатураційні зміни. Так, для білків риби температура денатурації – близько 30°C, яєць – 55°C, білків м'яса: міогену – 55... 60°C, міоглобіну – 60°C, глобуліну – 50°C, міоальбуміну – 45...47°C, міозину – 45...50°C, актину – близько 55°C, актоміозину – 42...48°C, колагену – близько 55...60°C.

Наглядним прикладом того, що денатурація проходить у певному діапазоні, а не при фіксованій температурі, є зміна колоїдних властивостей яєць птиці у процесі термообробки. Незважаючи на те, що температурою денатурації білків яєць вважається 55°C, зміна колоїдних властивостей проходить у інтервалі температур 55...95°C: при температурі 50...55°C утворюється локальне затьмарення; 55...60°C – зтьмариться весь об'єм; 60...65°C – підвищується в'язкість; 65...75°C – починається процес гелеутворення; 75...85°C – утворюється гель, який утримує форму; 85...95°C – зростають і досягають максимуму пружно-еластичні властивості драглів.

Білок міоглобін під час термообробки переходить у метміоглобін, тобто денатурує в інтервалі температур 60...80°C: за температури 60°C міоглобін яловичини яскраво-червоний; за 70°C колір змінюється на рожевий; у інтервалі температур 70...80°C та вище він набуває сірувато-коричневого кольору, характерного для метміоглобіну.

Денатурація білка колагену в технологічній практиці отримала назву *зварювання* і супроводжується різкою зміною геометричних розмірів: фібрили колагену скорочуються, а товщина їх зростає.

Про хід денатурації білків свідчать непрямі поверхневі ефекти, такі як зміна колоїдного стану, загустіння, гелеутворення, шарування, скорочення.

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.

Досягаючи температурної гель-точки, малоконцентровані за білком системи розшаровуються на дві фази, одна з яких, білкова, агрегує у вигляді локальних флокулятів, плівок, а друга представлена у вигляді води. Незалежно від виду білка, малоконцентровані за білком системи через фізичну нестачу в системі білка не здатні до гелеутворення по всій системі, тому розшарування і синерезис є типовими та об'єктивними етапами денатурації та коагуляції білка. Так поводяться молоко під час кип'ятіння (утворення лактоальбумінових плівок, накипів), яйця, розчинені більше ніж у 1,6 раза рідиною (водою, молоком), січені м'ясна та рибна маси, надмірно гідратовані, рідке тісто для млинців.

Якщо система висококонцентрована за білком, то денатурація і вид коагуляції здебільшого залежать від виду білка. Такі білкові системи здатні до формоутворення, що реалізовано в багатьох технологічних процесах: отримання виробів з яєць, січених рибних, м'ясних виробів, отримання ковбасних виробів та ін.

Інша річ, що гелеутворення має різний характер залежно від виду білка. Типово, що коли білок утворює з водою колоїдний розчин, то в результаті коагуляції він не втрачає вологи, утримуючи її за рахунок іммобілізації. Але в природі таких білків обмаль – це білки яєць, плазми крові, тварин, білки біологічної рідини крилю. У технологічному плані вони досить дефіцитні. Умовно гелі, які утворюються з утриманням вологи, отримали назву *ліогелі*.

Якщо білки достатньо гідратовані, але концентровані, і утворюють з водою дисперсію, то, як правило, коагулюючи при денатурації, вони утворюють гелі, які утримують форму, але характеризуються інтенсивним синерезисом. Ці гелі умовно звуться *коагелями*. Коагелі отримуються із дисперсії м'яса, риби. Аналогічно поведуться й білки борошна, але їх об'єктивна втрата вологи приховується клейстеризацією крохмалю. Утворення гелів другого роду при коагуляції та супровідні їм процеси – це ключове технологічне завдання, оскільки більшість харчових продуктів формуються завдяки цьому процесові. Реалізуючи здатність білка до гелеутворення, а також регулюючи цей процес, вдається керувати якістю кінцевих продуктів. Так, змішуванням білків, здатних утворювати ліогелі, з білками, здатними утворювати коагелі, вдається знизити синеретичні процеси.

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.

Інколи коагуляційні процеси використовуються для виділення білків. На цьому ґрунтується отримання сиру, казеїну. Співосадження білків при коагуляції отримало назву *копреципітації*, а кінцеві продукти – *копреципітати*. Найбільше важливе місце копреципітація посідає в технології вилучення сироваткових білків з молока. Відомі яєчно-молочні копреципітати та деякі інші.

Регулюванням властивостей білків досягається також стійкість до агрегації. Як правило, віддалення рН білковмісної системи від ізоелектричної точки підвищує стійкість до агрегації, і навпаки, зближення рН системи з ізоелектричною точкою білків знижує температуру коагуляції. Так, глобулін риби, який має ізоелектричну точку за рН 6,0, у слабкислому середовищі (рН 6,5) денатурує за 50°C, у нейтральному (рН 7,0) – за 80°C. Міофібрилярні білки риби та крилю, а також соєві білки, модифіковані янтарним ангідридом у інтервалі харчових величин рН, коагулюють за температури в середньому на 20... 35°C вище, ніж немодифіковані.

Ступінь гідратації значною мірою впливає на денатураційні зміни білка. Вода до певної міри підвищує рухомість білкових ланцюгів і реакційну активність гідрофільних та гідрофобних груп. Тому більше гідратовані білки денату-

рують швидше, ніж сухі. Білки з видаленою вологою, тобто висушені, характеризуються широким інтервалом термостабільності, у тому числі відносно температур, близьких до 100°C.

Оскільки значна кількість білковмісних продуктів зберігається в замороженому вигляді, важливим є вивчення впливу низьких температур на денатурацію.

Заморожування в реальних білкових системах, якими є більшість харчових продуктів, проходить нерівномірно. Поперше замерзають рідини з меншою концентрацією розчинних сухих речовин, що зсуває колоїдну рівновагу. Двофазні білкові системи, тобто білкові гелі другого роду, до яких належать усі риби та м'ясопродукти, замерзають таким чином, що міжтканинні рідини замерзають першими. Виморожування розчинника приводить до підвищення концентрації сухих речовин, наслідком чого є висолювання білків, тобто їх часткова денатурація. Заморожування виконує роль водовіднімаючого агента. 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. Глибина денатурації заморожених білкових продуктів підвищується зі збільшенням термінів зберігання.

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 комплекують 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. При цьому поліпептидні ланцюги знаходяться серед полярних груп ліпідів, постійно змінюючи свою форму. Білки зорієнтовані гідрофільними та гідрофобними ділянками до води та жиру. Білки втрачають свою функціональну та технологічну роль, у тому числі й ферментну.

Ліпіди, що мають полярні групи, здатні зв'язуватися з білком електростатичними силами. Так, фосфоліпіди взаємодіють із білком своїми фосфатидними групами і четвертинними атомами азоту (фосфатидилхоліни, фосфатидилетаноламіни), вільні жирні кислоти – своїми карбоксильними групами. Ці ліпіди виявляють спорідненість до амінокислот, які мають групи: -ОН; =NH; -NH₂; =S.

Також можлива взаємодія між білками та ліпідами за рахунок полімеризації.

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

Міцність зв'язку жирних кислот з білком підвищується зі зростанням їх ненасиченості. Подвійні зв'язки жирних кислот підвищують здатність до окислення сульфгідрильних та пептидних зв'язків з виникненням дисульфідних (-S-S-) та азотних (-CO-N-N-CO-) містків.

Особливий характер має взаємодія білків з окисленими ліпідами. За окислення ліпідів у присутності білків виникає комплекс, який стабілізується за рахунок води.

Білкові речовини харчових продуктів, як колоїди, можуть «старіти» під впливом часу, змінюючи при цьому властивості продукту в цілому. Тому довгострокове зберігання харчових продуктів у підприємствах громадського харчування та харчопереробного комплексу в результаті денатурації білків, як правило, призводить до погіршення технологічних властивостей сировини. Тому кулінарна продукція, яка отримується з попередньо заморожених м'яса, риби, птиці, суттєво за показниками відрізняється від аналогічних і отриманих зі свіжої сировини.

Узагалі денатурація, як явище і як процес, викликає дуже велику зацікавленість фахівців і вчених, оскільки, з одного боку, являє значну проблему, з іншого – лежить у основі виготовлення їжі.

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.

Як уже відмічалось вище, денатурація відіграє ключову роль у технології харчових продуктів. Такі поняття, як *фактори денатурації*, *стабільність білкової системи*, *ступінь денатурації*, з одного боку, зумовлюють параметри технологічного процесу, а з іншого – характеризують стан білкової системи, її функціональні можливості та технологічні показники. До денатурації слід ставитися не лише як до наслідку технологічного процесу, а також як до показника, що зумовлює цей процес. Через те, що білкові речовини в технологічних процесах слід розглядати не як пасивні речовини, а як активні функціональні компоненти, дуже важливою є інформація про нативність білкових речовин і ступінь їх денатурації. Дійсно, окрім біологічної цінності, технологічна цінність білків насамперед оцінюється їх функціональними показниками, такими як спорідненість із водою та ступінь гідратації, здатність розчинятися, бути стабільними у розчині та зумовлювати певні структурно-механічні властивості, виконувати роль поверхнево-активної речовини – бути емульгатором, стабілізатором, піноутворювачем, знижувати поверхневий натяг води; бути термолабільним або, за інших завдань, термостабільним структуроутворювачем тощо. Усі ці показники зумовлені властивостями нативних, неденатурованих білків. Тому таке поняття, як ступінь денатурації, що оцінюється за реальними технологічними показниками, наприклад за величиною емульгуючої або піноутворюючої

здатності, щодо нативного білка відіграє дуже велику роль у організації технологічного процесу, виборі концентрацій речовин, гідромодулю, температури тощо. Усе це, водночас, має бути зв'язане з такими нормативними показниками, які характеризують показники стабільності білкових систем, наприклад: розчинність (сухе молоко, яечний порошок), гідратація (висушені м'ясо, риба, пасероване в різних режимах борошно, тісто, утворене під час контрольованого заварювання), показники взаємозамінності продуктів (яечний порошок – яйця свіжі, молоко сухе – молоко свіже та ін).

Денатурація білків відіграє важливу фізіологічну роль. Втрата білком у процесі денатурації своєї біохімічної індивідуальності в цілому полегшує перетравлення готових продуктів. Тому засвоєння денатурованих білків, як правило, проходить більш ефективно, аніж нативних. Це також стосується інактивації білків-інгібіторів, наприклад у насінні олійних культур. Ці білки виконують у рослинах захисну функцію, але значною мірою впливають на травлення людини, суттєво зменшуючи функцію трипсину та хімотрипсину. Тому денатурація, як фактор технології, значно знижує вплив цих білків. Але відомо, що засвоєння залежить від ступеня денатурації. Так, білково-вуглеводні комплекси, які утворюються під час реакції меланоїдиноутворення і щодо білка оцінюються як денатурація, засвоюються гірше за рецептурні компоненти. А продукти більш глибоких стадій меланоїдиноутворення здатні певною мірою негативно впливати на травлення.

Одним з етапів зміни білків у процесі технологічної обробки є деструкція білків.

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.

Типовим прикладом деструкції білкових речовин залежно від температури є руйнування білкового компоненту в реакції меланоїдиноутворення.

Як відомо, за використання високих температур, особливо в процесі смажіння, випікання, білкові речовини здатні реагувати з цукристими речовинами з утворенням цукроамінних комплексів, після розпаду яких аміний компонент, а точніше, амінокислотний залишок у процесі окислювального дезамінування та декарбоксілювання розпадається на альдегід з кількістю атомів вуглецю на один менше, ніж у початковій амінокислоті, вуглекислий газ, а також аміак. Тобто амінокислота як складова частина білка руйнується, що призводить до зміни харчової та біологічної цінності білка.

Глютин у присутності вологи за тривалої термообробки деградує до більш простих сполук – низькомолекулярних желатоз. За рахунок цього досягається певний ступінь консистенції м'ясних, рибних виробів, що дозволяє їх віднести до кулінарно готових.

Кінцевий склад сполук у процесі деструкції білків різний і залежить як від виду білка, так і від режиму обробки. Поруч з амінокислотами, пептидами утворюються такі летючі продукти, як аміак, сірководень, фосфористий водень, вуглекислота, вода, альдегіди, кетони та ін.

Цим речовинам притаманне утворення певної суміші ароматичних речовин, які беруть участь у формуванні смаку та запаху готової до вживання кулінарної продукції.

Деструктивні зміни білків у м'ясі та рибі йдуть постійно та з різною швидкістю. Так, у перший період після забою настає період посмертного задубіння, а потім – фаза виходу з цього стану. В основі виходу м'яса зі стадії посмертного задубіння важливе місце посідає ферментативна деструкція білків, тобто протеоліз. Цей процес проходить під впливом цілої групи протеолітичних ферментів. У мускульних тканинах цей процес каталітично збуджується катепсинами. Ці ферменти мають різний рН-оптимум дії та за своєю специфічністю подібні до пепсину, трипсину, пептидаз. Під дією цих ферментів за певного стану зберігання м'ясної сировини, а точніше, у другій фазі руйнуються мембрани лізосом м'яса, і гідролази мають доступ до всіх хімічних компонентів клітин м'яса – так починається процес автолізу (розчинення, руйнування) тканин м'яса або риби. Деструкція білків під впливом катепсинів у технологічній практиці отримала назву дозрівання м'яса і супроводжується нагромадженням поліпептидів, амінокислот.

При цьому змінюється консистенція, збільшується ніжність та інші якісні показники, які притаманні зрілому м'ясу.

Серед білків м'яса та риби найбільше вразливими щодо гідролізу є саркоплазматичні білки, найменше вразливими – білки строми. Тому в технології зберігання рибних фаршів практикується обов'язкове їх відмивання декілька разів з видаленням водорозчинних речовин, що призводить до зменшення у фарші частки саркоплазматичної фракції.

Ферментативна деструкція білків проходить і під час вимушеного ферментолізу білкових продуктів. На цьому засновано технології сиров'ялених ковбас, ковбас типу салямі, ферментованих, наприклад, папаїном. На цьому принципі випускається значна кількість смако-ароматичних концентратів, що імітують під час варіння м'ясні та рибні бульйони.

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

На рис. 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. Їх успішно застосовують для видалення пігментів, ліпідів, ароматичних речовин.

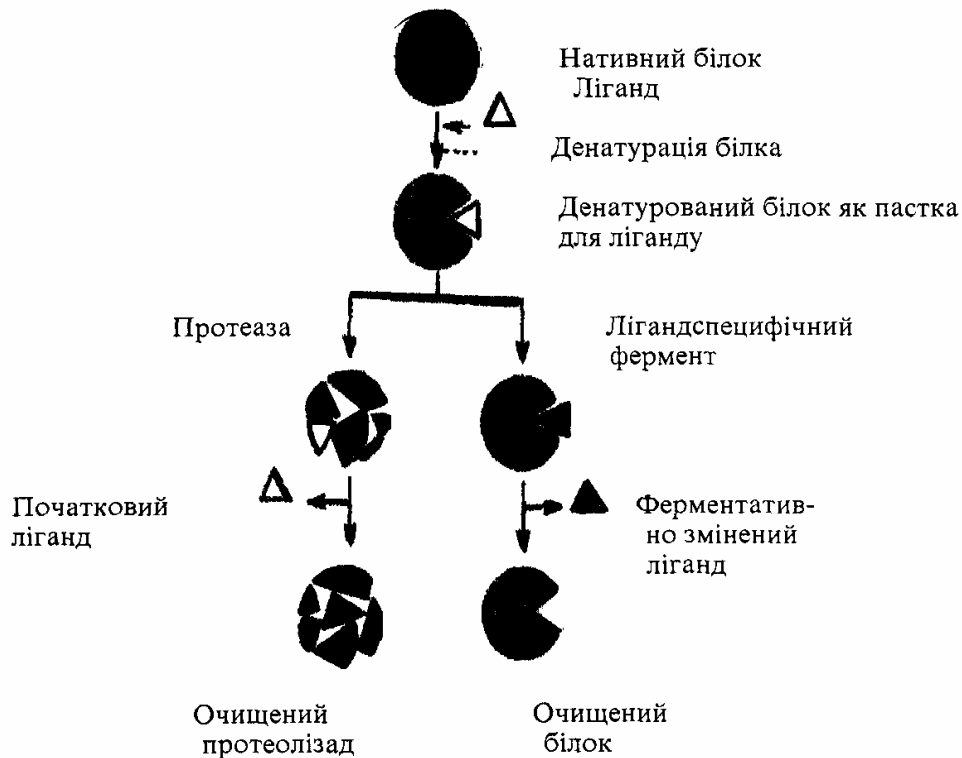


Рисунок 4 – Принципова схема протеолітичної деструкції білків

5. Білки яєць сільськогосподарської птиці

Яйця належать до продуктів, що дуже широко використовуваних у технологічних процесах приготування їжі. Високі функціональні (піноутворювальна, емульгувальна, драглеутворювальна, стабілізувальна) та технологічні (висока спорідненість із іншими продуктами, добрі смак, колір, консистенція, структуроутворювальна здатність та ін.) властивості, а також харчова цінність яєць дозволяють їх використовувати і як активний компонент технологічного процесу, і як рецептурний компонент їжі.

Більшість цих властивостей зумовлені унікальними властивостям їх білків.

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 складає на одне яйце 2,4 і 0,7 грама, відповідно.

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 ововітеломукоїд. 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%) та *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. 2). Утворює дисперсні розчини, які знаходяться у стані фізико-хімічної рівноваги, тобто підпорядковуються правилу фаз. Овоальбумін може бути осаджений шляхом насичення розчину сірчано-кислим амонієм.

Таблиця 2 – 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

Ововітелін становить 4/5 протеїнової частини жовтка. Таким чином, овоальбумін та ововітелін, що становлять найбільшу масу яйця, є найважливішими з його протеїнів.

Протеїни яйця, особливо овоальбумін, є типовими колоїдами, які характеризуються **амфотерними властивостями**, тобто в розчинах вони поведуть себе то як кислоти, то як луги, залежно від концентрації водневих іонів у дисперсному середовищі.

Овоальбумін містить приблизно 28 катіонів і таку саму кількість карбоксильних груп. Наявність великої кількості заряджених **полярних груп** забезпечує добру розчинність білка у воді.

Ізоелектрична точка протеїнів яйця знаходиться у кислотній ділянці рН. За даними різних дослідників ізоелектрична точка овоальбуміну знаходиться в межах рН 4,55...4,88.

Молекулярна маса овоальбуміну, що була визначена різними методами, коливається в межах 34 000...45 160, молекулярна вага ововітеліну складає 192 000, а оволіветину – 64 000.

Денатурація яєчних протеїнів, може бути викликана численними 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.

Денатурація цілком чистого розчину овоальбуміну характеризується різким підвищенням в'язкості. Пластівці, що утворюються в ізоелектричній точці, повністю розчинні в кислотах та основах; реакція флокуляції оборотна в часі. Під час реакції коагуляції виникають нерозчинні пластівці.

Усі ці три стадії спостерігаються під час дії температури, сечовини, за поверхневих змін, а також під час денатурації ультрафіолетовими променями.

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.

Теплова денатурація настає значно легше у волого-му протеїні, аніж у сухому. Температура денатурації сухого кристалічного овоальбуміну підвищується з пониженням відносної вологості повітря.

рН розчину овоальбуміну справляє деякий вплив на температуру денатурації. Так, при рН овоальбуміну 1,65 температура коагуляції становить 32°C, а при рН 4,81 та 6,63 – 74°C.

Температура денатурації підвищується майже на 2°C при дуже низькій концентрації солей (10^{-3} N), але збільшення концентрації таких солей, як сірчано-кислий магній або калій, знижує її на 5...6°C. За низької концентрації саліцилати підсилюють денатурацію, а за високої – гальмують її.

Сечовина уповільнює коагуляцію, а сахароза та гліцерин її пригнічують як і велика кількість α - глюкози.

Денатурація збиванням. Струшування розчину протеїну викликає поверхневу денатурацію. Помічено, що денатурація виникає у проміжній фазі між розчином овоальбуміну та повітрям. Енергія поверхневих змін викликає майже таку саму денатурацію, як тепла енергія. Чим вище концентрація протеїну, тим нижче швидкість денатурації.

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.

Збивання розчину білка в піну або пропускання пухирців повітря крізь розчин викликає поверхневу денатурацію, подібно до того, як це відбувається при струшуванні, та весь протеїн може бути переведений у нерозчинний стан.

Протеїни яйця також денатурують під впливом **ультрафіолетового опроміювання, 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. Однак протеїн може бути легко осаджений при концентрації алкоголю нижче за визначений мінімальний рівень. Ця реакція, як і осадження нейтральними солями, оборотна. Якщо концентрація алкоголю перевищує визначений рівень, то швидкість денатурації починає збільшуватися і, зрештою, денатурація стає необоротною.

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 (збільшення концентрації викликає майже лінійне підвищення в'язкості), рН розчину протеїну та способу денатурації (овоальбумін, денатурований сечовиною, має більшу в'язкість, ніж денатурований під впливом температури. Вірогідно, підвищення в'язкості, яке супроводжується денатурацією, пов'язано із втратою симетрії молекулами овоальбуміну.

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. Процес денатурації, можливо, викликає реакцію між протеїном і водою. У той же час очевидно, що денатурований протеїн містить менше води, ніж вихідна речовина, з котрої він був отриманий.

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.

6. 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 (близько 3%, в акул та скатів – близько 10%). Крім того, білки м'яса риби швидко піддаються ферментативному розщепленню, їх засвоєння складає 97%. Білковий склад м'язової тканини риби визначається складом білків м'язового волокна та білків соку міжклітинного простору.

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 та відіграють важливу роль у визначенні технологічних властивостей риби.

Міофібрили складаються зі щільних гелеподібних пучків (товщина 0,8...1

мкм) субмікроскопічних елементарних фібрил (товщина від 5...10 нм). У м'язовому волокні нитки міофібрил протягнуто від одного його кінця до іншого. Ниткоподібні молекули **міозину** суворо орієнтуються в міофібрилах, що викликає оптичну анізотропію та зумовлює еластичність м'язового волокна. Молекулярна маса міозину 420 000, він є повноцінним у харчовому розумінні білком. До складу амінокислот міозину входять у мажорних кількостях глютамінова кислота (20...21%) та аргінін (7%). Міозин складає 20...30% усіх м'язових білків, він нерозчинний у воді, але розчиняється у сольових розчинах. При екстракції м'язів сольовим розчином у першу чергу витягається низькомолекулярний міозин А, який утворює розчин невеликої в'язкості. При тривалій екстракції в сольовий розчин переходить міозин В, що утворює в'язкі розчини.

Ізоелектрична точка міозину риби – за рН 5,2...5,4, він здатний до значної гідратації, що пояснюється наявністю великої кількості полярних груп, розміщених на його ниткоподібній молекулі.

За короткочасної дії трипсину із міозину утворюється два білки: важкий Н-мероміозин (молекулярна маса 236000), що володіє властивостями аденозинтрифосфатази, здатний з'єднуватися з актинами, утворюючи актоміозин, та легкий L-мероміозин (молекулярна маса 10000), що не володіє ферментною активністю.

Актин – другий за своїм біологічним значенням м'язовий білок (10...15% усіх м'язових білків), молекулярна маса 70 000. Витягається водою з м'язів після екстракції міогену 0,6 М розчином хлористого калію з послідовним осаджуванням оцтом. 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. При підвищеному вмісті іонів калію актоміозиновий комплекс розпадається на актин та міозин. Відношення актину та міозину в актоміозині може змінюватися в межах від 1:3 до 1:5, відповідно.

Актоміозин є основним білком міофібрил, не розчиняється у воді, розчиняється у слабких сольових розчинах, частково осаджується насиченим розчином хлористого натрію.

Тропоміозин – головний структурний білок міофібрил, розчиняється в насиченому розчині NaCl, неповноцінний білок, у його складі відсутній триптофан.

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 (альдолаза, дегідрогіназа, фосфорілаза), бере участь у вуглеводному обміні. Міоген екстрагується водою, має ізоелектричну точку за рН 6,5, частково висолюється насиченим розчином NaCl, коагулює за $t=55..56$ °С.

Міоальбумін розчиняється у воді та в 10% розчині NaCl, не осаджується насиченим розчином NaCl, у білках м'язів риб міститься в кількості до 1%.

Глобулін Х добувається при обробці 1,0...1,5% розчином NaCl після виділення залишку міогенової фракції. Він нерозчинний у воді, має ізоелектричну точку за рН 6; у нейтральному середовищі (рН 7) коагулює за $t=80^{\circ}\text{C}$, а у кислому (рН 6,5) – за $t = 50^{\circ}\text{C}$. У насичених розчинах NaCl глобулін висолюється. Порівняно з м'ясом теплокровних, у м'ясі риб міститься у 2-3 рази менше глобулінів, причому на частку азоту глобулінів припадає 8...15% від загального азоту. Глобулін стійкий до нагрівання, за $t=65^{\circ}\text{C}$ коагулює на 72%.

Міоглобін – хромопротеїд, у якому білкова частка 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 **нуклеопро-тедами**, які розчиняються в розчинах слабких лугів. Нуклеопро-теїди – 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 $t=60...96^{\circ}\text{C}$ колаген легко та швидко переходить у водорозчинну форму – глютин, чим пояснюється нетривалий термін варіння риби.

7. 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. Вміст у м'ясі жирової тканини робить його висококалорійним продуктом. 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). Білки м'яса в значній кількості містять усі незамінні амінокислоти та не поступаються за біологічною цінністю білкам яєць та молока.

Якість м'яса оцінюють за його здатністю перетравлюватися протеазами шлунково-кишкового тракту. Пепсин перетравлює краще м'язову тканину, ніж сполучну.

Поперечносмугаста (скелетна) **м'язова тканина** є найбільш цінною в харчовому відношенні частиною м'яса. Вона є основним джерелом білка та інших важливих для організму людини речовин, у тому числі біологічно активних: амінокислот, вітамінів, поліненасичених жирних кислот, мікроелементів.

У м'язовій тканині міститься 72...80% води, 18...22% білків, 2...5% ліпідів, 1...1,5% вуглеводів, 1...2% азотистих екстрактивних небілкових речовин та 0,7...1,0% мінеральних речовин.

Білки відрізняються один від одного кількістю та якістю амінокислот, що входять до їх складу.

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. Вони знаходяться у вільному стані або зв'язані з ліпідами, катіонами, глікогеном, аденозинтрифосфорною кислотою, іншими сполуками. Близько 40% білків м'язової тканини розчиняються у воді (*білки саркоплазми* та, частково, білки міофібрил) і майже 40% – у сольових розчинах хлористого калію середньої концентрації (*білки міофібрил*). Білки, що не розчиняються у воді та сольових розчинах, зветься *білками строми* (слабкі розчини лугів переводять у розчин білки ядер). Близько 15% білків м'язової тканини не розчиняються у воді, сольових розчинах та слабких лугах; їх називають *строматопротеїнами*. Майже всі білки, які входять до складу міофібрил і саркоплазми м'язового волокна, є повноцінними білками. Білки сарколеми належать до неповноцінних.

Розподіл білків відповідно до морфологічної структури м'язового волокна наведено на рис. 5.

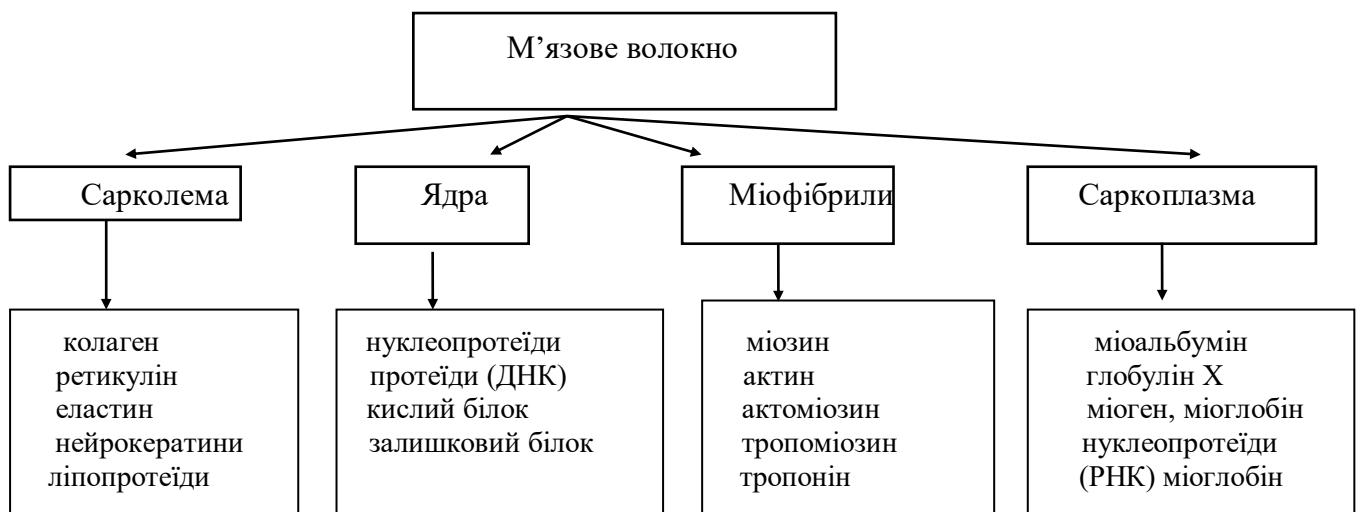


Рисунок 5 – Розподіл основних білків м'язового волокна

Білки відрізняються один від одного кількістю та якістю амінокислот, що входять до їх складу. Білки м'яса добре засвоюються організмом, підвищують ступінь засвоєння рослинних білків і дають можливість збалансувати абл. ін лотний склад їжі.

Білки сарколеми – *колаген, ретикулін, еластин* – складають приблизно 4,4...5,0% загальної кількості білків клітини. Це основні білки сполучної тканини. У сарколемі зустрічаються в невеликій кількості складні білки – *нейрокератини* та *ліпопротеїди*, які входять до складу нервових волокон, що пронизують оболонки клітин, а також *муцини, мукоїди, альбуміни, глобуліни*.

Характерною особливістю сполучної тканини, що чітко вирізняє її з-поміж інших тканин, є дуже сильний розвиток міжклітинної речовини.

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.

З позиції технології найбільший інтерес викликає побудова пухкої сполучної тканини, яка зумовлює структурно-механічні властивості та консистенцію м'яса.

Сполучна тканина за хімічним складом дуже відрізняється від м'язової. Вона менш багата на воду (58...62%), містить більше білків (за винятком жирової сполучної тканини). Сухий залишок (приблизно 90%) складається з білкових речовин, які належать до групи склеропротейнів (колаген, еластин, ретикулін), які утворюють міцні та еластичні волокнисті структури.

Крім того, у ній зустрічаються чорні та бурі пігменти, так звані меланіни. До складу сполучної тканини входять також жири, ліпоїди, мінеральні речовини, екстрактивні речовини, вода.

У сполучній тканині розрізняють наступні білки: *колаген, еластин, ретикулін, муцин, альбумін, глобулін*.

До складу основної речовини входять специфічні білки (муцини та мукоїди), які утворюють з мукополісахаридами комплекси, що містять фібрилярні та клітинні компоненти.

Мукополісахариди (гіалуронова кислота, хондроїтин, хондроїтин-сірчиста кислота, абл. ін й ну, кератосірчиста кислота та ін.) виконують роль цементувального компонента основної речовини, а також беруть участь в утворенні міжмолекулярних зв'язків пептидних ланцюгів колагену, ретикуліну, еластину.

Колаген – це білок, який не розчиняється у воді (холодній), під час варіння він переходить у глютин, який добре розчиняється в гарячій воді. Протофібрили (заклучні структурові елементи колагену) мають вигляд потрійної спіралі та складаються з наступних амінокислот: гліцину, проліну, оксипроліну. Три поліпептидних ланцюги молекули колагену, кожна з молекулярною масою 120 000, з'єднуються у закручену абл. ін й ну структуру і утворюють макромолекули тропоколагену з молекулярною масою близько 300 000.

Колаген є неповноцінним білком, оскільки не містить триптофану, цистину, цистеїну, містить дуже мало тирозину та метіоніну, у ньому переважають глікокол, пролін та оксипролін. До складу колагену входять амінокислоти гідроксипролін та гідроксилізін. Оксипроліну колаген містить більше, ніж якийсь інший білок – 12,8%, тому вміст оксипроліну в м'язах використовують як показник складу сполучної тканини.

Волокна колагену слабо розтягнені. За нагрівання у воді за $t = 60...70^{\circ}\text{C}$ 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.

З протеолітичних ферментів на колаген впливають тільки пепсин та колагеназа, а на механічно роздріблений колаген діють ще інші ферменти (трипсин, трипсин та ін.). Ретикулін, хоча і є схожим на колаген, не утворює желатину під час кип'ятіння.

Колаген спроможний утримувати дуже велику кількість води: 100 г сухого колагену за рН 5...7 поглинають 200 г води. При зміщенні рН у кислий або лужний бік кількість води, що поглинається, стрімко збільшується. Цю властивість використовують у різних процесах переробки сировини, яка містить колаген.

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.

Це єдиний білок, який містить хлорофорний залишок, що надає еластину характерного жовтого кольору та визначає його флуоресценцію. Еластичність цих волокон пов'язана з незвичним поперечним зв'язком між суміжними поліпептидними ланцюгами, які не мають містків S-S.

Визначено, що в місці поперечного зв'язку поліпептид складає дві раніше не виявлені амінокислоти – десмозин та ізодесмозин. Еластин має всього 1,6 % оксипроліну та мало полярних амінокислот; вміст валіну (18%) значно вищий, ніж у колагені.

Ретикулін входить до складу ретикулінових волокон, що утворюють сітчасті комірки, в яких закладено кровоносні судини та клітини органів.

При підвищенні вмісту сполучної тканини знижується біологічна цінність м'яса, оскільки вміст неповноцінних білків зростає, та збільшується його жорсткість. Ускладнення будови сполучно-тканинних утворень підвищує їх стійкість до теплової обробки, тим самим збільшується час доведення м'яса до стану кулінарної готовності.

Ці фактори – кількість сполучно-тканинних утворень та складність їхньої будови – зумовлюють неоднакову технологічну цінність різних частин туші та м'яса різних видів тварин.

Білки ядер – це *нуклеопротеїди* й так звані *кислий та залишковий білки*.

Нуклеопротеїди – сполуки білків абл. ін та проламінів, що мають лужний характер, з нуклеїновими кислотами, котрі складають приблизно 50% сухого залишку ядер. Вони не розчиняються у воді, але розчиняються в лугах та розчинах хлористого натрію. Їх загальна кількість у м'язах складає 0,2...0,25%.

Кислий білок (30...50% сухого залишку ядер) за властивостями нагадує глобулін; розчинний у лугах.

Залишкового білка в ядрах 4...10%, за властивостями та амінокислотним складом він нагадує колаген.

Білки міофібрил – *міозин, актин, актоміозин та 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. Молекула міозину містить 20 амінокис-

слот, у тому числі незамінні. Приблизно 30% амінокислотного складу припадає на частку дикарбонових амінокислот, що надає кислого характеру білкові.

Міозин не розчиняється у воді, розчиняється у сольових розчинах середньої концентрації, висолюється при повному насиченні хлористим натрієм та сірчаноокислим магнієм. Ізоелектрична точка білка відповідає рН 5,4...5,5. Цей білок володіє властивістю ферменту аденозинтрифосфатази, він каталізує найважливішу хімічну реакцію – розщеплення аденозинтрифосфорної кислоти (АТФ) на аденозиндифосфорну (АДФ) та фосфорну кислоти, під час якої звільнюється енергія, необхідна для скорочення м'язового волокна.

Міозин під впливом трипсину розподіляється на важку фракцію – *Н-меромізін* (57%) та легку фракцію – *Л-меромізін* (43%). Н-меромізін, до складу якого входять сульфгідрильні (SH) групи, характеризується АТФ-активністю та об'єднується з актином, утворюючи *актоміозин*. За певних умов міозин утворює стабільні комплекси з катіонами (кальцієм, магнієм, калієм, неорганічним фосфатом, глікогеном, ліпідами та іншими речовинами). Температура згортання міозину 45...50°C. Молекулярна маса міозину дорівнює 850 000. За харчовою цінністю він є повноцінним білком.

Актин складає близько 15% від загальної кількості м'язових білків. Він існує у двох формах: глобулярній (*G-актин*) та фібрилярній (*F-актин*).

G-актин має молекулярну масу 47 000 і складається з одного ланцюга, утвореного 374 амінокислотними залишками. У присутності АТФ, КСІ та іонів Mg^{2+} *G-актин* полімеризується у *F-актин* – двоспиральну структуру, яка складається з 7 молекул *F-актину*. Молекулярна маса *F-актину* 1 500 000. Перехід у *F-актин* прискорюється міозином, але за відсутності АТФ є повільнішим. *F-актин* спроможний вступати у взаємодію з міозином, утворюючи комплексний білок *актоміозин*. *Актоміозин* утворюється внаслідок просунення активних волокон між міозиновими волокнами до середини абл. ін м'язового волокна. 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. За амінокислотним складом, розчинністю та ізоелектричною точкою він якнайближче до *міозину*, однак, на відміну від *міозину*, є неповноцінним білком, тому що в ньому відсутній триптофан, містить значно менше сірковмісних амінокислот. За рН 7 *тропоміозин* добре розчинний у воді, не денатурує під впливом нагрівання. Він складається з двох білків – *тропоміозину-Б* та абл. ін, які знаходяться у тонких протофібрилах Z-мембран.

Ізоелектрична точка *тропоміозину* за рН 5,1. Молекулярна маса – 65 000.

абл. ін – глобулярний білок. Молекулярна маса нативного абл. ін приблизно 80 000. До складу абл. ін входять три субодиниці: абл. ін-1,

тропонин-II та тропонин-III, або Ca^{2+} -зв'язувальний компонент. Усі субодиниці необхідні для надання актоміозинової системі «чутливості» до іонів Ca^{2+} .

До фібрилярних білків, крім того, належать маловивчені водорозчинні білка – α - та β -актиніни.

Білки саркоплазми – міоглобулін, глобулін X, міоген, нуклеопротейди та міоглобін – складають приблизно 32...37% внутріклітинних білків.

Міоальбумін (1...2% усіх білків) є типовим альбуміном. Температура коагуляції його 45... 47°C, ізoeлектрична точка відповідає рН 3,0...3,5.

Глобулін-X (20% усіх білків) включає ряд білків, які є типовими глобулінами, деякі з них виявляють властивості ферментів. Ізоелектрична точка глобуліну-X – близько 5,2. У розчинах білок коагулює за 50°C, молекулярна маса 140000...180 000.

Міоген (20%) розчиняється у воді, частково висолюється хлористим натрієм та сірчанокислим магнієм. Температура коагуляції його розчинів 55...65°C, ізoeлектрична точка знаходиться в інтервалі рН від 6,0 до 6,5. Цей білок являє суміш білкових речовин, деякі з них володіють ферментативними властивостями, прискорюючи окислювальні перетворення вуглеводів та інших сполук. Молекулярна маса міогену 150 000.

Нуклеопротейди є складними білками, які складені з рибонуклеїнових кислот (РНК) та білкового компонента. Вони знаходяться в рибосомах м'язового волокна. Їх вміст у м'язовій тканині складає приблизно 0,2%.

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. Це складний білок типу хромопротейдів, що складається з білка глобіну (94%) та білкового компоненту – гема (4,5%), до складу якого входить двовалентне залізо Fe^{2+} .

Міоглобін – неповноцінний білок, оскільки в ньому відсутня амінокислота ізолейцин, також відсутні цистин і цистеїн. Гемоглобін та міоглобін мають загальні властивості: рН ізoeлектричної точки 6,29, спроможність вступати в реакцію з киснем повітря, окисом азоту, окисом вуглецю, сірковуглецем, відновлюватися, діяти як пероксидаза, каталаза, оксидаза.

Міоглобін має темно-червоний колір і зумовлює природний колір м'язового волокна. 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+}). В деяких випадках можливе окислення заліза до тривалентного (Fe^{3+}), тоді утворюється метміоглобін.

Метміоглобін, як і інші похідні міоглобіну, що зв'язані з газами (CONO), уже нездатний з'єднуватися з киснем. Похідні міоглобіну утворюються під час переробки м'яса та його зберігання.

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. А відновлений, здатний зв'язуватися з киснем міоглобін (Mb) з іоном Fe^{2+} характеризується темно-червоним кольором. У м'ясі міоглобін знаходиться у всіх формах, і колір м'яса залежить від їх співвідношення.

Міофібрилярні та саркоплазматичні білки є основними компонентами, з яких побудовано м'язове волокно.

Під час посолу, варіння та інших видів технологічної обробки м'яса відбуваються втрати білкових речовин. Розмір втрат білків зумовлений різними розчинністю та осаджуваністю.

Білки м'яса володіють найвищою біологічною цінністю, оскільки мають добре збалансований амінокислотний склад, найбільше схожий зі складом амінокислот білків організму людини. Білки м'яса слугують для побудови тканин, ферментів, гормонів. Співвідношення трьох найважливіших незамінних амінокислот – триптофану, метіоніну та лізину – у м'ясі відповідає до формули збалансованого харчування.

Для визначення поживної цінності м'яса визначають відношення повноцінних білків до неповноцінних, а також співвідношення двох амінокислот – триптофану, що характеризує склад повноцінних білків, та оксипроліну, що характеризує склад неповноцінних білків.

8. Білки субпродуктів

Субпродуктами називають другорядні продукти забою тварин: внутрішні органи (їстівні), голови, хвости, нижні частини кінцівок, губи, а також м'ясну 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.

Залежно від складу та особливостей серед субпродуктів розрізняють м'ясо-кісткові, м'якотні, шерстисті та слизові.

М'ясо-кісткові субпродукти – це ті, що мають у своєму складі м'язову тканину та кістку. Це яловичі голови (без язика та мозку) та хвости.

М'якотні – це продукти, які складаються тільки з м'якої тканини (печінка, серце, легені, діафрагма, нирки, селезінка, вим'я, м'ясна обрізь, язики та мозок).

Шерстисті – це вкриті (до обробки) шерстю та щетиною субпродукти (свинячі ніжки, путовий суглоб, вуха, губи, хвости, свинячі та баранячі голови).

Слизові – це субпродукти, вкриті (до обробки) слизовою оболонкою (рубець, сичуг, книжка, свинячий шлунок).

За видом тварин субпродукти поділяють на яловичі, баранячі (козячі), свинячі тощо.

Субпродукти містять значну кількість білків. Їх вміст у різних видах субпродуктів показано в табл. 3. Білковий склад субпродуктів мало чим відрізняється від білкового складу м'яса.

Співвідношення різних білкових фракцій у різних субпродуктах значно відрізняється, що зумовлює різницю в їх харчовій цінності.

Таблиця 3 – Вміст білка у субпродуктах

Субпродукти	Загальна кількість білків, %	Неповноцінні білки, % до загальної кількості
Язик яловичий	13,6	19,0
Язик свинячий	14,2	19,7
Серце яловиче	15,0	15,8
Серце свиняче	13,5	15,7
Печінка яловича	17,4	9,6
Печінка бараняча	18,7	11,1
Печінка свиняча	18,8	6,5
Мозок яловичий	9,0	7,3
Нирки яловичі	12,5	15,1
Вим'я яловиче	12,3	53,0
Рубець яловичий	14,8	49,0
Губи яловичі	20,8	75,0
М'ясо яловичих голів	18,1	39,6
М'ясо яловичих хвостів	19,6	42,9
Вуха свинячі	21,1	89,2
Легені яловичі	15,2	57,3

Рубець. Амінокислотний склад білків рубця характеризується повним набором незамінних амінокислот, загальна кількість яких близька до вмісту в м'ясі. За вмістом таких амінокислот, як лізин, лейцин, фенілаланін, рубець практично не відрізняється від м'яса.

Загальна кількість білка в рубці 15...19%.

Рубець є джерелом сполучнотканинних білків. Основне місце поміж них посідає колаген (10,5 %), невелика частка припадає на еластин (0,59%).

М'ясна обрізь. За хімічним складом м'ясна обрізь незначно відрізняється від м'яса. За середнього вмісту білка в м'ясі 19,2%, у яловичині його міститься 18,9 %, свинині – 16,0 %.

Кількість колагену в білках обрізі яловичини – 3,8%. Сума незамінних амінокислот у білках м'ясної обрізі яловичини досягає 34,42 %, що незначно відрізняється від м'яса.

няється від м'яса (39,59 %), а за складом таких амінокислот, як гістидин, аргінін, білки м'ясної обрізі яловичини перевершують білки м'яса. Треба відзначити низький вміст у білках м'ясної обрізі триптофану, якого в м'ясі вдвічі більше. Білки м'ясної обрізі яловичини володіють низькою швидкістю перетравлення.

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, нуклеопро-теїдами, 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, ліпопротеїдами, нуклеопро-теїдами, нейрокреатинами та незначною кількістю інших білків.

Легені. Відрізняються високим вмістом колагену (4,6%) та еластину (~1%) та невеликою кількістю повноцінних білків.

Ноги, м'ясо хвостів та голів, рубець, сітки, сечуг, вим'я, вуха та губи. Містять до 50...70% колагену та 10...15 % еластину.

Вим'я. Білки вимені містять 24,97 % незамінних амінокислот. За вмістом таких амінокислот, як гістидин, аргінін, гліцин, пролін, серин, вим'я перевершує м'ясо. За БЯП білки вимені суттєво поступаються м'ясові (0,025 і 0,25, відповідно). Білки вимені мають середню швидкість перетравлення. Білок вимені містить значну кількість колагену (4,2...5,8%), невелика частка припадає на еластин (0,5...0,8%).

Печінка. Кількість білка в печінці складає від 17,4 до 18,7%. З них на частку колагену припадає 1,4...2,0%, а еластину – 0,1%.

Білки печінки представлені великою кількістю глобулінів (до 75% від загальної кількості білків) та альбумінів (16...17%). Також у печінці міститься досить велика кількість (близько 1% від маси білків) хромопротеїдів ферину та феритину, які виступають постачальниками заліза в організм, особливий інтерес становить залізовмісний пігмент гемосидерин. Крім того, у печінці містяться нуклеопро-теїди, глікопротеїди, колаген та еластин.

Характеризуючи властивості білків печінки, слід підкреслити, що *глобуліни* нерозчинні у воді, добре розчиняються в розчинах нейтральних солей (5...10%), повністю висолюються NaCl та магнієм сірчано-кислим при повній насиченості та сірчано-кислим амонієм (30...50 %). Глобуліни з сольових розчинів випадають при додаванні води або при діалізі. Молекулярна маса 16 000...180 000. Методом електролізу виділено п'ять, а імуноелектрофорезом – понад тридцять фракцій глобулінів. Ізоелектрична точка лежить у межах 5,0...5,8.

Альбуміни печінки добре розчиняються у воді та розчинах нейтральних солей. Висолюються сірчано-кислим амонієм (80...100%), а також сірчано-кислим магнієм та NaCl (80...100%) за умови підкислення розбавленою оцтовою кислотою. Молекулярна маса – близько 69 000. Це найбільш дисперсні білки. Молекула складається з одного поліпептидного ланцюга діаметром 4 нм, довжиною 14 нм. Завдяки великій густині електричних зарядів та малій молекулярній масі, у молекул альбумінів добра електрофоретична рухомість та розчинність.

Крім альбумінів, у печінці містяться близькі до них преальбуміни (моле-

кулярна маса 61 000). Ізоелектрична точка преальбумінів лежить у межах рН 4,6, для міоальбуміну – рН 3,3.

До глікопротеїдів належать білки, які містять у якості простетичної групи вуглеводи, характерною особливістю яких є те, що вони нерозчинні у воді та розчинні в слабких лугах.

Нуклеопроїди печінки складаються з двох компонентів – простих білків (гістонів, протамінів) та нуклеїнових кислот, розчиняються в слабких лугах.

Феритин – хромопротеїд, містить до 5% заліза та фосфору. Розчиняється у воді, осаджується 50 % спиртом, за рН 7 стійкий, а за рН<4 та рН>10 легко відділяє залізо. Денатурація починається за 60°C; за 60...80°C вона є зворотною, за $t > 80$ °C відбувається повна денатурація.

9. Білки молока

Молоко являє собою полідисперсну систему. Дисперсні фази молока знаходяться в іонно-молекулярному (мінеральні солі, лактоза), колоїдному (білки, фосфат кальцію) та грубодисперсному (жир) стані.

Високу харчову цінність молока зумовлено оптимальним вмістом у ньому необхідних для харчування людини білків, жирів, вуглеводів, мінеральних солей та вітамінів, а також сприятливим, майже ідеальним їх співвідношенням, при якому ці речовини майже повністю засвоюються.

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.

З 18 амінокислот молока такі незамінні амінокислоти, як триптофан, метіонін, ізолейцин, лейцин, фенілаланін та валін, містяться в білках молока в значно більших кількостях, аніж у білках рослинних продуктів, м'яса та риби.

Біологічна цінність білків молока характеризується амінокислотним скором, який у жіночого молока близький до 100 %, а коров'ячого складає 95 %.

Білки коров'ячого молока особливо багаті на лізин та треонін, лімітуювальними є метіонін та цистин.

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 %.

Білки молока неоднорідні, вони різні за складом, вмістом, фізико-хімічними властивостями, біологічною цінністю та мають різні технологічні властивості.

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 °C 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. Ці дві групи білків

молока також неоднорідні, вони складаються з фракцій, які мають не тільки різну активність руху в електрофоретичному полі, але й різну розчинність у різних речовинах та за різних умов.

Фракційний склад казеїну та сироваткових білків складається з видів, які наведено в табл. 4.

Фракції казеїну та сироваткових білків відмінні за молекулярною масою, ізоелектричною точкою, співвідношенням амінокислот, особливостями складу та структури.

Практичне значення для виробництва молочно-білкових продуктів мають усі фракції як казеїнів, так і сироваткових білків, за винятком протеозопептонної та небілкового азоту.

Таблиця 4 – Фракційний склад білків молока

Казеїнова фракція			Фракція сироваткових білків		
Білки	Вміст, % від загальної кількості білків знежиреного молока	ІТ	Білки	Вміст, % від загальної кількості білків знежиреного молока	ІТ
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	імуноглобуліни	1,9...3,3	5,5...6,8
			протеозопептони	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. Елементарний склад білків молока, %, наступний: вуглець – 52...53; водень – 7, кисень – 23, азот – 16, сірка – 0,7...01,7, а до складу фосфопротеїдів входить ще й 0,8% фосфору.

Білки молока – це глобулярні білки, тому що їх поліпептидні ланцюги скомпоновано в молекули у вигляді глобул.

Білки мають велику молекулярну масу. У розчинах вони знаходяться у вигляді колоїдів, оскільки їх частини мають значні розміри, порівняно з дисперсним середовищем, та складають від 1 до 200 нм.

Основним білком молока є фосфопротеїд – казеїн. На його частку припадає 4/5 усіх білкових речовин молока.

Відокремлений з молока очищений казеїн – це аморфний порошок, який не розчиняється у воді, але розчиняється в слабких розчинах лугів, солей лужних металів та мінеральних кислот. Він не має смаку, запаху, має білий колір.

Як і взагалі білки молока, казеїн є неоднорідним. З наведеної вище класифікації білків молока видно, що в казеїні 4 фракції, які розрізняються за амінокислотним складом, вмістом залишків фосфорної кислоти, реагуванням на іони кальцію та сичужний фермент.

α -казеїн – основна фракція – містить підвищену кількість лізину, аспарагінової кислоти, тирозину, але мало лейцину, проліну, фенілаланіну. У його поліпептидному ланцюгу 8 залишків фосфорної кислоти, що визначає його підвищену чутливість до іонів кальцію, під дією яких він, до того ж, гарно осідає.

β -казеїн характеризується підвищеним вмістом валіну, лейцину, проліну та зниженим вмістом аланіну, аспарагінової кислоти.

У поліпептидному ланцюгу 5 залишків фосфорної кислоти, що визначає знижену його чутливість до іонів кальцію: при низьких позитивних температурах він до них нечутливий і не осідає, а при середніх (35°C) осідає.

γ -казеїн – фрагменти поліпептидного ланцюга **β -казеїну**.

κ -казеїн – на відміну від інших фракцій, містить цистеїн, має підвищений вміст треоніну, аланіну, але мало метіоніну та гліцину.

У його складі лише один залишок фосфорної кислоти, тому він нечутливий до іонів кальцію і не осідає, також до його складу входить вуглевод, тому він належить до фосфоглікопротеїдів. У міцелах казеїну **κ -казеїн** виконує захисну роль відносно до **α -** та **β -казеїну**. Під дією сичужного ферменту його молекула розпадається на 2 частини. Одна з них, пара- **κ -казеїн**, має гідрофобні властивості, а друга, глікомакропептид, – гідрофільні.

У молекулі казеїну кількість вільних карбоксильних груп домінує над амінними, у результаті чого він має кислу реакцію.

При блокуванні в казеїні аміногруп, наприклад формальдегідом, посилюються кислі властивості казеїну, що використовується для визначення вмісту білків у молоці методом формального титрування.

Карбоксильні групи казеїну можуть реагувати з альдегідними групами лактози та з іонами металів, утворюючи казеїнати. Полярні групи, які знаходяться на поверхні та всередині молекули казеїну (-NH₂, -COOH, -OH), можуть зв'язувати молекули води, тобто виявляють гідрофільні властивості.

Стійкість казеїнових міцел у молоці також значною мірою залежить від гідрофільних властивостей казеїну, тому що вода, яка зв'язується казеїном, утворює навколо міцел казеїну захисну гідратну оболонку, що зумовлює стійкість цієї системи.

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.

У казеїновому комплексі головну роль відіграє кальцій, який утворює кальцієві містки між казеїнатами кальцію, серинфосфатними групами двох молекул казеїну. Кальцієві містки відіграють суттєвої ролі в агрегації колоїдних часток казеїну при його сичужному або кальцієвому згортанні.

Частки КФКК різні за величиною, тобто полідисперсні. Їх діаметр – 200...300 нм. Приблизно 80 % усіх часток КФКК молока має діаметр 20 нм, що відповідає до суб'єдиниці міцели.

Кожна міцела казеїну складається з твердих, однакових за розміром (10...20 нм) субодиниць кулястої форми. Поверхня субодиниці нерівна. Субмі-

цели зливаються в міцели за допомогою колоїдного фосфату та кальцієвих містків. Субміцели з незначним вмістом γ -казеїну або без нього знаходяться всередині міцели, а з великим вмістом γ -казеїну – на її поверхні.

Міцели казеїну стійкі до нагрівання та механічної обробки молока. Стабільність їх залежить від вмісту розчинних солей кальцію, хімічного складу казеїну, активної кислотності та інших факторів.

У свіжому молоці за рН 6,6 міцели казеїну мають негативний заряд. Ізoeлектрична точка спостерігається для казеїну при рН 4,6...4,7. За цієї активної кислотності казеїн електронейтральний, має найменшу розчинність та коагулює.

Комплекс білків, які залишаються в сироватці після видалення з молока до досягнення ізoeлектричної точки казеїну, називають *сироватковими* (за місцем знаходження групи білків). Вони складаються з *β -лактоглобуліну, α -лактоальбуміну, альбуміну сироватки крові, імуноглобулінів та протеозо-пептидної фракції.*

Окрім цих білків, у дуже незначних кількостях є інші, але вони не мають практичного значення. На частку β -лактоглобуліну припадає 7...12% усієї кількості білків молока. Під час нагрівання молока до 85...100°C він увесь коагулює, а з солями кальцію утворює молочний камінь. У підігрітому молоці з κ -казеїном утворює комплекси і разом з ним випадає в осад. Його ізoeлектрична точка за рН 5,3. За теплової обробки молока утворюється комплекс β -лактоглобулін- κ -казеїн, який перешкоджає дії сичужного ферменту на казеїн та впливає на термостійкість казеїнових міцел.

У менших кількостях у молоці міститься α -лактоальбумін (2...5% від загальної кількості білків молока). Ізoeлектрична точка за рН 4,2...4,5.

Цей білок сильно гідратований і тому не коагулює в ІТ, не коагулює під дією сичужного ферменту. Відносно термостійкий, що виказує наявність у молекулі великої кількості S-S зв'язків.

Імунних глобулінів у молоці ще менше (1,9...3,3%), але в молозиві вони складають 90% від загальної кількості сироваткових білків.

Вони термолабільні і денатурують уже під час нагріву молока до температури вище 70°C.

Імуноглобуліни об'єднують групу високомолекулярних білків (глікопротеїдів), виконують функцію антитіл. Імуноглобуліни молока мають властивості аглютинації – склеювання мікробів, а також кульок жиру.

Протеазо-пептони – це найбільш термостабільна частка сироваткових білків. Протеазо-пептони не осідають зі знежиреного молока за рН 4,6 після нагрівання до 95...100 °C протягом 20 хвилин (їх можна видалити 12% трихлорцтовою кислотою). Вони складають близько 24 % сироваткових білків та 2...6% усіх білків молока.

Під час готування їжі в процесі технологічної обробки білки молока зазнають значних змін. Теплова денатурація сироваткових білків молока виявляється у зниженні їх розчинності, а також у звільненні активних сульфгідрильних груп (-SH) амінокислот, які містять у собі сірку (цистин та цистеїн).

Вже за 65°C починається денатурація альбуміну, яка посилюється зі збільшенням температури та часу її дії. За моментального нагрівання до 75 °C згортається 15 % альбуміну, до 81 °C – 71 %, до 95 °C – денатурує весь альбумін.

Під час швидкої пастеризації (72...76°C з витримуванням 15...20 хв.) головна частина сироваткових білків зберігає високий ступінь дисперсності та не коагулює з казеїном при кислотному та сичужному згортанні молока. З підвищенням температури теплової обробки (85...87 °C з витримуванням 5...10 хв.; та 92...95 °C – 2...3 хв.) відбувається майже повна денатурація та агрегація сироваткових білків, які коагулюють з казеїном. Тому казеїн набуває великої спроможності до гідратації, підвищує зневодненість згустку. Сироваткові білки також беруть участь у створенні структури згустку, надаючи йому твердості.

Найбільш лабільні імунні глобуліни – β -лактоальбумін та сироваткові альбуміни, найбільш стійкою фракцією є α -лактоальбумін. Зміна кількісного співвідношення окремих фракцій сироваткових білків призводить до зміни вмісту в останніх деяких амінокислот.

Казеїн, на відміну від сироваткових білків, має значно більшу термостійкість. Свіже молоко може витримувати нагрів до 150...160 °C без явних ознак коагуляції казеїну.

З підвищенням кислотності казеїновий комплекс коагулює за більш низьких температур. Молоко з кислотністю 55...60 °T згортається при кімнатній температурі. Одна з важливих технологічних якостей білків молока, що суттєво впливає на особливості технологічних процесів виробництва молочних продуктів, є їх гідратація.

Вона зумовлена тим, що молекули білка на поверхні міцел та всередині їх мають значну кількість іонізованих полярних груп атомів, що створює можливість для отримання глобулою електричного заряду. Оскільки молекули води в молоці також електрзаряджені та мають дипольну структуру, то вони, завдяки взаємодії різнойменних електрзарядів, орієнтуються навколо міцел казеїну, утворюючи гідратні оболонки. Будучи досить стійкими, вони захищають міцели від злиття, стабілізуючи полідисперсну систему, якою є молоко. Захисні властивості гідратних оболонок залежать від їх товщини та міцності.

Завдяки стабільності колоїдної системи в процесі теплового впливу, молоко широко використовується в технології продукції громадського харчування як технологічне середовище при виготовленні супів, соусів, солодких страв, напоїв, других страв.

До функціональних властивостей білків молока треба віднести їх здатність емульгувати жири, стабілізувати жирову емульсію, підвищувати водозв'язувальні та водопоглинальні можливості, утворювати дрібнопористі піни.

10. Білки рослинного походження

У рослинах білкові речовини містяться звичайно в меншій кількості, аніж вуглеводи, проте відіграють у них величезну роль, оскільки білки складають основну масу протоплазми.

Велика кількість білка міститься в окремих видах насінні, найбільше – у бобових та олійних культурах, наприклад у горосі, квасолі, сої, соняшнику. З цього насіння порівняно легко можна виділити препарати білків для вивчення їх хімічного складу та будови. Отримати препарати білкових речовин з вегетативних органів рослин важко, тому що в них білки міцно зв'язані з вуглеводами та іншими речовинами, які перешкоджають виділенню білків та їх очищенню. Отримання таких препаратів ґрунтується на тому, що білки розчиняються у воді, сольових, водно-спиртових та слабколужних розчинах. Залежно від того, яким розчинником екстрагували білок з даного розчиненого матеріалу (наприклад, сої), розчин піддають подальшій обробці для виділення білка: кип'ятять, насичують солями або ж нейтралізують кислотою. Молекулярна маса білкових речовин може досягати декількох мільйонів.

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. Ферментні та структурні білки – це *білки протоплазми*. Окрім цих білків, у клітинах рослин присутні захисні та токсичні білки, вони утворюються в рослинах при мікробному зараженні, пригноблюючи розвиток мікроорганізмів.

У олійному насінні більша частина простих білків належить до глобулінових фракцій.

У насінні олійних рослин синтезуються білки-інгібітори ферментів – трипсину та хімотрипсину, а також ферменти-інгібітори гідролаз. У насінні сої близько 5% від загального вмісту білка припадає на частку інгібітора трипсину. Молекулярна маса білків-інгібіторів 8000...30 000, вони добре розчиняються у воді або розбавлених розчинах солей.

Місцем відкладення запасних білків є внутріклітинні утворення – алейронові зерна, вони присутні в клітинах запасникових тканин насіння – часток та ендосперму. Основним хімічним компонентом алейронових зерен є білок, вміст якого складає від 70 до 80%. Відносно інертні запасні білки кристалоїду оточені білками з підвищеною ферментативною активністю, і алейронове зерно містить не тільки запасний білок та фітин, але й ферментативний апарат для їх наступного використання рослинами, що розвиваються.

Склад білків насіння наведено в табл. 5.

Білки соєвих бобів, насіння соняшника та інших олійних культур містять достатню кількість майже всіх незамінних амінокислот.

Насіння олійних рослин має значний потенціальний резерв білкових речовин. Виробництво білкових продуктів з олійного насіння взагалі забезпечує можливість для більш повного задоволення потреб населення у повноцінних

продуктах, а також розширення шляхів регулювання органолептичних, харчових, механічних, дієтичних та інших характеристик харчових виробів.

Таблиця 5 – Склад простих білків насіння (в % від загальної кількості)

Культура	Альбуміни	Глобуліни	Проламіни	Глютеліни
Соняшник	сліди	головна фракція	сліди	сліди
Арахіс	сліди	97	сліди	сліди
Рицина	близько 10	близько 90	сліди	сліди
Кунжут	близько 4	80...85	сліди	незначна кількість
Льон	сліди	головна фракція	сліди	незначна кількість
Соя	мало	85...90	сліди	сліди
Бавовник	сліди	90	сліди	10
Жито	4,5	19,3	47,8	28,4

До рослинних білків також відносяться **білки борошна**.

Борошно – продукт, який отримують, здрібнюючи зерна злакових, гречки, бобових. Найважливішими компонентами зерноборошняних товарів у харчовому та технологічному аспектах є білки, що вони є частиною білково-протеїназного комплексу борошна. Окрім білків, до цього комплексу входять протеолітичні ферменти, активатори та інгібітори протеолізу.

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 нуклеопроїди.

Вміст білків у пшеничному борошні залежить від його гатунку. Так, у борошні вищого та I гатунку білків 10,3%, у борошні II гатунку – 11,7 %, об'ємному борошні – 12,7%. У житньому борошні сіяному – 6,9 %, об'ємному – 0,7 %, обдирному – 8,95 %.

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.

Окрім цього, білок ендосперму зерна (основна частина борошна) розміщений нерівномірно.

Представником альбумінів є *лейкозин* – білок зародку пшениці, а отже, низькосортного борошна. Його вміст – 0,04 % до маси борошна.

Вміст глобулінів у борошні незначний. Разом з альбумінами (лейкозином) їх кількість становить 0,26...0,44 % від маси борошна.

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. Гліадин швидко набрякає, на відміну від інших білків 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. Молекулярна маса клейковинних білків, а також компонентів, які вони містять, різна і становить від 10 000 до декількох мільйонів. Вважають, що середня молекулярна маса глютеніну – 1,5...2,0 мільйони. Молекулярна маса альбумінів та глобулінів значно менша.

Загальна характеристика білків борошна пшениці та їх функції у тістоутворенні наведено в табл. 6.

Таблиця 6 – Характеристика білків борошна пшениці та їх функції у тістоутворенні

Тип протеїнів, їх співвідношення	Глютеліни, проламіни (85 % протеїнів)		Неглютеліно-подібні (15 %)	
	Глутенін 40-45 %	Гліадин 55-60 %	Альбумін 60 %	Глобулін 40 %
Вміст у молях на 100 г - іонізованих угруповань	87 (слабо іонізованих) збагачені на амінокислоти з лужними характеристиками	66 (дуже слабо іонізованих) збіднені на лізин		Багатий на лізин
-амінокислотних угруповань	365	381		
+	значна кількість			
гідроксильних угруповань	здатність до гідратації та утворювати водневі зв'язки			
- неполярних угруповань	301	390		
	значна кількість			
	значна кількість дозволяє утворювати зв'язки з ліпідами	збагачений на пролін		
- угруповання -SH + 1/2 (S-S)	1-17 тільки у формі SH			
	утворення S-S в середині та між ланцюгами - S-S- $\left[\begin{array}{c} \updownarrow \\ S - \end{array} \right]_n$ що призводить до збільшення молекулярної маси і обумовлює скла-дення ланцюгів	утворення S-S зв'язків між ланцюгами		
Функції:	відповідають за утворення S-S зв'язків та їх обмін в процесі замісу тіста, тістоутворення, та визрівання мукки			
	відповідають за утворення гідрофобних зв'язків з гліколіпідами	відповідають за утворення гідрофільних зв'язків з гліколіпідами		

Тип протеїнів, їх співвідношення	Глютеліни, проламіни (85 % протеїнів)		Неглютеліно-подібні (15 %)	
	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. Вони здатні поглинати до 250...300 % води, при цьому утворюючи (лише білки пшеничного борошна) клейковинний каркас тіста. Дуже значною відмінною особливістю білкових речовин житнього борошна є їх здатність до швидкого та інтенсивного набрякання. Значна їх частина необмежено набрякає та пептизується, утворюючи в'язкий колоїдний розчин. Виходячи з цього, незважаючи на присутність гліадину та глютеніну, білки житнього борошна не утворюють клейковини.

До складу білків пшеничного борошна входить 18 амінокислот, у тому числі усі незамінні. Альбуміни та глобуліни містять більше лізину, аргініну, аланіну, аспарагінової кислоти та гліцину, але менше фенілаланіну та проліну, порівняно з білковими речовинами клейковини. За вмістом інших амінокислот істотної різниці між цими білками немає. Тому в борошні низького гатунку (обойному борошні) незамінних амінокислот більше і його біологічна цінність значно більша за інші гатунки.

У білках пшеничного борошна лімітувальними амінокислотами є лізин, треонін, а також метіонін. Засвоєння білків борошна становить 83...85%.

Однією з найважливіших властивостей білків борошна також є їх здатність до денатурації та старіння.

Під час денатурації білки втрачають здібність до набрякання, віддають частину води та утворюють еластичний гель зі стійкою формою. Швидкість та ступінь денатурації залежить від температури, тривалості нагрівання та вологості продукту, тобто гідрофільності білків у продукті. Температура денатурації також залежить від гідрофільності білків. У процесі зберігання гель віддає частину води. Процес цей зветься синерезисом. З цим пов'язано черствіння, наприклад, хліба.

Запитання для самоперевірки:

1. Білки. Класифікація білків. їх склад і структура. Фізико-хімічні та функціоналі, но-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.

12. Білки яєць. Фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості, перетворення в технологічному процесі.

13. Білки м'яса риби та інших гідробіонтів. Фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості, перетворення в технологічному процесі.

14. Білки м'яса тварин. Фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості. Міоглобін та його перетворення в технологічному процесі.

15. Білки субпродуктів, їх змінювання за технологічного впливу.

16. Білки молока. Загальна характеристика, фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості білків молока.

17. Змінювання білків молока в технологічному процесі.

18. Білки рослинного походження. Фізико-хімічні та функціонально-технологічні властивості. Змінювання, що їх викликає технологічний вплив.

ЛЕКЦІЯ 1.3 ХАРЧОВІ ПРОДУКТИ ЯК ДЖЕРЕЛО ВУГЛЕВОДІВ

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.

5. Вуглеводи сировини та їх змінювання під впливом технологічної обробки.

6. Крохмаль, його вплив на забезпечення якості кулінарної продукції.

7. Вуглеводи клітинних стінок рослин (харчові волокна).

8. Функціонально-технологічні та фізико-хімічні властивості гідроколоїдів полісахаридної природи.

Рекомендована література для вивчення теми: [1, 2]

Ключові слова: вуглеводи, моносахариди, олігосахариди, полісахариди, крохмаль, карамелізація, меланоїдиноутворення, клейстеризація, ретроградація, модифіковані крохмалі, ретроградація, харчові волокна, вуглеводи клітинних стінок, пектинові речовини, гідроколоїди полісахаридної природи.

1. Загальна характеристика вуглеводів

Поряд з білками до поживних речовин належать вуглеводи, які забезпечують енергетичну потребу організму, а в частці неперетравлюваних полісахаридів є харчовими волокнами, які структурують процес травлення у організмі людини.

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

Вуглеводи найчастіше класифікують за *хімічним складом* таким чином:

- моносахариди (триози – гліцеріновий 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 $(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O})_n$, тобто побудовані з вуглецю та води, звідки і пішла назва вуглеводи. Формально під визначення моносахаридів підпадають формальдегід $\text{C}_1\text{H}_2\text{O}$ та гліколевий альдегід $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$.

Але визначено, що до моносахаридів відносяться сполуки з кількістю вуглецю у ланцюгах від 3 до 7. Тому 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 хіральных центрів розрізняють *D-ізомери* та *L-ізомери*.

Під D-конфігурацією розуміють ту, у якій розміщення замісників у передостанньому атомі вуглецю співпадає з їх розташуванням у D-гліцерінового альдегіду.

Карбонільні угруповання моносахаридів з довжиною ланцюга $n=5$ та більше спроможні утворювати з відповідними гідроксигрупами циклічні напівцеталі або напівкеталі, які знаходяться у рівновазі з ланцюговими формами. При цьому виникають:

- п'ятичленні циклічні сполуки, які утримують **кільце фурана** (фуранозна форма пентоз);
- шестичленні, які утримують **кільце пірана** (піранозна форма гексоз).

До складу харчових продуктів входять як самі моносахариди, так і продукти їх біологічної та технологічної трансформації, що виникають за рахунок реакції окислення та відновлення. Продукти відновлення однієї із гідроксигруп моносахариду носять назву дезоксісахарами, наприклад, дезоксірибоза, яка є передвісником ДНК. Окислення альдегідної групи до карбоксильної призво-

дить до виникнення відповідних альдонових кислот, а окислення кінцевої спиртової групи до карбоксильної – до уронових кислот. До складу ряду полісахаридів входять також похідні D-глюкози та D-галактози, у яких при атомі С2 гідроксігрупа замінена на аміногрупу з утворенням відповідно D-глюкозаміну та D-галактозаміну. Висока хімічна споріднена активність призводить до виникнення великої кількості різних оліго- та полісахаридів шляхом конденсації напівацетальної гідроксігрупи при атомі С1 з однією із гідроксігруп сусіднього моносахариду (С2, С3, С4, С6). Утворений зв'язок носить назву *D-глікозидний*.

Першочергове значення в енергетичному обміні має *глюкоза*, вона є важливим субстратом окислення та попередником глікогену людини. З неї в організмі синтезуються також триози, тетрози, пентози, інші гексози (фруктоза), глюкуронові кислоти, їх азотисті похідні (глюкозаміни). Вони входять до складу дисахаридів, складних вуглеводів.

Надлишок глюкози пригнічує дію підшлункової залози, яка виробляє інсулін, що може призвести до виникнення цукрового діабету.

У *фруктози* дещо інший шлях перетворень у організмі. Вона в більшому ступені затримується печінкою і тому менше потрапляє в кров. Надійшовши у кров, вона швидше вступає в різні обмінні реакції.

Фруктоза переходить у глюкозу в процесах обміну речовин, але збільшення концентрації глюкози в крові відбувається при цьому більше повільно і не викликає загострення діабету. Встановлено також, що дія фруктози значно менше, ніж дія сахарози та глюкоза, викликає карієс зубів.

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. Загальна емпірична формула – $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Дисахариди відрізняються один від одного як складом, так і особливостями будови. Одні можуть бути побудовані із гексоз, інші – із пентоз, або із гексоз та пентоз в альдо- та кетоформі. 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 С4) іншого простого цукру;
- за рахунок напівацетальних гідроксилів обох простих цукрів.

Серед найбільш важливих дисахаридів необхідно виділити *сахарозу, лактозу та мальтозу*, які шляхом ферментативного гідролізу перетворюються на моносахариди. Відсутність ферментів, що розщеплюють лактозу і мальтозу, стає фактором неможливості перетворення останніх.

У тих випадках, коли з їжею надходить недостатня кількість цукрів, що є найважливішими енергетичними продуктами, організм задовольняє потребу в енергії за рахунок білків та жирів за допомогою механізму трикарбонового циклу Кребса. Він є не тільки головним шляхом окислювального розщеплення різних речовин у організмі, а й виконує важливу роль під час синтезу вуглеводів, жирів, амінокислот та в процесах взаємоперетворень.

Той факт, що вуглеводи в енергетичному відношенні можуть компенсаторно замінюватися жирами, а також можливість синтезу вуглеводів в організмі дозволяє віднести їх до групи замінних. Вони не досить суворо нормуються в харчуванні.

Лактоза, або молочний цукор складається із залишків галактози і глюкози. В утворенні кисневого містка між моносахаридами приймають участь напівацетальний гідроксил галактози та спиртовий гідроксил глюкози (C4).

До дисахаридів також відноситься целлобіоза, яка побудована по типу мальтози, утворюється із двох залишків глюкози, але одна із них є β -глюкоза. Вона є складовою частиною клітковини, і може бути отримана як продукт її гідролізу.

Серед інших олігосахаридів найбільш поширені рафіноза та стахіоза. Рафіноза, або мелітроза складається із залишків галактози, глюкози, фруктози і входить до складу цукрового буряка, морських водоростей; стахіоза складається із двох залишків галактози, глюкози та фруктози, відновлювальних властивостей не має, входить до складу клубнеплодів. В загальному вигляді номенклатура олігосахаридів налічує близько 350 сполук.

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.

До гомополісахаридів належать полісахариди, що побудовані з глюкози (глюкани), фруктози (фруктани), манози (манани). Частіше за все зустрічаються глюкани, яких уже нараховують понад десять. З глюканів найбільше поширені крохмаль, глікоген, клітчатка. За рахунок крохмалю та глікогену задовольняється головна потреба тварин і людей у вуглеводах.

Найважливішими гетерополісахаридами являються гетерогеміцелюлози, пектинові речовини (у рослин), гіалуронова та хондроїтинсірчиста кислоти та гепарин (у тварин та людей).

Узагальнююча схема класифікації вуглеводів, які зустрічаються у харчових продуктах наведена на рис. 6.

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

Харчові волокна не несуть енергії в організм, але їх роль надто важлива. Вони мають велике значення під час структурування калових мас та в очищенні поверхні кишкового тракту, тобто є фактором травлення, що регулює доступність нутрієнтів їжі ферментативній системі травлення людини. Також вони сприяють прискоренню виведення із організму токсинів та канцерогенів.

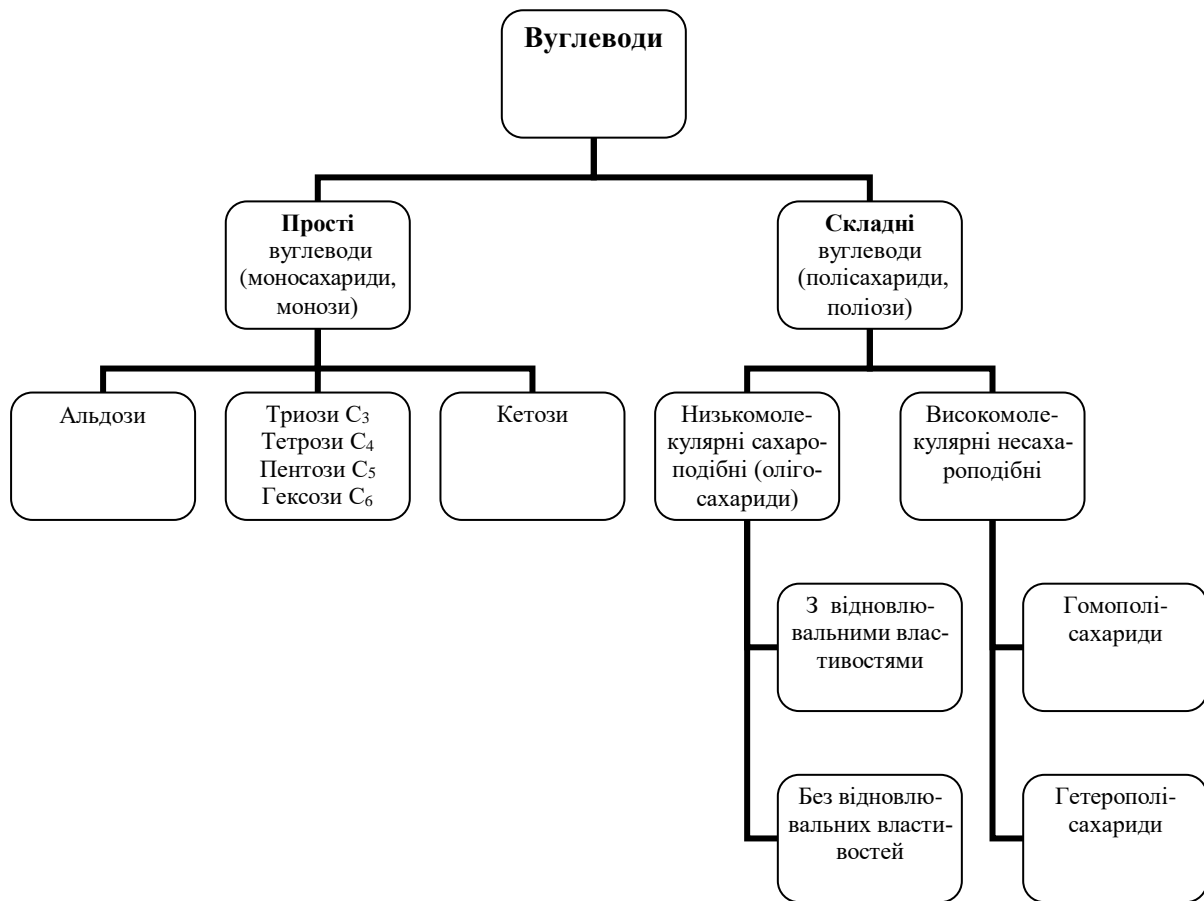


Рисунок 6 – Класифікація вуглеводів

Недостатнє споживання їх гальмує перистальтику кишечника, спричиняє виникнення запорів та дисфункцію прямої кишки. Рослинні волокна стимулюють моторну функцію жовчепровідних протоків та процес виведення жовчі. Рекомендується з їжею вживати не менше 30...40 г/добу харчових волокон.

Найбільше поширеними полісахаридами є крохмаль, глікоген, клітковина, також полісахариди поширені у складі клітинних стінок та бактерій.

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

За товарознавчою класифікацією вуглеводи в чистому вигляді у заклади ресторанного господарства та підприємств 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 пектини (яблучний, цитрусовий), сульфатовані полісахариди – агар, агароїд, фурцеларан, карагінан.

З точки зору технологічного процесу в окрему товарознавчу групу слід виділити гідролоїди природного походження. Вони в технологічній практиці використовуються як функціональні добавки з властивостями полімерів за рахунок своєї здатності утворювати водні колоїди, які можуть розчинятися або диспергуватися у воді і проявляти ефект загущення або гелеутворення. Вони характеризуються великою молекулярною масою ($10^5 \dots 10^6$), здатні утворювати тримірну сітку у водних системах, що призводить до підвищення в'язкості розчинів, а при достатній концентрації до фіксування води і утворення гелів. Гідролоїди 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;
- кріо протекторів.

Гідролоїди за походженням поділяються на

- гідролоїди природного походження;
- повністю, або напівштучні гідролоїди.

Гідролоїди природного походження включають:

– продукти які виділені з рослин, так звані *гумми*, типові для дерев та кущів сухих районів, наприклад гумми: арабик, карайя, трагаканта, клей вишні, сливи. *Гумми (камеді)* – поліцукри, які виділяються при порушенні цілості рослин у вигляді прозорої рідини, яка застигає. Вони представляють собою нейтральні кальцієві та магнієві солі високомолекулярних органічних кислот, які складаються із залишків гексоз, пептоз, дезоксігексоз та гексуронових кислот. Продуктами гідроліза різних камедів є Д-галактоза (рідко Д-манноза), α -арабіноза (рідко Д-ксилоза), Д-глюкуронова кислота (рідко Д-галактуронова кислота) і інші речовини;

- *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 гідролоїди отримують різними методами модифікації природної сировини, наприклад, перетворенням целюлози в карбоксиметилцелюлозу, метилцелюлозу, гідроксіпрпілцелюлозу.

Різні гідролоїди рослинного походження, які відносяться до категорії харчових волокон, або так званої дієтичної клітковини що знаходять застосування у якості гелеутворювачів, загусників та характеризуються:

- великою здатністю до набухання і утримання значної кількості води;

- утворенням рідиноподібної консистенції водних систем в результаті збільшення в'язкості при збільшенні їх концентрації:

- здатністю за певних умов утворювати гелі з певною текстурністю та характеристиками, наприклад, пористістю;

- здатністю виступати у ролі кріопротекторів, які змінюють швидкість льодоутворення, та модифікації характеру кристалів льоду.

При використанні харчових волокон в технології дієтичних продуктів найсуттєвішими їх властивостями є:

- здатність «імітувати» стан насичення та притуплювати відчуття голоду;

- здатність утримувати та зв'язувати воду у продуктах, які знаходяться в кишковому тракті та збільшення часу перебування їх у кишковому тракті;

- визволення та збільшення шляху ресорбції харчових компонентів.

Серед технологічних властивостей моносахаридів та дисахаридів найбільш суттєвим у технологічному процесі є їх здатність надавати харчовим системам *солодкого смаку*. За відчуттям солодкості (якщо рівень солодкості сахарози прийняти за 100), солодкість фруктози буде характеризуватися величиною 173, глюкози – 74, мальтози – 32, лактози – 16.

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.

Солодкий смак залежить від ступеню гідролізу та частки речовин, що редукують у патоці. Ступінь відчуття солодкого смаку у карамельній патоці 38...44% речовин, що редукують, нижчий за низькоцукрену карамельну, та високоцукрену глюкозну (70%). Меншою інтенсивністю ніж цукор характеризуються мальтозна патока (68% цукрів за мальтозою) і мальтозні екстракти, що їх отримують ферментативним гідролізом із солоду.

У зв'язку з виникненням проблеми легкозасвоюваних калорій досить часто в технології використовуються замітники солодкого смаку, до яких слід віднести сорбіт, ксиліт, деякі спирти та велику гаму заміників цукру різної природи, у т.ч. сахарин, аспартам та інші.

Прості цукри за функціональними властивостями характеризуються як визнані структуроутворювачі, що суттєво впливають на органолептичні показники виробів, визначаючи їх консистенцію. Структуроутворення простих цукрів і в суміші з іншими компонентами їжі повинно обов'язково враховуватися інженерами-технологами під час організації технологічного процесу.

Здатність до структуроутворення залежить від багатьох технологічних факторів та стану цукру. Так, відчуття колоїдності в напоях передусім усього залежить від концентрації цукру. Під час варіння достатньо концентрованих розчинів цукри утворюють сиропи, що використовуються як самотійно, так і в складі з іншими компонентами. Широко використовується утворення склоподібного тіла в процесі карамелізації при виготовленні карамелей, козінак та інших виробів.

За взаємодії простих цукрів з амінокислотами утворюються *меланоїдіни* – полімеризовані продукти, які мають в'язкість значно вищу за в'язкість початко-

вих речовин, а також їх сумішей.

Введення сиропів у білкові системи (збиті білки яєць, вершки), та змішування їх із жирами призводить до вираженого структуроутворення.

Цукрові речовини в технологічному плані характеризуються високою розчинністю та гігроскопічністю, у технологічних процесах можуть виступати як виражені *дегідратори*, що дозволяє за рахунок відволікання вологи з системи на їх розчинення дещо підвищувати концентрації речовин, наприклад білків, у харчових системах. Наслідком цього є концентраційна інтенсифікація їх властивостей, наприклад, здатність до піноутворення, емульгуюча здатність та ін. Одночасно, поліпшується стабільність систем, за рахунок зв'язування цукрами вільної вологи.

Здатність до дегідратації дозволяє використовувати цукор у технологічному процесі як специфічний панірувальний матеріал. З іншого боку ця властивість цукрів спричиняє їх застосування як ефективних природних консервантів, що дуже широко використовується при виготовленні кондитерських кремів, згущеного молока, припасів, джемів, підварок, повидла тощо.

Серед особливих функціональних властивостей цукрів є їх унікальна здатність гідролізуватися та ферментативно розщеплюватися до спиртів, або органічних кислот.

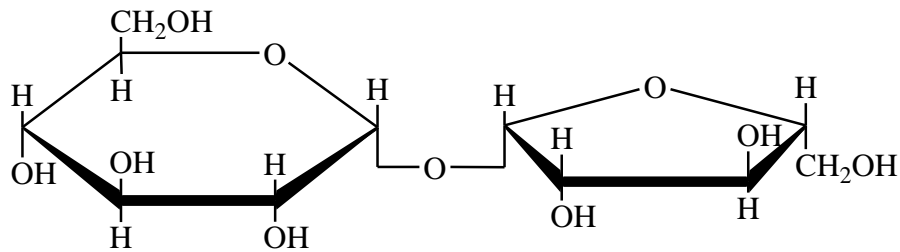
Цукрові речовини використовуються в технологічних процесах як *стабілізатори*, які здатні стабілізувати білкові речовини, вітаміни як за підвищення температури, так і під час заморожування.

Слід також підкреслити здатність простих цукрів за певних умов змінювати колір (*карамелізація* та *меланоїдіноутворення*), утворювати в процесі деструкції леткі, та ароматичні речовини, а також велику кількість проміжних компонентів. Завдяки цим властивостям цукри дуже широко використовуються в різноманітних технологічних процесах.

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

Цукор є одним з основних видів сировини в технології продукції ресторанного господарства. Цукор як товарний продукт фактично є хімічно чистою сахарозою, тому його технологічні властивості визначаються фізико-хімічними властивостями сахарози. За вологості 0,14% у цукрі міститься до 99,75% сахарози, до 0,03% золи, цукрів, що редукують, – не більше 0,05%. Цукор (буряковий, тростниковий) у практичній технології представлений *цукром-ніском* та *цукром-рафінадом*.

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°. На цій властивості базуються поляриметричні способи її кількісного визначення.

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. За підвищення температури розчинність покращується і за 100°C в 2,4 рази краща, ніж за 20°C (табл. 7).

Таблиця 7 – Розчинність сахарози за різних температур

Температура, °C	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/рсахарози – градуси Брікса (визначеного ареометром Брікса або рефрактометрично)

У спиртах сахароза не розчиняється, але у водно-спиртових сумішах її розчинність підвищується зі збільшенням частки води.

Порівняно з розчинністю інших цукрів, слід підкреслити, що найкращою розчинністю характеризується фруктоза, яка здатна утворювати розчини більше як 70% концентрації за 0°C, глюкоза, мальтоза, лактоза утворюють 40% розчини за температур близько 10, 13 та 67°C.

За присутності конкурентів розчинність сахарози зменшується, але сумарна кількість розчинених сухих речовин у системі може бути більшою, ніж у простому розчині цукру у воді. Тобто, у водному розчині глюкози (мальтози, фруктози, патоки) або білкових речовин сахарози розчиниться менше, ніж у чистій воді, але загальна кількість сухих речовин може бути більшою, ніж за випадку «вода –цукор». Це має велике значення, особливо при співрозчиненні цукристих речовин.

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.

Температура (точка) кипіння. Залежність температури кипіння розчину сахарози від її концентрації має складний характер і зумовлюється абсолютною її концентрацією в системі.

Зрозуміло, що завдяки тому, що для кожної температури буде характерна своя концентрація насичення, абсолютна кількість сухих речовин у системі залежатиме від температури.

Тому такий важливий технологічний показник, як температура кипіння сахарози, залежно від її концентрації може бути підвищений введенням у систему інших цукристих речовин – глюкози, фруктози, патоки.

У табл. 8 наведено дані з температури кипіння розчинів сахарози різної концентрації.

Таблиця 8 – Температура кипіння розчинів сахарози

Вміст сахарози, %	Температура кипіння за атмосферного тиску, °С	Вміст сахарози, %	Температура кипіння за атмосферного тиску, °С
10	100,1	70	105,0
20	100,3	75	107,0
30	100,6	80	109,4
40	101,0	85	113,0
50	101,8	90	119,6
60	103,0		

Із даних табл. 8 зрозуміло, що за концентрацією сахарози в розчині можливо розраховувати температури кипіння, і навпаки, температура кипіння може характеризувати концентрацію розчиненої цукрози.

Здатність до пересичення. Із даних, наведених у табл. 8 видно, що підвищення температури кипіння залежно від концентрації сахарози має нелінійний характер. Так, у інтервалі концентрацій 0...50% сахарози приріст температури складає усього 1,8°C, тобто 0,032° на кожний додатковий відсоток концентрації, а в інтервалі концентрацій 50...90% – 17,8°C, тобто 0,445° на кожний додатковий відсоток концентрації. Ця інформація важлива для інженера-технолога передусім з точки зору отримання пересичених розчинів цукрози.

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.

Отримати пересичені розчини сахарози в інтервалі її концентрації 0...50% охолодженням важко через малий коефіцієнт пересичення. У інтервалі концентрацій сахарози 50...90% це зробити значно легше, що використовується при виготовленні помади.

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.

Також, для деяких продуктів, у яких кристалізація сахарози є причиною дефектів текстури (деякі карамелі, морозиво), існує значна зацікавленість у швидкості кристалізації, за рахунок якої лімітується розчинність.

Одночасно при пересиченні для розчинів сахарози характерний фазовий перехід із розчинів у викристалізований стан, що, з одного боку, призводить до бажаних результатів, наприклад при утворенні помади, а з іншого боку, погіршує якісні показники готової продукції – зацукрювання меду, утворення цукрового осаду в процесі низькотемпературного зберігання припасів, підварок, випадання в осад кристалів лактози в процесі охолодження згущеного молока або при гідратації висушених сироваткових білків молока, супутником яких є лактоза.

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.

Швидкість залежить від температури розчину, його в'язкості та коефіцієнту пересичення. Швидкість рекристалізації збільшується з підвищенням температури, зменшенням в'язкості та збільшенням коефіцієнта пересичення. Експериментально з'ясовано, що за підвищення температури на кожні 10°C швидкість кристалізації чистих розчинів цукрози збільшується приблизно вдвічі.

У практичній діяльності усі фактори діють одночасно, що зумовлює необхідність контролювати процеси за багатьма параметрами. В інвертному сиропі кристалізація сахарози затрудняється через підвищену в'язкість сиропів. Загалом введення колоїдних розчинів або інших колоїдних стабілізаторів – крохмалю, патоки, інших полісахаридів, білкових речовин, які підвищують в'язкість, знижує швидкість кристалізації.

Структуроутворююча здатність. Здатність сахарози до розчинення в технологічній практиці традиційно використовується як для підсолоджування в

технологічних системах, так і для надання їм певних структурно-механічних властивостей. Діапазон структуроутворення для сахарози дуже великий і поширюється на структуроутворення в розчинах та структуроутворення у викристалізованому стані, наприклад при виробництві помадних мас, карамелі, грильязних мас тощо.

Структуроутворююча дія сахарози в розчинах дуже широко використовується в технології кулінарної продукції, наприклад при виготовленні солодких страв, сиропів, кремів для кондитерського виробництва, морозива, згущеного молока, солодких льезонів тощо.

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 викристалізуючись. Абсолютна величина в'язкості та її величина як функція від температури залежить, передусім, від концентрації сахарози в розчині.

Під час охолодження концентровані розчини сахарози здатні перенасичуватись і викристалізовуватись у вигляді твердої фази.

Температурний вплив на цукор може не призводити до глибоких змін його властивостей, а може і викликати більш глибокі зміни, які призводять, водночас, до деструктивних і полімеризаційних процесів.

Гігроскопічність сахарози. Гігроскопічність сахарози є її об'єктивною властивістю, що суттєво впливає на умови зберігання, а також впливає на текстуру деяких харчових продуктів. Глюкоза, мальтоза, сиропи глюкози з підвищеними відновлювальними властивостями є менше гігроскопічними, ніж сахароза й інвертний цукор та фруктоза.

Гігроскопічні речовини рекомендується вводити до складу харчових продуктів у тих випадках, коли є необхідність підтримувати певний ступінь вологості, наприклад у деяких кондитерських виробках. У цих випадках інвертний цукор, мед, які використовуються у значній кількості кондитерських виробів, є дуже добрими зволожувачами, які використовуються з таким самим успіхом, як і поліспирти (сорбітол, манітол, гліцерин, етилен-, пропіленгліколи). Але останні використовуються також як пластифікатори, що дозволяють створити та зберегти ніжну та вологу структуру.

Незважаючи на це, у деяких випадках присутність гігроскопічних речовин має негативний вплив, наприклад при виготовленні оздоблювальних напівфабрикатів, цукерок, де цукри знаходяться у склоподібному (не кристалічному) стані. За такого випадку адсорбція вологи може спричинити кристалізацію цукрів, звільняючи воду, яка робить масу клейкою. Цьому подвійному ефекту можна запобігти зменшенням кількості інвертного цукру і збільшенням кількості глюкозних сиропів (при виготовленні, наприклад, карамелі). Для запобігання цьому ефекту у висушеному молоці (містить лактозу), порошкових соках (містять глюкозу, фруктозу, сахарозу) потрібно запобігти впливу підвищеної вологості шляхом добору потрібної упаковки.

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 реалі-

зації кондитерських виробів населенню. Слід підкреслити, що технологія отримання таких продуктів більше притаманна для кондитерської промисловості, але останніми роками вона знайшла розповсюдження і в закладах ресторанного господарства.

Склоподібний стан цукру, який відповідає його аморфній структурі, характерний для продуктів з високим вмістом цукру і низьким вмістом води. Аморфна структура не проявляється у рентгенівських променях, а самі продукти характеризуються значною в'язкістю, яка перевищує величини 10^{13} Пуаз. Зазначена в'язкість не дозволяє цукру викристалізуватися.

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. 7), і цукор може викристалізуватись.

Зникнення склоподібного стану супроводжується різкою зміною фізичних властивостей, і насамперед – питомої теплопровідності, що може бути використане для визначення ефекту методом диференціальної калориметрії.

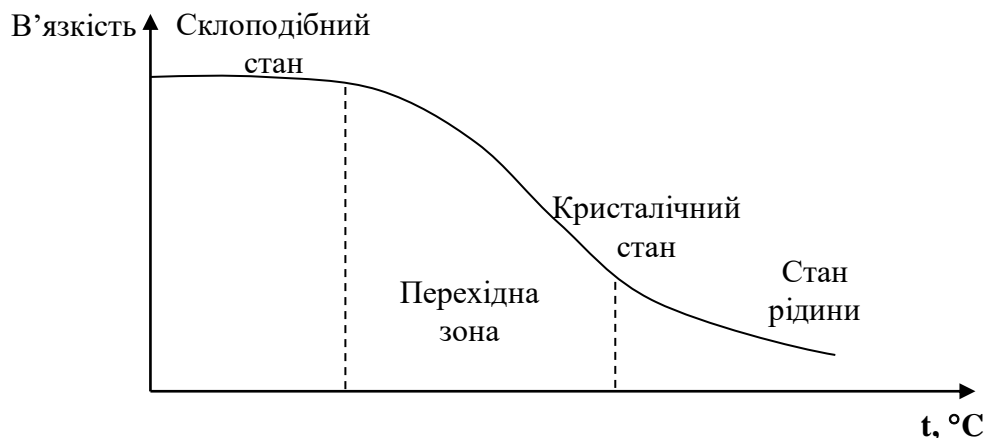


Рисунок 7 – Перехід цукру зі склоподібного стану в кристалічний: зміна в'язкості залежно від температури

Перехідна температура склоподібного стану зменшується з підвищенням вологості в системі. Додавання глюкози у розчин цукру знижує температури перехідної зони і підвищує температуру кристалізації.

У табл. 9 наведено температури перехідної зони для різних склоподібних станів, отриманих шляхом заморожування, насичення та дегідратації. Наведені системи стійкі тільки за температур, що є нижчими від зазначених.

Таблиця 9 – Зона температурного переходу зі склоподібного стану у кристалічний

Речовина	Зона температурного переходу (°C)
Гліцерин	-92...-83
Глюкоза	+20...+35
Глюкоза (2M розчин)	-41
Сахароза	+67
Сахароза (2M розчин)	-32
Лактоза	>+20

З іншого боку, часто цукри, які знаходяться у склоподібному стані, виявляють гігроскопічність, що робить свій вклад у нестабільність, оскільки адсорбція вологи збільшує швидкість кристалізації цукру. Сахароза і лактоза, які знаходяться у склоподібному стані, перетворюються на липку масу в результаті кристалізації, оскільки вода, яка виділяється в результаті кристалізації, розчиняє зовнішні шари цукру. Глюкоза у склоподібному стані також має тенденцію до розчинення у адсорбованій воді.

Цукри у склоподібному стані можуть знаходитись у різних харчових продуктах (кремах, морозиві, молоці сухому знежиреному, карамелі тощо).

Тверда склоподібна карамель являє собою пересичені розчини сахарози (склоподібний стан). Кристалізація сахарози не відбувається через високу в'язкість та твердість маси, а також через присутність інших цукрів, таких, як глюкоза та сироп глюкози. Низький вміст інвертного цукру (ступінь інверсії контролюється у процесі варіння) і високий вміст сиропів глюкози знижують гігроскопічність. Адсорбція води під час зберігання спроможна викликати кристалізацію сахарози і перетворення продукту на липку масу. Підвищений вміст сиропу глюкози затримує розчинення карамелі в ротовій порожнині.

Карамель, яка розтоплюється, складається з маленьких, добре диспергованих кристалів сахарози та інвертного цукру, отриманих шляхом збивання в процесі охолодження. Завдяки присутності глюкози (інвертний цукор, сиропи глюкози) вміст цукрів може досягати 78% без того, щоб виявилася кристалізація цукру. Ця концентрація цукру не дозволяє пліснявіти продуктам.

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.

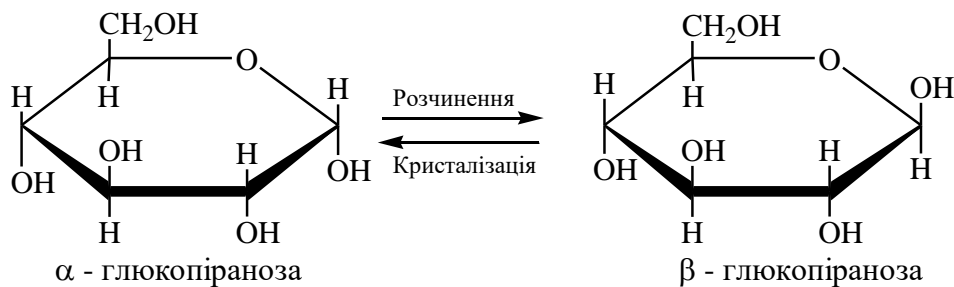
Харчова індустрія виробляє значну кількість підсолоджуючих речовин, які за «силою» солодкого смаку перевершують сахарозу. Але, крім відчуття солодкого смаку, їх нічого не об'єднує з вуглеводами.

Серед інших цукристих речовин значну роль відіграють прості цукри, такі, як *глюкоза, фруктоза та мальтоза*. Слід справедливо підкреслити, що в технології продукції ресторанного господарства вони як товарні продукти майже не використовуються, але як компоненти харчових продуктів та речовини, які

утворюються в процесі технологічної обробки при деструкції полісахаридів, мають значний вплив на характеристики та органолептичні показники харчових продуктів та кулінарних виробів.

Глюкоза – моносахарид $C_6H_{12}O_6$ з молекулярною масою 180,16, у природі та продуктах найчастіше зустрічається у вигляді Д-глюкози (складовий мономер целюлози, крохмалю, сахарози).

Розчини глюкози повертають площину полімеризації праворуч, причому за рахунок мутаротації кут повороту з $+100^\circ$ для щойно виготовлених розчинів знижується до $+52,5^\circ$, що свідчить про рівноважність у розчині α - та β - стереоізомерних форм.



Ключовими **функціональними властивостями глюкози** є *розчинність, гігроскопічність, здатність утворювати сиропи та бути підсоложувачем.*

Розчинність глюкози у воді тісно пов'язана з температурою і значно збільшується з її зростанням. За температури близько $60^\circ C$ її значення перевищує показники для сахарози, хоча в холодній воді вона набагато гірша.

Розчинення глюкози – ендотермічний процес, тому розчинення глюкози в ротовій порожнині справляє враження охолоджувального ефекту, що використовується в карамельних та інших виробках.

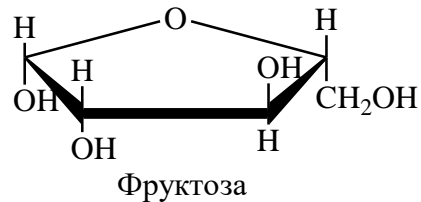
В'язкість розчинів глюкози залежить від її концентрації та температури. В'язкість насиченого розчину глюкози за підвищення температури зростає за рахунок більше високих темпів її розчинення, ніж зниження в'язкості.

Як альдегід глюкоза реакційноздатна відновлювати міднолужні розчини та лужні розчини йоду, що покладено в основу якісної реакції на глюкозу та кількісну реакцію з її визначення.

Як підсолоджувач глюкоза гірша за сахарозу і за рівнем солодкості складає 60...75% солодкості цукру.

Глюкоза термічно та хімічно нестійка і зазнає під дією температури, а також кислот та лугів глибоких змін з утворенням різних нецукристих та забарвлених продуктів.

Фруктоза – β -D-фруктофураноза, моносахарид з молекулярною масою 180,16, у розчині, на відміну від глюкози, повертає площину поляризації ліворуч на $-92,5^\circ$. Найсолодша з моноцукрів, оскільки її коефіцієнт солодкості, порівняно з цукром, складає близько 150%. Дуже добре розчинна у воді, розчинність зростає з підвищенням температури. Гігроскопічна, що вимагає збереження її в герметичному стані.



З хімічної точки зору фруктоза відновлює міднолужні розчини, а йодом у лужному середовищі не окислюється, що покладено в основу її визначення.

Фруктоза здатна до дуже інтенсивних змін властивостей під час нагрівання з утворенням продуктів деструкції та полімеризації. Про глибину змін фруктози свідчить інтенсивність жовто-коричневого кольору, що зростає у лужному середовищі.

Мальтоза – дисахарид, який має відновлювальні властивості і здатний відновлювати міднолужні розчини. Це кристалогідрат однієї молекули мальтози та однієї молекули води ($C_{12}H_{22}O_{11} \times H_2O$) з температурою плавлення $102...103^\circ C$. Відносно сахарози мальтоза несолодка, з коефіцієнтом солодкості 35%. Стійка до температурного впливу, добре розчинна у воді, утворює стабільні стійкі розчини. У складі патоки її частка складає 20...35%.

Мальтоза відіграє серед дисахаридів значну роль у технологічних процесах як складова частина патоки, а також як один з компонентів ферментативної та кислотної деструкції крохмалю.

Мальтоза ще має назву солодового цукру, бо вона здатна утворюватись за рахунок амілолізу з крохмалю в процесі пророщення зерна, тобто в процесі солодоутворення.

Усі цукри, побудовані за типом мальтози, характеризуються відновлювальними властивостями, оскільки в одному із залишків глюкози зберігається напівацетальний гідроксил. На цьому ґрунтується визначення кількості мальтози у ферментативних гідролізатах.

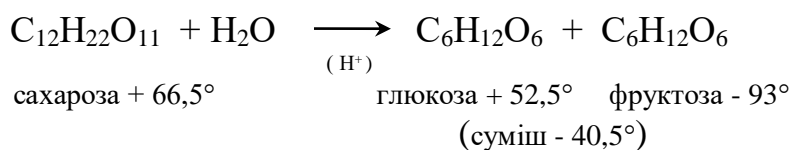
Мальтоза здатна до ізомеризації. Вона та її ізомери входять до складу крохмалю та глікогену.

При виготовленні продукції ресторанного господарства відбуваються різноманітні зміни цукру і цукристих речовин.

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*.

Інверсія мотивує підвищення маси висушених інвертних цукрів на 5,26% від маси цукру, а також підвищення інтенсивності солодкого смаку і розчинності.

Ця можливість збільшувати концентрацію сухих речовин у розчині використовується при виробництві сиропів із цукру, особливо у тих випадках, коли потрібно мати певну кількість сухих речовин у розчині за меншої в'язкості, ніж у випадку використання сахарози. Це також дозволяє у деяких випадках зменшувати можливість розвитку плісень та дріжджів.

Збільшення розчинності інвертного цукру проти сахарози пояснюється більшою розчинністю фруктози (табл. 10) та складністю кристалізації глюкози.

Таблиця 10 – Розчинність різних цукрів у воді за температури 20°C

Речовина	Розчинність, г/100 г води
Сахароза	204
Фруктоза	375
Глюкоза (гідрат)	107
Мальтоза (гідрат)	83
Лактоза (гідрат)	20

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

Відомо, що у перенасичених розчинах глюкоза кристалізується зі значно меншою швидкістю, ніж сахароза. З підвищенням температури та збільшенням терміну обробки ступінь гідролізу підвищується. У менш концентрованих за цукром системах за інших однакових умов гідроліз йде краще, ніж у більш концентрованих. У зв'язку з тим, що іон водню виконує функцію каталізатора в технологічному процесі, принципове значення має його вид. За здатністю інвертувати найкращими є мінеральні кислоти, особливо соляна. Серед органічних кислот найбільшою інвертуючою здатністю характеризується щавлева, у 10 разів менш активною є лимонна, у 15 – яблучна, у 17 – молочна, у 35 – бурштинова, у 45 – оцтова.

Інвертний сироп утворюється під час варіння киселів, узварів, запікання яблук з цукром. При цьому гідролізується до 50% цукру.

Мед – це природний інвертний цукор, що утворюється за рахунок ферменту інвертази. За коливань температури, охолодження, а також тривалого зберігання він зацукровується за рахунок або температурного пересичення, або зниження ферментативної активності інвертази.

3.2 Неензиматичне побуріння цукристих речовин під дією технологічних факторів

Використання простих цукрів у технології продукції ресторанного господарства пов'язано з їх трансформацією, наслідком чого є дуже багато технологічних змін. Серед основних змін цукрів, які проходять під впливом високих температур, є зміна зовнішнього вигляду, кольору, смаку, запаху, а також фізико-хімічних показників. Об'єднуючою ознакою цих змін є, насамперед, зміна кольору, хоча ця ознака з погляду на перебіг процесів під час трансформації цукрових речовин виявляється як результат утворення різних за природою сполук. Об'єднують ці зміни за їх загальною ознакою поняттям **неензиматичне побуріння (неферментативне покоричнювання)**. Ця загальна ознака характерна не лише для цукристих, а й для інших речовин, наприклад кислот, і має дуже багато спільного в механізмі утворення та запобігання утворенню забарвлених речовин, що визначає як параметри багатьох технологічних процесів, так і послідовність їх використання.

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).

За більше детальними ознаками продукти неензиматичного побуріння поділяють на продукти, які формуються за рахунок переважаючого процесу карамелізації, та продукти, що формуються у процесі меланоїдиноутворення.

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

За рахунок карамелізації в технологічному процесі відбувається повна зміна структурно-механічних властивостей цукру з виникненням суцільної склоподібної маси – карамелі. Утворюється безліч барвників – від жовтого до темно-коричневого («жженка»), а також формуються певні органолептичні показники (смак, запах, колір тощо) деяких видів кулінарної продукції.

Карамелізація – складний технологічний і фізико-хімічний процес, механізм якого до кінця не вивчено і хід якого залежить від багатьох факторів: виду та концентрації цукру, тривалості та температури процесу, рН середовища, присутності інших речовин.

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 виробках з борошна під час випікання та обжарювання; при виготовленні сиропів, підва-

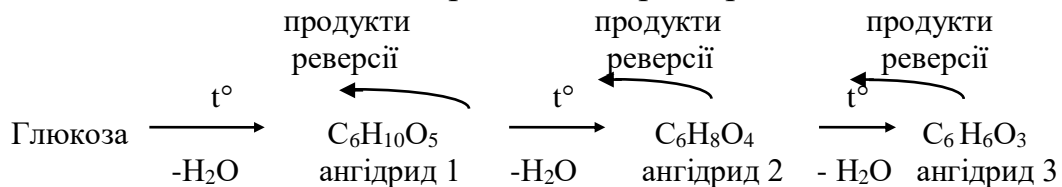
рок, джемів; під час сушіння крохмалю, цукру, пасерування борошна, смажіння овочів тощо.

Як правило, інтенсивність солодкого смаку цукрів за карамелізації знижується. Це є наслідком зменшення частки цукрів у системі за рахунок виникнення полімерних сполук, що менш солодкі, а також деструкції цукрів. Нагромадження в системі нових речовин за рахунок деструкції, з іншого боку, притуплює сенсорні відчуття солодкого, збагачує гамму смаків і відволікає увагу споживачів від солодкого. Ось чому споживання цукрів у вигляді карамелі не викликає відчуття приторно солодкого, що характерне для власне цукрів та меду. Одночасно гірша розчинність карамелі, порівняно з цукрами, не викликає висушування ротової порожнини та відчуття спраги.

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

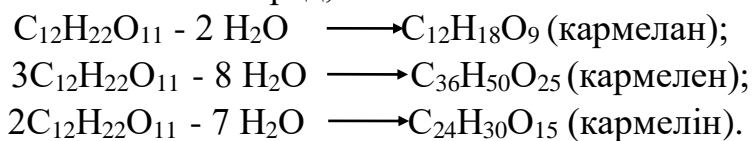
Ангідриди – ненасичені продукти реакції карамелізації, які мають зави-соких температур високу реакційну здатність.

Найбільше вивчено шлях термічного перетворення глюкози:



Реакційна здатність ангідридів з підвищенням ступеня дегідратації збільшується, але кожен з них може утворювати з незмінними цукрами продукти реверсії, тобто сполуки з більшою молекулярною масою і з більшою кількістю глюкозних залишків, ніж було до реакції.

Відщеплення води під час ангідризації можливе як від однієї молекули глюкози або сахарози, так і від сполук, що є продуктами реверсії, або полімеризації та поліконденсації, що найімовірніше за реального перебігу технологічного процесу. Для сахарози встановлено деякі стадії ангідризації, що мають певне технологічне значення. Насамперед, стосовно інтенсивності кольору:



Так, за відщеплення двох молекул води від сахарози утворюється ангідрид *кармелан*, який має світло-солом'яний колір і добре розчинний у холодній воді.

За відщеплення від трьох молекул сахарози восьми молекул води утворюється сполука *кармелен* – яскраво-коричневого кольору з рубіновим відтінком, добре розчиняється в гарячій воді та гірше в холодній.

Більш інтенсивне зневоднення двох молекул сахарози призводить до отримання *кармеліну* – сполуки темно-коричневого кольору, яка розчиняється поступово тільки в гарячій (мається на увазі під час кипіння).

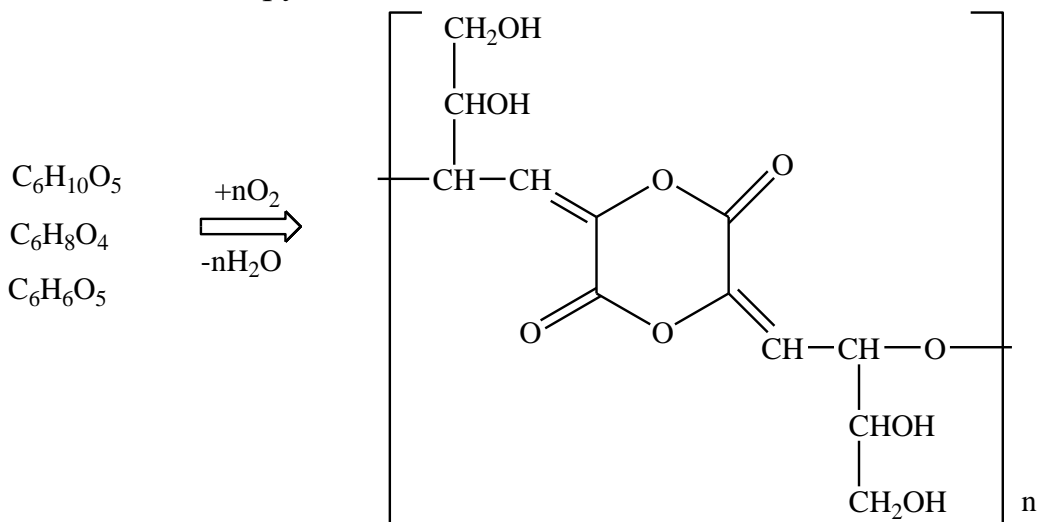
Водночас, із підвищенням температури або подовженням терміну обробки цукрів, можливе утворення *гумінових сполук*, які забарвлено в чорно-коричневий колір. В основному, це високомолекулярні оксикарбонові гумінові

кислоти, що розчиняються і в лужному середовищі, і за інтенсивного кип'ятіння. Гумінові сполуки не засвоюються організмом, навіть більше – за постійного споживання вони можуть ініціювати онкологічні захворювання.

При випіканні піріжків із солодкими начинками (повидло, фрукти, ягоди і т. ін. з цукром) за рахунок витікання частини фаршу дуже часто утворюються ці сполуки на кондитерських листах, жарильному поді та на виробих у місцях контакту з поверхнею. З одного боку, це погіршує якість виробів, з іншого – ускладнює технологічний процес, оскільки через погану розчинність видалити продукти карамелізації з жарильної поверхні дуже важко.

У загальному плані можна зазначити, що поява кольору залежить від величини відношення $m:n$ у загальній формулі цукрів $C_m(H_2O)_n$. У нативних цукрах це відношення дорівнює 1,09; при досягненні величини 1,3 карамелі починають набувати забарвлення. У реальних технологічних процесах досягається значення 3,0.

Водночас із можливою зміною кольору проходять процеси поліконденсації ангідридів. Результатом цих процесів є утворення карамелі – склоподібного тіла. Точного механізму виникнення карамелі не існує, але відомо, що цей процес йде за участю кисню та води. При цьому змінюється інтенсивність солодко-го смаку та розчинність. З'являється також колір, що характерний для жовто-коричневої зони спектру.



Продукт поліконденсації (склоподібне забарвлене тіло)

Процес карамелізації цукрів йде не лише з утворенням склоподібного забарвленого тіла, а й з появою групи ароматичних летких і реакційноздатних речовин, що виникають у результаті термічної деструкції цукрів та їх ангідридів.

Паралельно з утворенням ангідридів молекула глюкози в змозі розщеплюватися між 3- та 4-м атомами вуглецю з утворенням гліцеринового альдегіду та діоксацетону, які під час нагрівання трансформуються в пірвіноградний альдегід та молочну кислоту.

Ангідриди за рахунок скелетних змін здатні також утворювати 5-оксиметилфурфурол, який термічно розпадається на левуленову та мурашину кислоти.

Ароматичні леткі речовини, що нагромаджуються під час карамелізації, значною мірою впливають на сенсорні показники продукції.

Карамелізація цукрів дуже широко використовується в технологічній діяльності – за рахунок цього процесу отримується велика кількість цукерок-карамельок. Прикладом використання цього процесу є також варіння халви, стадією якої є отримання цукрового сиропу певної концентрації. Деякі оздоблювальні напівфабрикати для кондитерських виробів також отримують лише за рахунок реалізації цього процесу. Водночас ефект карамелізації виявляється при отриманні сиропів із цукру, що широко використовуються у технології кулінарних та кондитерських виробів.

Меланоїдиноутворення – один з найбільш поширених процесів, що 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.

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

Субстрати реакції меланоїдиноутворення, у першу чергу, представлені *карбонільними сполуками та редукуючими 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.

Білки та амінокислоти каталізують цю реакцію за рахунок втручання у процес вільних аміногруп, особливо лізину, за рахунок NH_2 -аміногрупи у ϵ -положенні. Конденсація між карбонільними та аміногрупами знижує харчову доступність лізину та білків, розчинність. Крім того, якщо до реакції причетні аскорбінова кислота та вітамін К, спостерігається зниження харчової цінності.

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

Дуже часто неензиматичне побуріння починається під час приготування або зберігання рідких харчових концентратів: молока, фруктових соків, сиропів, чи під час варення деяких морепродуктів. Те саме відбувається за приготування дегідратованих продуктів: рибного борошна, м'яса, сухого молока, яєчного порошку, фруктів, соків.

Потемніння кольору та наявність небажаних смаку та запаху продуктів оцінюються як втрата харчової цінності. Крім того, у деяких продуктів зменшується розчинність.

Поряд із цим можна навести приклади позитивного впливу на харчові продукти неензиматичного побуріння: утворення скоринки на хлібі та бісквітах, специфічні смак та колір смажених м'яса та картоплі, термообробленого зерна, м'ясних екстрактів, карамелі та ін. Деякі сполуки, утворені в процесі неензиматичного побуріння, здатні захищати ліпіди від окислення, наприклад у рибному борошні.

Меланоїдиноутворення в технологічному процесі супроводжується, як правило, потемнінням маси, появою характерного аромату, зниженням вмісту

амінного азоту, зміною загальної розчинності. Одночасно тривають реологічні зміни в харчовій системі. При цьому, як правило, підвищується в'язкість.

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

Меланоїдиноутворення – це багатоступенева реакція, в якій одночасно беруть участь багато речовин та їх напівпродуктів. Тому визначення кінцевих продуктів у повному складі неможливе, а розподіл процесу на стадії є умовним.

Незважаючи на те, що 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. 8) включають:

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

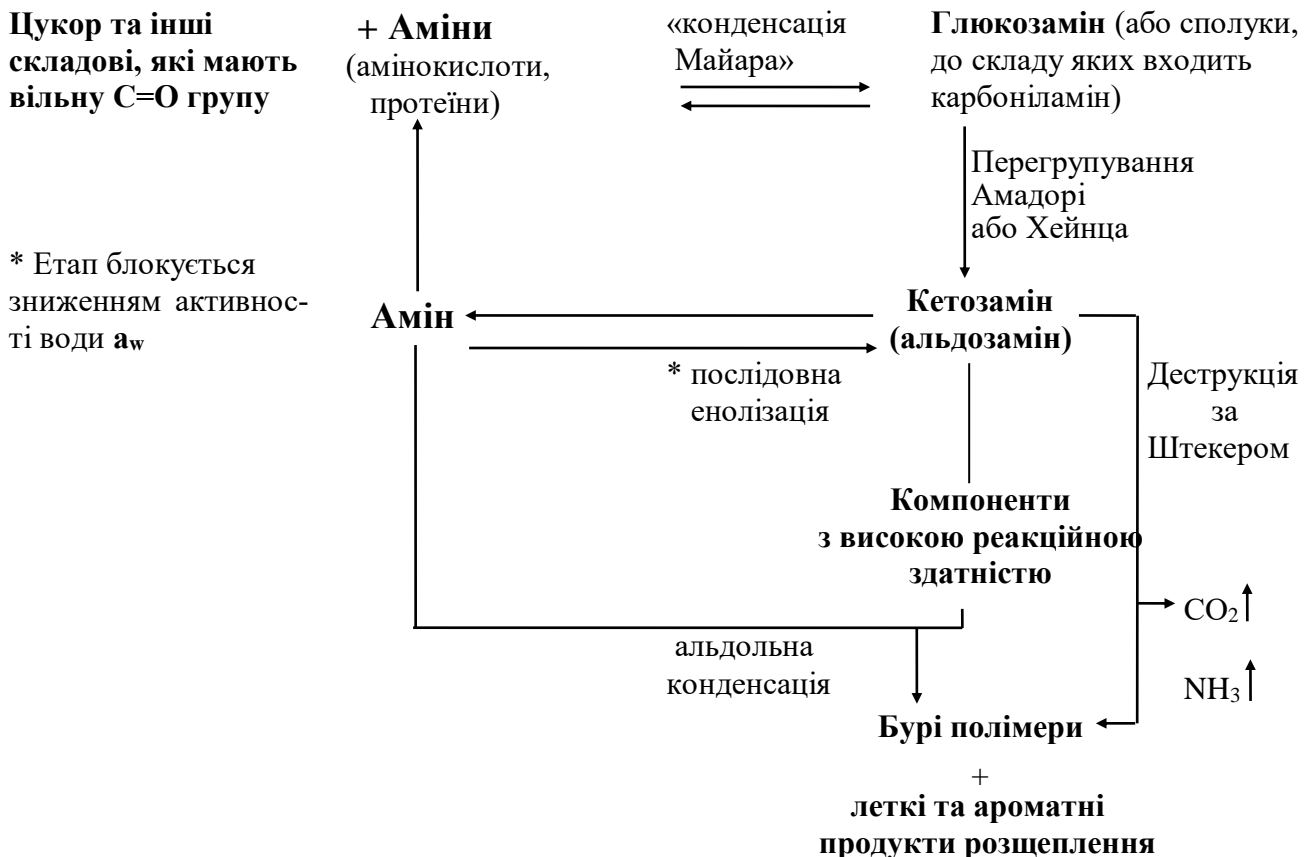


Рисунок 8 – Принципова схема неензиматичного побуріння

Конденсація Майара – реакція між вільними карбонільною та амінною групами з утворенням *глюкозамінів* (карбоніламінів) на I етапі та *шифових основ* на II етапі.

На першому етапі у результаті конденсації Майара в загальному вигляді з *альдоз* утворюються *альдозиламіни*, з *кетоз* – *кетозиламіни*.

Шифові основи, що утворюються на другому етапі, дуже реакційноздатні та за високих температур спроможні до реакції полімеризації та поліконденсації з утворенням забарвлених продуктів або до розпаду на ацетальальдегід та аміноацетон (речовини, що здатні за рахунок активної карбонільної групи вступати в реакцію меланоїдиноутворення).

Найбільш характерна ця реакція для глюкози, а найменше – для полісахаридів. Конденсація Майара може здійснюватись під впливом усіх редуруючих цукрів, які мають вільний карбоніл: альдоз, кетоз, уронових кислот, редуруючих дисахаридів. Пентози більше реакційноздатні, ніж гексози; альдози – більше, ніж кетози.

Велика частка в системі α -амінного азоту, тобто вільних амінокислот, присутність значної кількості пептидів, присутність у системі низькомолекулярних білків активізують перебіг реакції цукроамінної конденсації. Більш високомолекулярним білкам це менше притаманне.

Інтенсивність реакції залежить від способу термообробки. У процесі гідротермообробки за інших рівних умов вона менше інтенсивна, ніж під час смажіння та випікання, тобто процесів, які йдуть з випарюванням вологи, і за рахунок цього збільшується концентрація компонентів, що реагують.

Реакція інгібується низькими значеннями рН унаслідок утворення іонізованих груп NH_3^+ , що є реакційнонездатними. Водночас на II етапі реакція прискорюється іонами H^+ (кислотний каталіз).

Перегрупування Амадорі (або Хейнца) – хімічне трансформування цукроамінних комплексів, яке, залежно від складових частин, отримало назву перегрупування Амадорі (з альдозиламінів) або Хейнца (із кетозиламінів).

В результаті перегрупування Амадорі:

- з *альдозиламінів* утворюються *кетозаміни*;
- з *кетозиламінів* утворюються *альдозаміни*.

Ці реакції каталізуються карбоксильними групами амінокислот. Таким чином, амінокислота виступає в ролі каталізатора в реакції конденсації «глюкоза – амінокислота» (наприклад, гліцин) з утворенням відповідного кетозаміну і переходу його у форму Д-фруктозогліцину.

Деструкція кетозамінів та утворення реакційноздатних карбонільних сполук здійснюється за рахунок:

- енолізації в позиціях 1 та 2 (атому вуглецю) з утворенням *ненасичених карбонілів*, які є провісниками виникнення коричневих неензиматичних сполук;
- енолізації в позиції 2-3 (атому вуглецю) з утворення *редуктонтів* (реакція добре проходить у лужному середовищі та спостерігається у харчових продуктах з рН близько 7,0).

Інколи процес деструкції кетозамінів класифікують як процес окислювального дезамінування та декарбоксилювання в альдегід або кетон.

У технологічних процесах із суміші амінокислот або білків виникає гетерогенна суміш альдегідів, які ефективно зумовлюють аромат. Паралельно цукровий

компонент реакції, аналогічно до реакції карамелізації, ангідризується і розпадається послідовно на 5-оксиметилфурфурол, мурашину та левуленову кислоти. Одночасно з цим утворюються альдегіди: ацетил, діацетил.

У суміші з продуктами білкової деструкції, з одного боку, утворюється композиція летких речовин із сильним ароматом, який сприймається як аромат смаженої, запеченої, випеченої продукції, у тому числі хліба, кави, какао, смаженого солоду тощо.

З іншого боку, утворюється група ненасичених, дуже реакційноздатних речовин, що потенційно можуть утворювати за високих температур полімери невідзначених розмірів.

Деградація за Штрекером. α -дикарбонільні сполуки, які утворюються при деградації кетозамінів, можуть реагувати з амінокислотою, призводячи до її деградації. Підвищення температури до величин, які характерні для технології приготування продукції ресторанного господарства, суттєво ініціює цей процес.

В результаті деградації за Штрекером утворюються *вугільний ангідрид*, *альдегід*, які містять на один атом вуглецю менше, ніж початкова кислота, та *аміак*.

У загальному вигляді реакції меланоїдиноутворення можна розподілити на два етапи:

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

2) формування бурих полімерів.

Реакційноздатні сполуки майже завжди присутні в харчових продуктах, але їх кількість може суттєво збільшуватися за певних обставин, серед яких однією з ключових є необхідність у технології продукції ресторанного господарства утворювати певну рецептурну суміш та дотримувати параметрів технологічного процесу, у тому числі нагрівання.

Залежно від активності можна розмістити сполуки так: насичені кетони та альдегіди, ненасичені альдегіди та кетони, α - і β -ненасичені альдегіди та кетони; дикарбональні сполуки редууючі; дикарбонільні ненасичені сполуки.

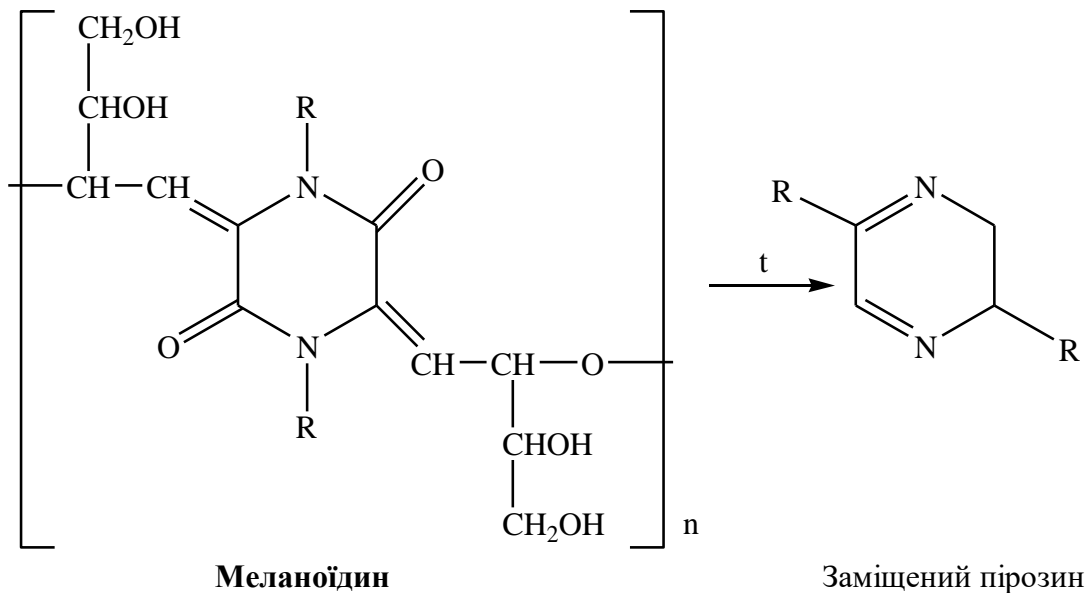
Формування бурих полімерів. Другий етап неензиматичного побуріння більш складний і до кінця не з'ясований. Карбонільні сполуки, утворені на першому етапі побуріння, в хімічному плані нестабільні й тому активно спроможні до деструкції або полімеризації. Таким чином, з них утворюються речовини або з меншою молекулярною масою (леткі, які мають запах), або з великою молекулярною масою – понад 50000, які оцінюються як пігменти. У реальних процесах ці напрямки присутні одночасно та різняться інтенсивністю.

Утворення полімерів частково є наслідком альдольної конденсації кетозамінів або їх похідних та конденсації альдозамінів.

До складу цих ненасичених полімерів може входити до 5% азоту. Ці сполуки нерозчинні у воді, інколи мають відновлювальні властивості, можуть брати участь у реакціях з протеїнами та конденсації Майара.

Завдяки присутності значної кількості реакційноздатних речовин у результаті реакції конденсації альдегідів, а також альдегідоамінної конденсації за участю продуктів деструкції цукрового та білкового компонентів та за перебігу активного окислювання утворюються інтенсивно забарвлені гетероциклічні полімери – **меланоїдини**.

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



Встановлено, що молекулярна маса меланоїдинів розподіляється в межах від $2 \cdot 10^6$ до $3 \cdot 10^4$ умов. од. З-поміж продуктів меланоїдиноутворення знайдено також похідні фурану, піролу, піридину, піразину. Вважають, що ці речовини є супутниками процесу, а основна частина полімеру побудована з дикетопіразинових кілець.

Слід підкреслити, що меланоїдиноутворення – процес, який знижує біологічну цінність продукції внаслідок деструкції білкових або амінокислотних компонентів їжі. Отже з'ясування закономірностей на рівні параметрів утворення меланоїдинів дозволяє регулювати цей процес. Тому в перспективі передбачається деякий перегляд традиційних схем виготовлення випеченої та смаженої продукції завдяки появі нових ароматуючих продуктів.

Параметрично інтенсивність реакції зростає з підвищенням температури, концентрації, тому дуже важливе значення має регулювання температури, а також присутність вологи. Вологі продукти під час термообробки менше піддаються змінам, аніж підсушені. Тому регулювання концентрації пари у випічних шафах та камерах обжарювання є дуже актуальним.

За присутності антиокислювачів (перекису водню, аскорбінової кислоти) меланоїдиноутворення менш інтенсивне.

Амінокислоти в складі білків менш реакційноздатні до цукроамінної конденсації, ніж у вільному стані, тому у процесах, які передують тепловим, але пов'язані з нагромадженням вільних амінокислот, меланоїдиноутворення більш інтенсивне (більшість гідролізатів білків мають темне забарвлення).

Реакція меланоїдиноутворення цікава в дуже багатьох аспектах, у тому числі стосовно надання продуктам певних смаку та кольору. З іншого боку, вона, навпаки, важлива і як фактор запобігання таким змінам.

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. Пентози, а точніше рибоза, є найбільше реакційноздатними цукрами. Далі, за зменшенням реакційної здатності, йдуть гексози (глюкоза, фруктоза), редуруючі дисахариди (лактоза, мальтоза) та сахароза, яка не має вільної редуруючої групи і тому не впливає на неензиматичне побуріння. Винятком є кислі продукти, в яких сахароза гідролізована послідовно до глюкози та фруктози, або нейтральні розчини цукрів, де інверсія завжди присутня за температури понад 130°C.

Температура. Енергія активації різних етапів процесу неензиматичного побуріння складає: зникнення амінного азоту – 26 ккал/моль, утворення глікозаміну – 3...9 ккал/моль, розщеплення кетозаміну – 24 ккал/моль, утворення пігментів – 20...43 ккал/моль.

Наведені значення енергії активації є достатньо високими. Одночасно швидкість реакції етапу зникнення амінного азоту збільшується в 20000 разів зі зміною температури від 0 до 70°C. Таким чином, за низьких температур процес побуріння може гальмуватись, а за підвищених – помітно прискорюватись, навіть за відсутності в системі амінних каталізаторів.

Активність води. Вода є ключовим компонентом технологічного процесу та субпродуктом взаємовідносин «речовина – вода». Вона відіграє ключову роль як фактор неензиматичного побуріння. Для більшості продуктів швидкість побуріння максимальна в інтервалі $a_w = 0,55...0,75$.

Продукти, дегідратовані до вмісту води, коли вона знаходиться у мономолекулярному вигляді, більше стійкі до побуріння, якщо їх поверхня є постійно зволоженою (продукти, упаковані в тарі, крізь яку не проходить водна пара) або якщо зберігання відбувається за помірних температур (нижче 25°C). Часткова втрата відновлювальних цукрів (та доступного лізину) може виявлятися за більш низьких значень a_w , тобто за тих значень, які необхідні для утворення пігментів.

Значення рН. Ефекти впливу значень рН складні, оскільки кожна реакція, яка впливає на побуріння, має свій рН-оптимум дії: для конденсації Майара рН 6...8; для реакцій перегрупування Амадорі рН 7,0; для деградації кетозамінів через енолізацію рН 5,5; для аеробної та анаеробної деградації аскорбінової кислоти значення рН зміщені до ще кислішої зони. З іншого боку, у дуже кислих або дуже лужних середовищах відбувається каталіз процесу прямого перетворення цукрів, здатних до полімеризації, на карбонільні ненасичені сполуки.

Щодо *харчових продуктів*, то залежно від значень рН механізм реакції йде за трьома напрямками:

– на продукти зі значенням рН 6...8 (молоко, яйця та ін.), найбільше впливає реакція Майара. Зниження значень рН підвищує швидкість побуріння продуктів унаслідок дегідратації та негативно змінює їх органолептичні характеристики;

– у продуктах, які мають природні значення рН 2,5...3,5 та бідні на амінні сполуки (концентрати та соки кислих фруктів, таких, як лимон), реакція конденсації Майара самостійно проходить дуже повільно, а побуріння пов'язано з реакціями деградації аскорбінової кислоти та фруктози. Каталізувати ці реакції здатні лимонна кислота та деякі амінокислоти, що присутні у продуктах;

– для продуктів, що мають середні значення рН 4...6 (наприклад, сік помаранчі), побуріння йде під впливом конденсації Майара та деградації аскорбінової кислоти водночас.

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.

До крохмалевмісних продуктів відносяться борошно, крупи, овочі, макаронні вироби, хліб тощо. Крохмаль також міститься у значних кількостях у фруктах, таких, як банани, та бобових, де бере участь у взаємозворотних перетвореннях «крохмаль – глюкоза» під час дозрівання і має важливе значення для якості продуктів у процесі зберігання.

Незважаючи на об'єктивні властивості крохмалю, поведінка його в технологічних процесах у чистому (товарному) вигляді і в складі крохмалевмісних продуктів дещо відмінна, оскільки на виявлення його властивостей впливає структура продукту. Тому виявлені модельні закономірності поведінки крохмалю під впливом технологічних факторів та його вплив на параметри технологічного процесу в реальних технологічних процесах треба мати на увазі, враховуючи технологічні властивості продуктів.

У харчовому сенсі крохмаль має важливе значення, оскільки в процесі травлення з нього шляхом гідролізу утворюється глюкоза – основне джерело калорій у харчуванні людини.

Завдяки своїм фізико-хімічним та функціональним властивостям крохмаль відіграє значну роль у технології харчових продуктів. Він використовується як загущувач, у тому числі соусів, супів, як стабілізатор драглів та емульсій, а також як вологозв'язуючий компонент, наприклад у січених виробах із м'яса та риби. Вплив його на реологію, консистенцію та текстуру багатьох продуктів визначається його властивостями як гідроколоїду.

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).

У рослинних тканинах крохмаль міститься у вигляді компактних зерен усередині клітин. Вирізняють бульбову (картопля, батат, маніока) та зернову (кукурудза, пшениця, рис) крохмалевмісну сировину і, відповідно, бульбовий та зерновий крохмаль. За видом сировини класифікують крохмалі також наступним чином: картопляний, кукурудзяний, пшеничний. У сировині, яка послуго-

вує для виділення товарного крохмалю, його вміст наступний: картопля – 12...24%; зерноборошняні – 65...75%; бобові – 40...45%.

За своєю структурою у продуктах крохмаль представлений у вигляді зерен, які характерні для даного виду сировини за зовнішнім виглядом, гетерогенні за розміром, але їх розміри варіюють у таких межах: для картопляного – 3...100 мкм, пшеничного – 6...75 мкм, розміри гречаного, просяного, маїсового крохмалю менші. Крохмальні зерна мають неоднорідну за міцністю структуру, що пов'язане, насамперед, із особливостями синтезу крохмалю.

У різних продуктах розміщення зерен у структурі продукту різне. У вологих продуктах, таких, як картопля, молода кукурудза, банани, зерна розміщено в клітинному соці у вигляді інертних фракцій, що утворюють свого роду суспензю. У продуктах із проміжною вологістю (вміст води близько 10...14%) зерна наповнюють висохлу структуру клітин і містяться у певному порядку всередині завдяки висохлим структурним елементам клітин, які у висушеному стані фіксують зерна.

Борошно, як продукт механічного роздрібнення, може характеризуватися як хаотична суміш клітинних структур зерен, серед яких у вільному стані розміщено зерна крохмалю.

Завдяки індивідуальному вмісту, розмірним характеристикам, а також різному стану крохмалю в харчових продуктах його поведінка в реальних харчових системах індивідуальна.

Крохмаль за формою має вигляд зерна з природно організованою структурою. Ці зерна являють собою сферичні кристали (рис. 9), які видимі в електронний мікроскоп з дифракційною сіткою рентгенівських променів.

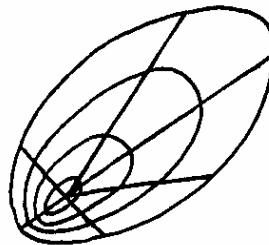


Рисунок 9 – Вигляд гранули крохмалю під мікроскопом

Сферокристалічна структура у світлі поляризаційного мікроскопу виявляється у вигляді оптичної анізотропії. Оптична анізотропія сферокристалів виявляється у вигляді «мальтійського хреста».

У середині крохмального зерна розміщене ядро, або «точка росту», яка приблизно знаходиться в центрі ядра, навкруги якого формуються «кільця росту», тобто шари, товщина яких складає близько 0,1 мкм.

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.

Зовнішній шар крохмальних зерен своїми властивостями помітно відрізняється від внутрішнього. Більшість дослідників вважають, що оболонка крохмального зерна відрізняється від речовини, що знаходиться в більш глибоких шарах, фізико-хімічними властивостями (більш міцна молекулярна структура), вона має більшу густину, містить менше вологи і стійкіша до зовнішнього впливу. У нативних крохмальних зернах поліглюкозидні ланцюги амілози та амілопектину утворюють спіралі з 6...10 глюкозидними залишками у кожному витку спіралі.

У технологічних процесах крохмаль відіграє дуже значну роль. З найбільш характерних властивостей крохмалю в технологічних процесах використовується здатність його до адсорбції вологи, набухання та клейстеризації. Крім того, у присутності кислот та ферментів він піддається деструкції. Усі ці властивості параметричні та залежать від виду крохмалю, його концентрації в системі, температури, терміну її впливу, присутності сторонніх домішок та залишків, виду та активності ферментів.

Органолептичні показники крохмалю оцінюються за кольором, зовнішнім виглядом, запахом, смаком. Картопляний крохмаль характеризується білим кольором (люстром), причиною чого є великі розміри зерна.

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

Ступінь полімеризації n у амілози забезпечує молекулярну масу близько $10^5 \dots 10^6$ умов. од. Амілозу розміщено, в основному, в середині крохмального зерна. У чистому вигляді вона дає синє забарвлення з йодним розчином. У зернах крохмалю цей полімер знаходиться в кристалічній формі, яка утворюється головним чином за рахунок великої кількості водневих зв'язків поміж гідроксильних груп.

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.

Встановлено, що амілоза слабкорозгалужена: кожні 5 молекул мають точки розгалуження від 1 до 4. Поглинання води амілозою крохмалю в процесі клейстеризації та утворення гелів у вигляді тримірної сітки також іде за рахунок водневих зв'язків, які беруть участь у старінні гелів після гелеутворення. Відповідно до кристалічної структури амілоза набрякає тільки при високій температурі. У розчинах амілоза знаходиться у вигляді статичного клубка, а інколи – у вигляді спіралі, наприклад, у присутності жирних кислот та йоду (утворення клатратів синього кольору).

Спіралеутворення характерне для діапазону кімнатної та знижених температур і його вірогідність зменшується за підвищення температур, що впливає на інтенсивність забарвлення.

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. 10).

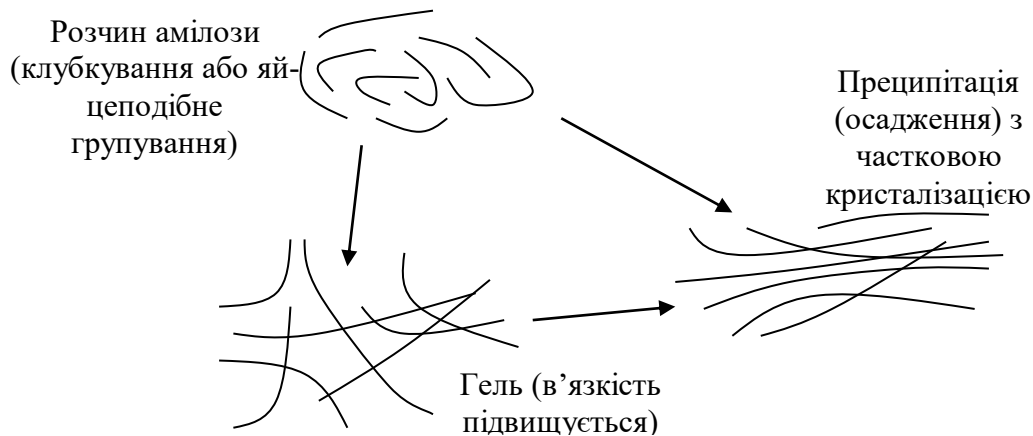


Рисунок 10 – Еволюція розчинів амілози

Кристалізація, що викликана агрегацією лінійних молекул, призводить до виділення адсорбованої молекулами амілози води. Водневі зв'язки, які утворюються поміж молекулами амілози, витісняють водневі зв'язки, що були утворені між амілозою та водою. Як наслідок, спостерігається **старіння**, або **ретроградація** (гелеутворення, затвердіння), яке супроводжується синерезисом з розділенням рідкої та твердої фаз.

На швидкість старіння впливають значення рН, присутність іонів, концентрація та молекулярна маса амілози. Амілоза, що характеризується середньою молекулярною масою, старішає з максимальною швидкістю.

Додавання жирних кислот або моногліцеридів, які утворюють з амілозою більш або менш розчинні комплекси, призводить до зниження набухання і в'язкості при нагріванні, не дозволяє, певною мірою, старішати системі.

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. 11). Ступінь кристалізації амілопектину значно нижча, ніж амілози.

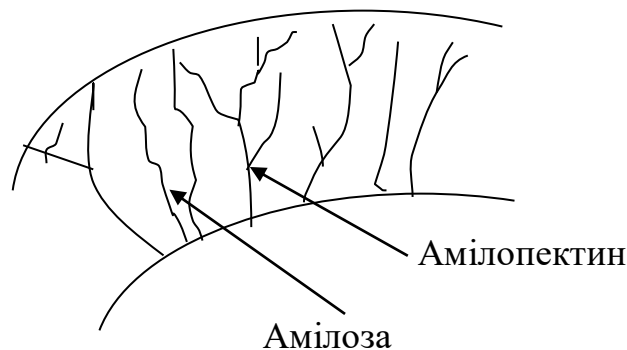


Рисунок 11 – Розміщення молекул амілози і амілопектину в зерні крохмалю

Ланцюги амілози та амілопектину орієнтовані до центру росту зерна і утримуються в структурі завдяки водневим зв'язкам. Щільність упаковки дуже велика, що не дозволяє проникати між ланцюгами воді за кімнатної температури, завдяки чому полісахариди в складі крохмального зерна відносно індеферентні до води. Тож, незважаючи на значну гідратаційну здатність амілози та амілопектину у складі зерна вони з водою не взаємодіють і крохмаль за кімнатних температур з водою утворює седиментаційно нестійку дисперсію.

У структурі крохмального зерна амілопектин сконцентрований ближче до поверхні. Ступінь полімеризації n близько 6 000 глюкозних залишків, молекулярна маса близько 10^7 умов. од.

Амілопектин, відокремлений від амілози, дає з йодом фіолетово-червоне забарвлення. Амілопектин сильно набухає у воді й утворює в'язкі та стійкі колоїдні розчини. Під час приготування клейстеру із крохмалю амілопектин перешкоджає ретроградації амілози, відіграючи роль захисного колоїду.

Під час ферментативного гідролізу β -амілаза руйнує тільки зовнішні ланцюжкоподібні відростки молекули амілопектину, які мають зв'язки α -1,4, і не може руйнувати зв'язки α -1,6 у точках галуження. Частина молекули амілопектину (серцевина), яка залишається, зветься залишковими декстринами, або β -декстринами.

При гідротермообробці амілопектин адсорбує значну кількість води, що, в основному, визначає набухання зерен крохмалю. Тому крохмалі, які більше багаті на амілопектин, значно краще розчиняються у воді за 95°C , ніж ті, які багаті на амілозу. Завдяки просторовій розгалуженій будові молекули амілопектину не мають тенденції до кристалізації і, таким чином, володіють вираженою вологоутримуючою здатністю, на відміну від амілози. Розчини амілопектину значно менше підлягають старінню з часом.

Зміна властивостей крохмалю під дією технологічного процесу

Поверхня крохмального зерна шпариста, завдяки чому при знаходженні його у воді або іншій рідині поверхня контакту дуже велика, що призводить до адсорбції від 30 до 50% вологи. Складові полісахариди в поверхневих шарах крохмалю ущільнені та утворюють поверхневу структуру, яка нагадує оболонку, що не має властивостей напівпроникнення.

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. У холодній воді крохмаль практично нерозчинний, однак за підвищення температури гідратація крохмалю зростає і за певних температур досягає максимуму. При цьому одночасно йдуть два процеси – набухання крохмального зерна та гідратація складових полісахаридів з їх дифузією в навколишнє водне середовище.

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 (*gelatinización*).

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

Ступінь клейстеризації та характеристика кінцевого продукту, тобто клейстера, передусім залежить від температури та гідромодулю. Незважаючи на однакову спрямованість процесу, ступінь зміни, тобто клейстеризації зерен крохмалю за надлишку води інший, ніж за її нестачі.

У інтервалі температур етапу 0...1 (рис.12), тобто до температури клейстеризації, суттєвих 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. У цілому з підвищенням температури набухання зерен відбувається майже одночасно для кожного зерна, однак, оскільки окремі зерна будь-якого крохмалю дуже відрізняються за зовнішнім виглядом, спостерігається значна різниця і в температурах, за яких відбувається клейстеризація. Великі зерна крохмалю клейстеризуються першими.

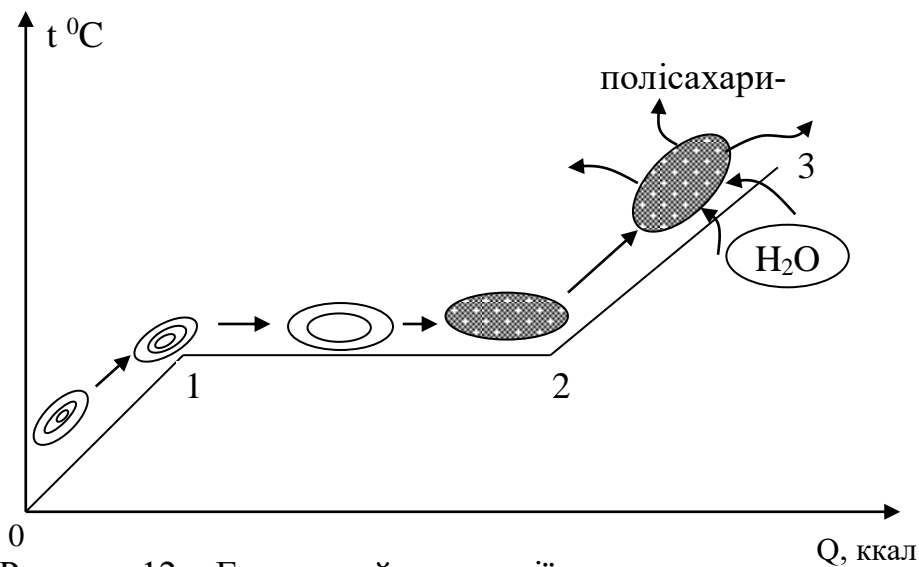


Рисунок 12 – Етапи клейстеризації крохмалю:

- 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. Суворо кажучи, фрагмент 1...2 діаграми (рис. 12), не паралельний до осі абсцис, а похилий, і характеризує температурний інтервал клейстеризації, наведений для різних крохмалів в табл. 11.

Таблиця 11 – Інтервал клейстеризації різних харчових крохмалів

Крохмаль	Температура втрати подвійного променезаломлення, °С		
	початок	середнє значення	кінець
Кукурудзяний	62	66	70
Високоамілозної кукурудзи (55% амілози)	67	80	-
Ячменю	51,5	57	59,5
Жита	57	61	70
Пшениці	59,5	62,5	64
Гороху	57	65	70

Особливими показниками клейстеризації крохмалю є збільшення в дисперсії частки водорозчинних речовин та підвищення в'язкості. У холодному стані, нижче за температуру клейстеризації, розчинність крохмалів дуже низька, і насичені розчини досягаються за концентрації крохмалю менше, ніж 1%. Починаючи з моменту розпакування крохмальних зерен, частка водорозчинних речовин у системі постійно збільшується, досягаючи максимального значення за більш високих температур. Зерна крохмалю адсорбують вологу за рахунок полярних гідроксильних груп полісахаридів, що призводить до набухання зерна.

Клейстер є складною колоїдною системою, що містить розчин амілози та амілопектину та набухлі крохмальні зерна. Концентрація амілози та амілопектину всередині зерен значно вища, ніж у середовищі. За рахунок збільшення поверхні контакту з водою при набуханні зерен та відсутності властивості напівпроникнення в поверхневих шарах дифузія амілози та амілопектину за нагрівання з водою буде збільшуватись, кінетика якої залежить від температури. За температур, вищих за температуру клейстеризації, система «крохмаль – вода» (вода – з надлишком) може бути охарактеризована як золь, у якому в зваженому стані знаходяться набухлі зерна крохмалю, які за високих температур мають дуже велику спорідненість із водою.

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 вологи. Цією здатністю якнайбільше характеризується амілоза, тому високоамілолітичні крохмалі утворюють розчини високої в'язкості.

Під час поглинання води розміри крохмального зерна значно збільшуються за рахунок «розпакування» крохмальних полісахаридів і прагнення їх набути своїх максимальних розмірів. При цьому окремі ланки ланцюгів деспіралізуються, завдяки чому їх лінійні розміри збільшуються. У цей час в'язкість суспензії крохмалю у воді значно підвищується за рахунок агрегації зерен між собою.

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.

У випадку високої концентрації крохмалю у клейстері часто спостерігається **гелеутворення** (в'язкість крохмального клейстера знову зростає), а інколи – випадіння осаду. Те ж саме спостерігається, коли крохмаль швидко охолоджують, або отримують менш концентровані розчини. Цей процес зветься **старінням** і пояснюється фізико-хімічними змінами складових речовин крохмалю.

За температур клейстеризації ступінь клейстеризації залежить від концентрації крохмалю. **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, де у водному розчині амілози та амілопектину вільно плавають у максимально набряклому стані крохмальні зерна, які мають, переважно, кулясту форму.

За недостатньої кількості вологи, тобто за збільшення концентрації крохмалю в системі, утворюється **гелеподібна структура системи**. Це відбувається завдяки тому, що всю вільну вологу поглинають, набрякаючи, зерна крохмалю, утворюючи при цьому суцільний каркас системи, який має певну пружність. Зерна крохмалю за цих умов деформуються і мають вигляд багатограних фігур. Такі системи в гарячому стані важко перемішуються, що може призвести під час нагрівання до їх пригорання. Характерним прикладом такого випадку в технології є варіння в'язких каш із круп та виготовлення з них запіканок, пудингів та інших круп'яних виробів. Така ж ситуація виникає при відварюванні макаронних виробів, бобів, картоплі. Але в цьому випадку безмежне набухання крохмальних зерен неможливе через те, що вони іммобілізовані в структурі продуктів. Завдяки обмеженому набуханню структурних елементів тканин продуктів неможливе і безмежне набухання крохмалю, який іммобілізований усередині продукту.

За іншого випадку гелеутворення крохмалів при заварюванні відбувається за умови нестачі води для повної клейстеризації крохмалю, тобто виникнення конкуренції за воду. Незважаючи на досягнення температури повної клейстеризації, у системі зустрічаються крохмальні зерна, які зовсім не підлягають клейстеризації, або знаходяться на якійсь її стадії. Вся система характеризується пружними властивостями. Така ситуація типова в кондитерському та хлібопекарному виробництві, оскільки кількість вологи відносно до борошна менша, ніж потрібно для повної клейстеризації крохмалю. Після випікання виробів, наприклад хліба, за рахунок часткового набухання крохмалю органолептично не відчувається його «сира» консистенція. Але в цілому він здатний до додаткового набухання, що використовується при приготуванні січених виробів з котлетної маси. Така сама ситуація виникає при виготовленні макаронних виробів, отриманні розсипчастих каш, смажінні картоплі тощо.

В'язкість системи та ступінь клейстеризації – це суто технологічні показники, оскільки вони залежать від послідовності та параметрів процесу – гідромодулю, температури, механічної дії, наявності в системі інших речовин.

При виробництві хлібобулочних виробів, печива, тістечок кількість води не буває достатньою для максимального набухання. Присутність рецептурних компонентів, таких, як цукор, який дуже гігроскопічний, моно- або дигліцеридів, що утворюють комплекси з амілозою, зменшує ступінь набрякання. На температуру набухання також впливає розмір крохмальних зерен.

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 певної ролі в технологічних процесах.

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

Гідроліз є цілеспрямованою дією технологічного процесу, а також може проходити об'єктивно за наявності умов гідролізу в системі за певних субстратних відношень.

Найбільш широко гідроліз використовується під час отримання патоки, а також продуктів кислотного гідролізу, під час бродіння в технології дріжджового тіста та його різновидів, при отриманні спирту. Можливе послідовне об'єднання кислотного і ферментативного гідролізу (кисотно-ферментативний гідроліз) а також спонтанні їх комбінація та перебіг.

Кислотний та ферментативний гідроліз застосовують для отримання харчових модифікованих крохмалів. Особливо велику кількість похідних отримують під час часткового гідролізу крохмалю. Реакцію кислотного гідролізу крохмалю широко використовують під час виробництва особливої групи модифікованих крохмалів – розщеплених, або «рідинокиплячих». Вони утворюють клейстери, які мають низьку в'язкість за високого вмісту сухих речовин.

Один зі способів активації молекул – підвищення температури. У разі гідролізу крохмалю цей шлях неефективний. Навіть за дуже високих температур крохмаль гідролізується незначно, а більша частина глюкози, що утворюється, розкладається. Найбільш ефективно зниження енергії активації досягається шляхом застосування каталізаторів.

Звичайно крохмаль гідролізують у вигляді гідросуспензії за $t=100...150^{\circ}\text{C}$, використовуючи в ролі каталізатора кислоту (соляну або сірчану).

До харчових продуктів–цукристих гідролізатів крохмалю належать патоки різного ступеня гідролізу, глюкоза кристалічна, сухі очищені гідролізати.

Гідроліз крохмалю за достатнього розбавлення за дії каталізаторів – іонів водню або амілази дає за умов повного перебігу процесу кількісний перехід крохмалю в Д-глюкозу.

Можливість перебігу цієї реакції зумовлена присутністю у складі полісахаридних ланцюгів крохмалю заміщеної напівацетальної гідроксильної групи. Незалежно від виду каталізатору процес гідролізу нативного крохмалю можна розбити на три стадії: *клейстеризації*, *розріджування клейстеру* і *оцукрювання*.

Спочатку відбувається послаблення і розрив асоціативних зв'язків між макромолекулами амілози та амілопектину, що супроводжується руйнуванням структури крохмальних зерен і утворенням гомогенної маси.

За подальшої дії кислоти в полісахаридах розриваються валентні α -1,4- та α -1,6-глюкозидні зв'язки і до місця розриву кожного зв'язку приєднується молекула води.

Під час розриву α -1,4-зв'язку атом водню води разом з глюкозидним кисневим місточком утворює із першого вуглецевого атому лівого залишку глюкози альдегідну групу в скритій (півацетальній) формі; гідроксил води приєднується до четвертого вуглецевого атому першого залишку глюкози.

Під час розриву α -1,6-зв'язку атом водню води приєднується також до С1 верхнього залишку глюкози, а гідроксил води – до С6 нижнього залишку глюкози.

Таким чином, під час розриву всіх глюкозидних зв'язків приєднується $n-1$ молекул води (де n – число глюкозних залишків) і утворюється n молекул глюкози. Але, оскільки глюкозидні зв'язки одночасно розриваються в різних частинах молекул, утворюються проміжні продукти – декстрини, олігоцукри, у тому числі мальтоза та гентіобіоза.

У процесі гідролізу крохмалю збільшується кількість вільних альдегідних груп, зменшується ступень полімеризації і питома обертання вуглеводнів гідролізату (табл. 12), утворюються аміло-, еритро-, ахроо-, тетрадекстрини, трисахариди, мальтоза, глюкоза. Одночасно можливе утворення продуктів реверсії та продуктів розпаду глюкози. α -1,6-глюкозидні зв'язки приблизно в 4 рази міцніші за α -1,4-глюкозидні, тому вони розриваються пізніше і α -гентіобіоза з'являється в гідролізатах лише на кінцевій стадії гідролізу.

Таблиця 12 – Характеристика продуктів гідролізу крохмалю

Вуглеводи	Молекулярна маса	Ступінь полімеризації	$[\alpha]^{20}$ град.	Редукуюча здатність, %
Розчинний крохмаль	20 8000	1300	199,7	0,073
Амілодекстрини	10 000	61	196,0	0,5
Еритродекстрини	6 000	38	194,0	2,5
Ахроодекстрини	3 000	20	192,0	5,0
Тетрадекстрини	661	4	168,0	25,0
Трисахариди	504	3	164,0	33,0
Мальтоза	342	2	136,0	60,0
Глюкоза	180	1	52,5	100,0

У міру розщеплення крохмалів сине забарвлення, характерне для розчинного крохмалю, змінюється на синє-фіолетовим, потім вишнево-червоне, характерне для аміло- та еритродекстринів, відповідно. Під час утворення ахродекстринів колір йодного розчину за додавання гідролізату вже не змінюється і залишається таким самим до кінця гідролізу крохмалю.

Розподіл декстринів на аміло-, еритро- та ахроодекстрини відповідно до забарвлення з йодом умовний, оскільки кожна з цих груп являє собою суміш вуглеводнів з молекулярною масою, яка коливається у визначених інтервалах.

Слід підкреслити, що в технології продукції ресторанного господарства повних стадій гідролізу, як правило, не досягається. Але в таких процесах, як тушкування крохмалевмісних продуктів у кислому середовищі, бродіння тістових виробів, смажіння, запікання, деструктивні зміни крохмалю і його складових частин посідають значне місце і значною мірою визначають якість кулінарної продукції.

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.

На відміну від рослинних нативних крохмалів, модифіковані крохмалі (E 1400 – E 1451) належать до харчових добавок.

У цю групу харчових добавок об'єднано продукти фракціонування, деструкції та різних модифікацій нативних рослинних крохмалів.

Модифікація крохмалів поділяється на:

- фізичну;
- хімічну;
- біологічну.

Модифікація крохмалів дозволяє суттєво змінювати їх будову та властивості, а саме гідрофільність (особливо в холодній воді), здатність до клейстеризації та гелеутворення, стійкість за нагрівання та в присутності кислот.

Реакційноздатними центрами у полімерах крохмалю є наступні:

– гідроксильні групи глюкозидних структурних одиниць, активність яких до відновлення хімічними реагентами змінюється таким чином:



- α -глюкозидні зв'язки, які з'єднують глюкозні структурні одиниці в ланцюг полімеру;
- кінцеві домішки D-глюкопіраноз, які характеризуються відновлювальними властивостями.

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

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

У деяких випадках модифіковані крохмалі є водночас стабілізованими та поперечнозшитими.

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, ангітридами октенілбурштинової кислоти, фос-

фориліл-хлоридом, триметилфосфатом та триполіфосфатом натрію, а також од-
нозаміщені 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.

Хімічна модифікація нативних крохмалів з утворенням простих складних ефірних зв'язків за вільними гідроксильними групами D-глюкопіранозних залишків дозволяє отримати два різних типи модифікованих крохмалів: *стабілізовані* та *зшиті*.

Загальний ефект від модифікації крохмалю та набуття ним нових властивостей систематизовано в табл. 13.

Поперечнозшиті амілопектинові або бульбові крохмалі широко використовуються у складі фруктових начинок (забезпечують стабільність і прозорість продуктів), салатних приправ (характеризуються стійкістю до кислотного гідролізу). Їх можна використовувати у вигляді основ для рідких паніровок типу «кляр» для покриття смажених у жирі виробів. Такі крохмалі також застосовують як загусники для кремів, інших десертів, соусів для спагетті, в технології продукції дитячого харчування.

Зшиті крохмалі використовують у виготовленні фруктово-ягідних начинок, включаючи свіжі, заморожені та консервовані. Ці крохмалі особливо ефективні при додаванні в консервовані супи, підливи і соуси, за умов стерилізації нагріванням консервних банок після закрутки.

Таблиця 13 – 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 (фосфорилування)	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

Для стерилізованих і нестерилізованих продуктів, які повинні зберігатися тривалий час за знижених температур (наприклад, майонезів), не рекомендується використання «зшитих» крохмалів у зв'язку з їх вираженою тенденцією до старіння, синерезису та гелеутворення, особливо за низьких значень рН, що

найбільше виявляється в різних кулінарних соусах, які зберігаються в замороженому стані. Під час заморожування вода викристалізовується, і, як правило, спостерігається гелеутворення та витікання води за розморожування. Для цих цілей використовуються крохмалі у концентрації 4...6%, що модифіковані іншим чином. Ці крохмалі виготовляються шляхом обробки зерен кукурудзяного, картопляного або пшеничного крохмалю оксидом етилену або пропілену, які в певній пропорції заміщують водень гідроксильних груп на залишки гідроксипропілу, гідроксіетилену або фосфату. Ці гідрофільні складнофірні групи завдяки просторовому розміщенню збільшують здатність утримувати воду і допомагають протистояти її викристалізації, ретроградації, синерезису. Ці групи можуть бути введені також у «зшиті» крохмалі та, завдяки своїм гідрофільним властивостям і просторовому розгалуженню, допомагають утримувати воду, набрякати та утворювати клейстер.

5. 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.

Здатність сахарози до розчинення в технологічній практиці традиційно використовується як для підсолоджування в технологічних системах, так і для надання їм певних структурно-механічних властивостей. Діапазон структуроутворення для сахарози розповсюджується на структуроутворення в розчинах та структуроутворення у викристалізованому стані, наприклад при виробництві помадних мас, карамелі, гріль'яжних мас тощо.

Температурний вплив на цукор може не призводити до глибоких змін його властивостей, а може й викликати більш глибокі зміни, які призводять, водночас, до деструктивних і полімеризаційних процесів.

Шляхом технологічної трансформації цукру із кристалічного стану у склоподібний отримують значну кількість харчових виробів, які посідають значну частку в обсязі реалізації кондитерських виробів населенню. Слід підкреслити, що технологія отримання таких продуктів більше притаманна для кондитерської промисловості, але останніми роками вона знайшла розповсюдження і в підприємствах ресторанного господарства.

У табл. 14 наведено деякі продукти, до складу яких входять цукри, які знаходяться у склоподібному стані, та причини, які можуть призвести до нестабільності цих систем.

Таблиця 14 – 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
Деякі ліофілізовані продукти	Дегідратація	Різні	Часткове розрідження. Грудкування в процесі ліофілізації та збільшення тривалості процесу. Запобігати дії високих температур та високої відносної вологості

Використання простих цукрів у технології продукції ресторанного господарства пов'язано з їх трансформацією, наслідком чого є дуже багато технологічних змін. 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 виробках з борошна під час випікання та обжарювання; при виготовленні сиропів, підварок, джемів; під час сушіння крохмалю, цукру, пасерування борошна, смаження овочів тощо. Тому, незважаючи на об'єктивність змін, це суто технологічний процес, інтенсивність якого може регулюватися шляхом корегування параметрів процесу.

Як правило, інтенсивність солодкого смаку цукрів за карамелізації знижується. Це є наслідком зменшення частки цукрів у системі за рахунок виникнення полімерних сполук, що менш солодкі, а також деструкції цукрів. Нагромадження в системі нових речовин за рахунок деструкції, з іншого боку, притуплює сенсорні відчуття солодкого, збагачує гамму смаків і відволікає увагу споживачів від солодкого. Ось чому споживання цукрів у вигляді карамелі не викликає відчуття приторно солодкого, що характерне для власне цукрів та ме-

ду. Одночасно гірша розчинність карамелі, порівняно з цукрами, не викликає висушування ротової порожнини та відчуття спраги.

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.

Субстрати цієї реакції, 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.

Дуже часто неензиматичне побуріння починається під час приготування або зберігання рідких харчових концентратів: молока, фруктових соків, сиропів, чи під час варення деяких морепродуктів. Те саме відбувається за приготування дегідратованих продуктів: рибного борошна, м'яса, сухого молока, яєчного порошку, фруктів, соків. Потемніння кольору та наявність небажаних смаку та запаху продуктів оцінюються як втрата харчової цінності. Крім того, у деяких продуктів зменшується розчинність.

Поряд із цим можна навести приклади позитивного впливу на харчові продукти неензиматичного побуріння: утворення скоринки на хлібі та бісквітах, специфічні смак та колір смажених м'яса та картоплі, термообробленого зерна, м'ясних екстрактів, карамелі та ін. Деякі сполуки, утворені в процесі неензиматичного побуріння, здатні захищати ліпіди від окислення, наприклад у рибному борошні.

Меланоїдиноутворення в технологічному процесі супроводжується, як правило, потемнінням маси, появою характерного аромату, зниженням вмісту амінного азоту, зміною загальної розчинності. Одночасно тривають реологічні зміни в харчовій системі. При цьому, як правило, підвищується в'язкість.

Практичних засобів, які дозволяють уникнути неензиматичного побуріння в процесі технологічної обробки продуктів, існує небагато. Одним із найбільш ефективних, але в технологічному плані важкоконтрольованих, що призводить до зниження інтенсивності й абсолютних значень неферментативного покоричнювання, є видалення з процесу одного з учасників субстратної взаємодії, який зумовлює характер процесу.

Під терміном «видалення» слід розуміти не обов'язково фізичне видалення субстрату, а і його трансформацію, яка фактично «виводить» його з реакції. Зрозуміло, що ця проблема вирішується в кожному випадку індивідуально відповідно до складу та властивостей харчових продуктів.

Перед тим, як провести дегідратацію яєць, тобто їх сушіння, найкраще звільнити меланж від присутності глюкози шляхом ферментування або окислення її до глюконової кислоти під впливом глюкозооксидази.

Для запобігання покоричнюванню картоплі у процесі жаріння її протягом двох тижнів зберігають при температурі 20°C, що спричиняє ресинтез крохмалю з відновлювальних цукрів, утворених при охолодженні (або у процесі зберігання за певних умов).

Для приготування білкових концентратів з бавовняних плющаників слід використовувати сорти бобових, які не містять **госіполу** – карбонільної сполуки, що може спричинити неензиматичне побуріння та призводити до зниження харчової цінності білка.

При виробництві деяких продуктів треба уникати додавання цукрів, які характеризуються відновлювальними властивостями. Сахарозу або інші цукри бажано, використовувати у невеликих концентраціях та додавати наприкінці або після закінчення термообробки.

У деяких випадках можливо загальмувати покоричнювання, знижуючи значення рН системи. Безумовно, при цьому продукт повинен витримувати закислення, яке має бути помірним. Підкислення, наприклад, використовується під час виробництва сухих порошоків з яєць.

Враховуючи велику енергію активації деяких реакцій покоричнювання треба уникати дуже жорсткої термічної обробки продуктів. Крім того, їх зберігання повинне проводитися при помірних температурах.

При дегідратації найбільший ризик покоричнювання виникає, коли у продукті залишається менше 20% води, а температура, водночас, є високою. При дегідратації за більш низьких температур ризик покоричнювання зумовлюється тим, що процес стає тривалішим, тобто збільшується час, протягом якого вологість продукту є критичною (< 20%). Саме з цих причин дуже часто фруктові соки не концентрують сильніше, ніж це має рацію, а цукрові сиропи не уварюють до значень понад певну концентрацію.

Дегідратовані продукти можна зберігати при температурах понад 25°C та за належної вологості або в упаковці, крізь яку не проникає водяна пара, тобто вода не випарюється.

Для концентрованих гірких соків необхідне зберігання при низьких температурах (< 0°C). Недотримання цих умов призведе до неензиматичного побуріння, яке супроводжується виділенням вугільного ангідриду, що викликає здуття пакунків (бомбаж). Необхідно підкреслити, що деякі сполуки, які утворюються за неензиматичного побуріння (наприклад, карамель), підвищують корозію металів. Цілком зрозуміло, що це негативно впливає на якість зберігання.

Як ефективний **інгібітор** при неензиматичному побурінні є сульфітна кислота H_2SO_3 , яка використовується у вигляді або газу, або власне її солей.

Сульфіти реагують з карбонільними сполуками, з основами Шифа, з ненасиченими карбонільними сполуками та утворюють *сульфонати*.

Перелічені сульфонати, утворені дикарбонільними та карбонільними ненасиченими сполуками, достатньо стійкі. Тож, сульфіти зв'язують найбільш активні проміжні сполуки неензиматичного побуріння, що, у свою чергу, збільшує індукційний період та гальмує появу пігментів. Процес побуріння може відновлюватись, якщо зникають вільні сульфіти.

Сірчистий ангідрид завжди використовувався як антисептична добавка до виноградного соку, вина, дегідратованих фруктів, деяких пульп для конфітюру, концентрованих соків, які зберігаються в діжах, і т. ін. Антисептична дія ангідриду має прояв, коли він присутній у великій кількості, що перевищує концентрації, необхідні для уникнення покоричнювання. Ось чому за цих випадків запобігання побурінню забезпечується максимально.

За оброблення фруктів та бобових, коли головною проблемою є не антисептичний ефект, а уникнення побуріння, сірчистий ангідрид та сульфіти застосовують у значно нижчих концентраціях. Це стосується, зокрема, таких продуктів, як дегідратоване картопляне пюре, різані дегідратовані яблука, гіркі соки та концентрати.

6. Крохмаль, його вплив на забезпечення якості кулінарної продукції

Виробництво кулінарної продукції висуває різні вимоги до використовуваних крохмалів залежно від співвідношення в'язкості, спроможності до драглеутворення, прозорості та ін. Раніше вибір крохмалю був обмежений або різними природними крохмалю, або їх комбінацією. Сьогодні є можливість використовувати не тільки ці крохмалі, але також продукти їх хімічної модифікації та дериватизації.

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. 15 наведено дані щодо вмісту амілози та амілопектину в натуральних крохмалю.

Таблиця 15 – Вміст амілози та амілопектину в натуральних крохмалю

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. Ці крохмалі широко використовуються для отримання харчових гелів, особливо для виробництва цукерок, у яких вміст крохмалю може досягати 10...14%. Крохмалі з високим вмістом амілози або крохмалі, які попередньо оброблені кислотами, дозволяють отримати гелі швидше та більше міцні. Крім цього, ці гелі стійкі до нагрівання за рахунок кристалічної структури амілози, яка набрякає при

високих температурах. За підтримування температури в технологічному процесі в межах середніх значень (темперування) в'язкість не збільшується. Крохмалі, які багаті на амілозу, також використовуються для отримання харчових пливків.

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. Вони використовуються в заправках та соусах, а також як загусники для фасованої кулінарної продукції, щоб утримувати різні інгредієнти у стані суспензії. Але так само, як і більшість натуральних крохмалів, вони погано витримують тривале нагрівання, особливо за енергійного перемішування або при знижених значеннях рН. У процесі нагрівання гранули розриваються, проходить солюбілізація, частковий гідроліз складових молекул й чітке зниження показників в'язкості.

Кукурудзяний крохмаль і крохмаль зернового сорго широко використовуються в технологіях харчових продуктів. Властивості крохмалю зернового сорго настільки подібні до властивостей кукурудзяного крохмалю, що ці крохмалі виявляються в багатьох випадках взаємозамінними. Вони утворюють в'язкі, не дуже тягучі та мутні драгли з типовим зерновим присмаком. Якщо їх піддати спеціальній обробці, вони можуть утворювати жорсткі драгли. Ці крохмалі широко використовуються для загущення соусів, підливок, желе, наповнювачів борошняних виробів, виключаючи ті випадки, коли потрібна підвищена прозорість або коли утворення драглів після охолодження не потрібне.

Вони непридатні й тоді, коли продукти заморожують, оскільки їх клейстери мають тенденцію до ретроградації. У виготовленні консервів використовують крохмалі, які проходять спеціальну обробку з метою позбавлення від термофільних мікроорганізмів, які є нестійкими до нагрівання (наприклад, сінна паличка).

Кукурудзяний крохмаль знаходить використання у виготовленні борошняних виробів. Додання крохмалю робить борошно твердої пшениці більш подібним до борошна м'якої пшениці.

Ці види крохмалів придатні для використання у виготовленні борошняних кулінарних та багатьох типів інших виробів, що, таким чином, стають пухкими без збільшення вмісту здоби.

У виготовленні крекерів інколи використовують попередньо клейстеризований крохмаль для регулювання якості борошна твердої пшениці. Саме борошно рідко надає потрібної міцності стаканчикам для морозива і вафлям; і кукурудзяний крохмаль використовують у комбінації з борошном для надання зазначених якостей.

Низка переваг забезпечує використання спеціальної обробки кукурудзяного крохмалю. Щоб уникнути утворення грудочок, крохмаль можуть піддавати спеціальній обробці: використовують, наприклад, здрібнення з гідрофільним ефіром жирної кислоти і поліетиленгліколем.

Крохмаль також використовують як інертний інгредієнт у пекарських порошках, де він розділяє кислотний компонент і бікарбонат натрію і запобігає

виділенню двоокису вуглецю. З його допомогою регулюють частку бікарбонату натрію і забезпечують тим самим виділення двоокису вуглецю в заданій кількості (не менше 12 %). У вигляді інертного інгредієнта звичайно використовують пересушений кукурудзяний крохмаль (вологість 5 %).

Пересушений крохмаль також вводять у кількості 3 % до цукрової пудри для запобігання утворенню грудочок. Для того щоб сухий крохмаль міг добре формуватися, з ним змішують невелику кількість харчового масла (олії). Салатні приправи, відмінні від майонезів, містять крохмальні пасти у вигляді добавок до яєць для емульгування олії. Мінімальний вміст олії в салатних приправах складає 30 %, а в майонезах – 65 %.

Оскільки крохмальні клейстери використовують у технології майонезів, то використовувані крохмалі повинні бути стійкими до оцтової кислоти, зберігати потрібну густоту емульсії і забезпечити її захист від руйнування. Часто суміші кукурудзяного і тапіокового крохмалів використовують для забезпечення заданої текстури і стабільності, хоча модифіковані крохмалі сьогодні знаходять більш широке використання під час виготовлення салатних приправ.

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.

Існують відмінності в рисових крохмалях, особливо щодо вмісту амілози. Проте всі виявлені відмінності, характерні для різних видів рису, визначаються сортом рису, умовами вирощування тощо. Усі рисові крохмалі мають характерні дрібні зерна, що, ймовірно, справляє вплив на властивості клейстерів цих крохмалів. Але властивості, виявлені для окремих зразків рисового крохмалю, не можуть бути типовими для всіх різновидів.

Деякі з рисових крохмалів використовуються в пивоварній промисловості. Борошно воскоподібного рису стабілізує процеси заморожування – відтаювання білих соусів, пудингів, значно перевершуючи в цих продуктах будь-які інші загущувальні речовини, не поступаючись деяким модифікованим крохмалям та похідним крохмалю. Покращеною є стабільність до заморожування – відтаювання соусів, виготовлених з очищеним крохмалем воскоподібного рису. Але стабільність до заморожування – розморожування соусів, виготовлених з очищеним крохмалем воскоподібного рису, набагато менша, ніж соусів, для загущення яких було використано борошно цього рису, хоча вона вища, ніж за використання інших видів крохмалів. Можна припустити, що некрохмальні інгредієнти борошна частково сприяють підвищенню стабільності у заморожуванні – розморожуванні. Виявлено об'єктивно, що смак борошна воскоподібного рису в білих соусах має деяку індивідуальність. Хоча смак цей, як відмічають експерти, з'являється тільки при підвищених температурах.

Порівняно з іншими крохмалями, за однакових концентрацій клейстери, приготовані з **пшеничного крохмалю**, мають більш низьку в'язкість і виявляють підвищену тенденцію до утворення м'яких драглів. На відміну від крохмалю кукурудзи та сорго, **пшеничний крохмаль** знаходить широке застосування

в хлібопекарній промисловості не лише для надання потрібних властивостей борошну твердої пшениці. Він може бути використаний у технологічній практиці як у вигляді добавки до борошна із сильною клейковиною, так і для поліпшення якості дріжджових виробів, що випікаються з м'якого борошна. З'ясовано, що заміна 30% борошна з клейковиною середньої сили пшеничним крохмалем для бісквітного напівфабрикату дає значне покращення об'єму, структури, пористості та смакових властивостей. При цьому вироби під час зберігання довго тримають свіжість. Виявлено, що пшеничний і кукурудзяний крохмалі дають схожі результати при заміні до 20 % пшеничного борошна, але тільки перший з них виявляє здібність поліпшувати борошно при збільшенні заміни до 30 %. Ці властивості пояснюють за рахунок зниженої спроможності пшеничного крохмалю утворювати драгли. Заміна пшеничним крохмалем 30% борошна для кондитерських виробів забезпечує підвищення їх м'якості, що дозволяє зменшити витрати шортенінгу на 17...20%.

Неклеїстеризований пшеничний крохмаль підвищує розкачуваність маси печива, якщо використовують заміну 30% борошна. Розкачуваність маси зменшується, якщо використовують попередньо клеїстеризований крохмаль. Заміна борошна в рецептурі пісочних видів печива неклеїстеризованим або здатним набрякати крохмалем спричиняється до змін у співвідношенні цукру, жиру та інших компонентів. Це може впливати на розкачуваність маси без змін розміру та форми печива, що повинне забезпечити однакові геометричні розміри для стандартної упаковки готового продукту.

Модифікований, рідкокиплячий пшеничний крохмаль може вдало використовуватися в салатних приправах, супах та заварних кремах.

Переважна кількість традиційних технологій кулінарної продукції, до складу яких входить крохмаль, ґрунтується на використанні **картопляного крохмалю**. Його використовують у виробництві продуктів харчування, де він є традиційно основним у частці крохмалів промислового виготовлення.

Тягучість і прозорість клеїстерів, характерні для картопляного крохмалю, визначають можливість використання його в технології кулінарних та кондитерських виробів. Картопляний крохмаль знаходить застосування у приготуванні таких виробів, як киселі, супи, підливи, соуси, желе. Розчинений у холодній воді, попередньо окислений картопляний крохмаль добре придатний для швидкого приготування пудингів.

Крохмаль тапіоки має м'який смак і прозорість клеїстерів, типову для бульбових крохмалів. Ці властивості бажані у виробництві продуктів харчування. Але притаманні цим клеїстерам тягучість та клейкість є небажаними. У харчовій промисловості крохмаль тапіоки можна використовувати у вигляді хімічно модифікованих продуктів або у формі частково клеїстеризованих грудочок. Останні готують шляхом розмазування вологого крохмалю на сталевих жаровнях. Перемішуючи, крохмаль нагрівають до часткової клеїстеризації зерен та їх агломерації в нерівномірні за розмірами «перлини». Охолоджені вони робляться твердими і просвічуваними.

Перловий крохмаль тапіоки можна використовувати для загущення кулінарних кремів і фруктових желе. Крохмаль тапіоки часто застосовують, готуючи крохмальні суміші для салатних приправ морозива.

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.

Можливість отримати прозорість залежить, насамперед, від стадії клейстеризації, яка визначається значеннями температури, величиною гідромодуля та терміном обробки. Найбільш прозорий клейстер можна отримати лише при повній клейстеризації крохмалю. При зниженні температури зростатиме мутність, тобто прозорість падатиме.

До такого ж ефекту призводитиме і зростання концентрації крохмалю в системі, оскільки наслідком фізичної нестачі води, навіть при досягненні температур повної клейстеризації, є присутність неклеїстеризованих зерен крохмалю, які надають мутності. До збільшення прозорості призводить і темперування при температурах клейстеризації, наслідком чого є перерозподілення вологи і зростання прозорості.

Крохмалі воскового зерна, коренеплодів і бульбоплодів утворюють більш прозорі клейстери, ніж звичайні зернові крохмалі. На прозорість також впливає присутність у суміші інших речовин. Наприклад, сахароза значно збільшує прозорість клейстерів звичайних зернових крохмалів, таких, як кукурудзяний. З іншого боку, харчові емульгатори, такі, як гліцериномоностеарат, роблять клейстери непрозорими. Інші поверхнево-активні речовини, наприклад лаурилсульфат натрію, який має властивість легко утворювати комплекси з амілозою, суттєво підвищують прозорість крохмалів, що використовують у виробництві соусів.

У багатьох харчових продуктах, що містять крохмаль, частинки білків чи інших речовин зменшують прозорість клейстерів. Фруктові киселі, соуси з використанням крохмалю мають більше привабливий зовнішній вигляд, коли клейстер прозорий. Кондитерські вироби з ягідною або фруктовою начинкою привабливіші, якщо ягоди чітко видно крізь прозорий загущений сік, порівняно з начинкою, в якій ягоди сховано під мутним клейстером.

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**. Серед великої кількості продуктів, для яких ця властивість необхідна, знаходяться супи-пюре, підливи, багато соусів, желе і солодкі начинки. Деякі крохмальні клейстери мають тягучість і липкість – властивості, що небажані для харчових продуктів, тому звичайні крохмалі перед використанням у виробництві продуктів харчування піддають обробці, щоб виключити небажані властивості. Однак для деяких продуктів збереження невеликої в'язкості бажане.

В'язкість крохмальних клейстерів, насамперед, залежить від температури та концентрації крохмалю. Дуже наглядним прикладом залежності в'язкості від концентрації є асортимент виробів із круп – рідкі, в'язкі та розсипчасті каші, де

консистенція залежить лише від співвідношення крупи (в якій міститься крохмаль) та рідини.

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. У той же час стабільність клейстеризованого крохмалю при зберіганні значно нижча, ніж неклеїстеризованого, оскільки розщеплення клейстеризованого крохмалю амілазами проходить набагато швидше при температурі, що нижча за температуру інактивації ферменту.

Активність ферменту залежить від швидкості підвищення температури, відношення води і ферменту до крохмалю, температури клейстеризації крохмалю, термостабільності ферменту і присутності інших інгредієнтів, які можуть вплинути на набрякання зерен крохмалю або на активність ферментів.

Амілоліз є об'єктом дослідження під час роботи з тими харчовими продуктами, котрі зброджують дріжджами. Мабуть, дія амілаз може бути достатньою для впливання на властивості певної групи інших продуктів, наприклад борошнених і кулінарних виробів, під час готування яких підвищення температури відбувається досить повільно і сприяє дії ферментів.

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. Ймовірно, він може бути асоційований з більшою частиною необроблених крохмалів. Картопляний і звичайні зернові крохмалі, такі, як кукурудзяний, зернового сорго і пшениці, мають більш чітко виражений і стійкий смак, знайомий як смак «*сирого зерна*». Останній спостерігається під час варення, та його можна повністю замаскувати іншими смаковими речовинами. Час, коли присмак крохмалю стає непомітним, є, звичайно, критерієм готовності харчових продуктів.

Оскільки крохмалі, що набрякають, не потребують варення, їх використовують у виробництві пудингів швидкого приготування, морозива та подібних продуктів, які повинні мати кращі за крохмальний або зерновий смаки. У даному разі перевага надається крохмалям з тапіоки, картоплі та воскоподібних зернових.

Для видалення крохмального присмаку використовують зв'язувальні агенти, такі, як тетранатрієвий пірофосфат. Його вводять у крохмаль перед сушінням. Ці речовини мають властивість утворювати комплекси зі слідами іонів металів (таких, як залізо, мідь, що містяться в крохмалі, який надходить у продаж) і є каталізаторами окислення присутніх ліпідів. Менш виражений крохмальний смак бульбових та амілопектинових крохмалів може бути результатом більш низького вмісту в них ліпідів. Відомо, що обробка неклеїстеризованого крохмалю фосфатами лужних металів, цитратом або тартратом також дозволяє позбавитися смаку «сирого зерна».

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.

Ці поняття у споживачів дуже асоціюють із якістю кулінарних виробів. Дійсно, свіжозготовлені картопляне пюре або каші, або мучні та кулінарні вироби оцінюються споживачами як «набагато кращі», ніж аналогічні, які зберігалися, або були охолоджені та повторно розігріті. Ті ж відчуття стосуються й хлібу. При цьому все ж таки є можливість покращувати показники «свіжості» за рахунок розігрівання «черствих» виробів.

Після досягнення температури клейстеризації можливість існування водневих зв'язків поміж ланцюгами крохмалю мінімальна, що значною мірою і визначає відчуття «свіжого» виробу. Ось чому при зберіганні готових виробів на роздачах до реалізації забезпечують високу температуру, що не дає можливості системі реструктуруватися за рахунок виникнення нових водневих зв'язків. Тому і нагрівання охолоджених крохмалевмісних виробів понад цю температуру деякою мірою повертає виробам відчуття «свіжеприготовлених».

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. Також це явище використовується під час формування виробів з овочевих, круп'яних мас, яке проводиться при низьких температурах.

Якщо крохмальні драгли остудити, то за рахунок виникнення водневих зв'язків поміж ланцюгами молекули робляться менш розчинними і виявляють тенденцію до утворення агрегатів і часткової кристалізації. Якщо клейстери дуже сильно розведені, то утворюється осад, але в більшості кулінарної продукції спостерігається висока концентрація, що веде до утворення в драглях тривимірної сітки полісахаридних молекул.

До агрегації при охолодженні більше здатна амілоза, що продиктовано її більш лінійними характеристиками. У кристалічні міцели стають включеними молекули амілози та амілопектину. Вони переплітаються одне з одним, об'єднуючись молекулярними ланцюгами.

Кристалізація амілопектинових молекул менше виражена, що частково інгібується їх розгалуженою структурою, і головним чином боковими гілками. Кристалічна ділянка, що включає як набряклі зерна, так і водяний розчин між зернами, великою мірою визначає міцність і пружність утворених драглів. Частина макромолекул, які включені в кристалічні міцели, лежить у аморфних ділянках між міцелами, і здібність драглів витримувати певний тиск без руйнування значною мірою визначається відносною кількістю молекул у аморфній ділянці.

Іншими факторами, які впливають на утворення і властивості крохмальних драглів, є розмір та морфологічна структура крохмальних зерен, ступінь стиглості крохмаленосія і попередня обробка, концентрація клейстеру, час, температура, перемішування під час варення, час і температура зберігання після варення та введення інгредієнтів крохмалю, що містять як амілозу, так і аміло-

пектин, однаково схильні до утворення драглів за відносно низьких концентрацій. Картопляний крохмаль має набагато меншу тенденцію до утворення драглів, що може бути зумовлене вмістом у ньому амілози: передусім, незвичайно велика довжина лінійних молекул у картопляному крохмалі або слабка розгалуженість перешкоджає своєю вирівняністю утворенню міцелярних структур. Хоча розгалуженість структури амілопектинових крохмалів перешкоджає утворенню драглів за низьких концентрацій, однак за високих (близько 30 %) вони утворюються.

Коли крохмальні драгли витримують тривалий час, вони стискаються і виділяють деяку кількість рідкої фази. Такий процес називають **ретроградацією**; цей ефект значно підсилюється в заморожених драглях. Унаслідок заморожування вода змінює свій агрегатний стан і після відновлення нормальних умов вже не розподіляється рівномірно в сітці полісахаридів.

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.

Існують, проте, дані, що зміни, зумовлені ретроградацією амілопектину, у харчових системах можуть бути нереверсивними, як це спостерігається у простих системах «крохмаль – вода». Виділення розчину замороженими білими соусами, виготовленими з крохмалю воскоподібних кукурудзи або сорго, при нагріванні їх до 90°C набагато менше, ніж при нагріванні до 35°C, проте повністю не виключається.

7. Вуглеводи клітинних стінок рослин (харчові волокна)

Харчові волокна (ХВ) – незасвоювані вуглеводи, клітковина, баластні речовини – це поширена група нутрієнтів, джерелом яких є продукти рослинного походження.

Харчові волокна – це біологічний, а не хімічний термін, оскільки він об'єднує речовини різної хімічної природи. До них належать полісахариди, які не розщеплюються в тонкому кишечнику, а проходять часткову ферментацію у прямій кишці, а також спирти.

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**. При цьому стінки рослинних клітин складаються, в основному, з макромолекул волокнистих полісахаридів, головним чином, целюлози. Міжклітинний простір заповнюють розміщеними певним чином формами – геміцелюлозами, пектином та його похідними.

Целюлоза є полімером глюкози, *геміцелюлози* – полімерами пентоз та гексоз, *лігнін* – полімером ароматичних спиртів, *пектин* – складним комплексом колоїдних полісахаридів, які містять глюкуронову та галактуронову 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.

У природі джерелом харчових волокон є рослинна сировина. Але технологічні можливості на сучасному етапі такі, що дозволяють отримати харчові волокна у відносно ізольованому вигляді та адаптувати їх до страв, які раніше, по суті, не могли бути їх джерелом. Але для цього повинна бути проведена відповідна наукова, інженерно-технологічна робота. Класичним прикладом такого підходу є використання простих ефірів целюлози в технології солодких страв (мусів, кремів, морозива) та кондитерських виробів, а також технології, реалізовані в кондитерській та хлібопекарній промисловості, спрямовані на використання борошна грубого помолу, а також на збагачення виробів харчовими волокнами.

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.

Залежно від виду складових частин, які використовуювано як їжу, у технології продукції ресторанного господарства використовується плодове та вегетативні овочі. У плодкових овочах (томатних, бобових, бахчових) ХВ розподілено нерівномірно. Їх більше в м'якотній частині, менше – у насінні. У вегетативних (бульбоплодів, коренеплодів), капустяних, салатних, пряних, листових овочах ХВ розподілено більш рівномірно, що й визначає їх однорідні за масою технологічні властивості. У фруктах і винограді ХВ сконцентровано в клітинних стінках м'якоті та шкірі плодів. Ось чому при отриманні світлих соків з винограду, груш, яблук, а також помідорів понад 90% ХВ йдуть до фракції відходів. Такий самий рівень втрат спостерігається і для технологій ресторанного господарства, в яких використовуються лише відвари фруктів та ягід – компоти, киселі, настої.

Значна кількість ХВ міститься в нетрадиційній для вживання кулінарній сировині. Наприклад, у побічних продуктах переробки зерна, задерев'янілій рослиній сировині.

Перспективним напрямком отримання ХВ є їх препаративне отримання із синьо-зелених водоростей, наприклад хлорели.

Технологічні властивості рослинної сировини визначаються, в основному, складом та кількісним вмістом харчових речовин, їх функціональним станом та особливостями будови.

Вуглеводи клітинних стінок, які одночасно належать до ХВ, значною мірою визначають технологічні властивості рослинної сировини. Але їх загальні властивості, характерні для них як для хімічних речовин, значною мірою трансформуються. Це відбувається завдяки тому, що вони природою організовані в структуру, яка певною мірою віддзеркалює їх властивості та, водночас, набуває нових, не характерних для них у складі конкретної структури. Тому одночасне вивчення властивостей складових речовин вуглеводів клітинних стінок і визначення їх структурних властивостей цілком доцільне.

Кожну рослинну клітину вкрито **клітинною оболонкою**, яка захищає цитоплазму від впливу зовнішнього середовища, одночасно виконуючи функцію опори та надаючи тканині міцності. Для кожного виду рослинної сировини цей показник індивідуальний і в технологічній практиці зумовлює показник «консистенція». 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 багат шарове 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*. Відрізнити первинну та вторинну оболонки дуже важко, але в останній міститься значно більше целюлози.

Наскрізь усі структури пронизує ізотропна міжклітинна речовина – *матрикс і лігнін*.

Умовну будову клітинних стінок і розподіл основних речовин наведено на рис. 13, 14.

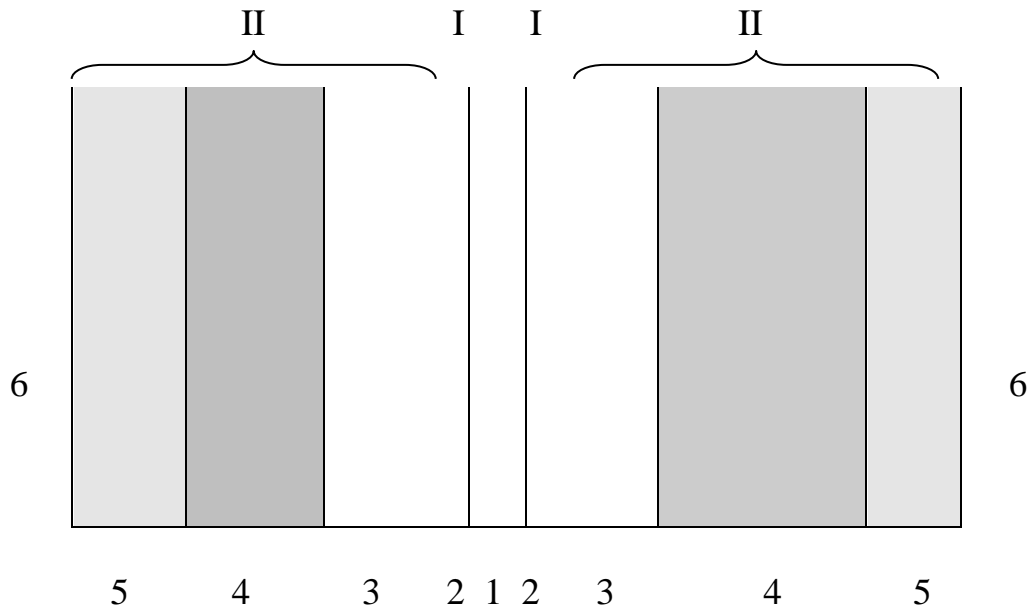


Рисунок 13 – Схема клітинних стінок за Керрі та Бейлі:

1 – серединна пластинка, 2 – камбіальна, або первинна оболонка (I), 3, 4, 5 – відповідно, зовнішній, центральний, внутрішній шари вторинної оболонки (II), 6 – плазмолема

Плазмолема	Клітинні стінки					Плазмолема
	Клітинні оболонки		Серединна пластинка	Клітинні оболонки		
	вторинна	первинна		вторинна	первинна	
Ізотропний матрикс						
← Лігнін →						
← Пектинові речовини →						
← Геміцелюлоза →						
← Целюлоза →			← Геміцелюлоза →			
← Целюлоза →			← Целюлоза →			

Рисунок 14 – Розподіл основних речовин у клітинних стінках

Клітинні стінки складають 0,7...5,0% сирої маси плодів та овочів, але це усереднене значення. 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, який наведено в табл. 16.

Таблиця 16 – Склад клітинних стінок плодів

Компонент	Вміст у плодах, % СР	
	зелених	дозрілих
Целюлоза	24,8	38,3
Інші складові:		
Поліцукри	60,0	43,4
Лігнін	сліди	16,7
Воски	4,2	–
Білки	9,5	3,2
Зола	–	1,4

Усереднений вміст клітинних стінок в овочах наступний, %: плодові овочі (кабачки, томати) - 0,7, картопля - 1,5; листові (білокачанна капуста, салат, шпинат) -1,4...6 ; кольрабі, коренеплоди - 3,0 ...5,0.

Необхідно підкреслити, що всі речовини знаходяться в структурованому вигляді з утворенням надмолекулярних агрегатів за рахунок різних хімічних та фізичних взаємодій. Наведено більше детальну характеристику вуглеводних складових 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 (варення чи жаріння), параметри варильного середовища - присутність солей, значення рН, а також порядок закладання овочів згідно з визначеною рецептурою.

Завдяки значній кількості гідроксильних груп геміцелюлози мають значну гідрофільність. Вони утримують воду в свіжих овочах, здатні до гідратації (наприклад, у замочених для набрякання висушених овочах та фруктах), є учасниками перерозподілу води в процесі термічної обробки.

За рахунок карбоксильних груп геміцелюлози здатні бути учасниками іонообмінних реакцій у середовищі, пом'якшувати воду від солей насичення, а також зв'язувати іони металів, органічні речовини, які мають активні лужні групи, у аміно- та іміногрупи.

Геміцелюлози практично не гідролізуються ферментами шлунку, частково гідролізуються в тонкому кишечнику та товстій кишці, здатні в кишечнику до набрякання, особливо після попередньої гідротермічної та термічної обробки.

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. Підвищений вміст клітковини помічено у пастернакові (2,4%), хроні (2,8%), кропі (3,5%), артишоках (3,0%). Слід підкреслити, що вміст цієї речовини дуже залежить від ступеня стиглості овочів та плодів, зі збільшенням ступеня стиглості вміст зростає. За технологічної оцінки якості овочів це виявляється в нагромадженні «грубих» волокон та тканин. Наприклад, у молодому та зрілому редисі структура тканин,

оцінювана експертами як консистенція, різна. Серед ягід великим вмістом клітковини характеризуються малина (5,1%), обліпіха (4,7%).

У воді це нерозчинна речовина, при цьому на ступінь розчинності не впливає температура, а також рН у харчових межах значень, присутність солей. Розчиняється тільки в реактиві Швейцера (аміачний розчин окису міді).

Підвищена технологічна стійкість целюлози пояснюється ще й тим, що її лінійні полісахариди додатково скомпоновані в пучки, які отримали назву *міцел*. Міцели орієнтовані певним чином у клітинних стінках і занурені в неперервну аморфну масу – *матрикс*, що складається з геміцелюлоз, пектинових речовин, лігніну.

Найбільшого значення для харчової промисловості набула здатність целюлози утворювати метилові ефіри – метилцелюлозу, її натрієву сіль, мікрокристалічну ціллюлозу.

Дуже важливим компонентом клітинних стінок рослинних клітин є **пектинові речовини**. Їх вміст може коливатися в широких межах. Пектинові речовини – це інтегральне поняття, яке об'єднує кілька самостійних речовин, розчинних та нерозчинних у воді.

Хімічний склад та зміст пектинових речовин неоднакові у різних видів рослин, їх органів, тканин та залежать від метеорологічних умов зростання, географічної зони, сортової приналежності, періоду розвитку та віку рослин. У найбільших кількостях пектинові речовини містяться в овочах і фруктах.

Вони являють собою полімерні сполуки, переважним структурним елементом яких є полігалактуронові кислоти (ПГК) з молекулярною масою від 10 до сотень тисяч і складаються, в основному, із залишків Д-галак-туронової кислоти, зв'язаної α -1-4-глікозидним зв'язком. Вільні карбоксильні групи ПГК можуть утворювати складні ефіри зі спиртом. Ступінь етерифікації метанолом карбоксильних груп ПГК змінюється в широких межах як за видами та окремими органами рослин, так і за їхньою стиглістю.

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 (рамногалактуран), арабіноза. Але зустрічаються протопектини, які не містять нейтральних цукрів.

Пектинові речовини, у т.ч. протопектин, характеризуються відносною стабільністю протягом періоду зберігання рослинної сировини. Їх кількісний вміст, стан, співвідношення та взаємні перетворення значною мірою визначають індивідуальну консистенцію плодів та ягід. Дійсно, у процесі зберігання

плодів та овочів вони здатні «дозрівати», тобто під впливом різного роду ферментативних та біохімічних процесів змінювати свою консистенцію та становитися більш м'якими. Причиною такої трансформації гатунку є значна деполімеризація пектинових речовин та перехід нерозчинного у воді протопектину в речовини з меншою молекулярною масою, які здатні до часткового розчинення. Особливо це характерно для плодів та ягід. Ось чому і є необхідним мати точні товарознавчі характеристики рослинних продуктів, які остаточно визначають використання продуктів у технологічній діяльності.

З точки зору технології продукції ресторанного господарства стан пектинових речовин визначає дуже багато технологічних параметрів і впливає на якісні показники готової продукції.

Оскільки рослинна сировина використовується у продукції громадського харчування майже всіх груп – холодних страв, перших, других страв, десертів, напоїв, кондитерських виробів, тобто продукції, яка потребує і не потребує теплової обробки за різних умов, то зрозуміло, що і товарознавчі ознаки, і технологічні властивості рівною мірою впливають на технологічний процес. Дійсно, у технології холодних страв та закусок за випадку, коли вживаються подрібнені овочі та фрукти, обов'язково враховується ступінь стиглості, і ним зумовлюється ступінь подрібнення.

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**.

8. Функціонально-технологічні та фізико-хімічні властивості гідроколоїдів полісахаридної природи

Останнім часом значну роль у технології харчових продуктів та кулінарної продукції відіграють гідроколоїди природного та мікробіологічного походження, які згідно з класифікацією вуглеводів належать до складних вуглеводів (поліоз).

Значна роль поліоз виходить з їхніх властивостей утворювати колоїдні розчини та виконувати в харчових системах функції речовин, які забезпечують органолептичні показники готових до вживання продуктів. Тому з технологічної точки зору їх дуже часто використовують як емульгатори, стабілізатори та речовини, які покращують якість харчових продуктів. Їх використання дозволяє регулювати вміст жирової фази в емульсіях і при цьому впливати як на енергетичну цінність, так і на економічні показники, забезпечити необхідну в'язкість та стабільність колоїдної системи, бажану консистенцію та текстурність, впливати на стабільність продуктів під час зберігання.

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; при цьому маноза лежить у основі головного ланцюга, а галактоза утворює короткі бокові ланцюги.

З точки зору будови галактоманани – гетерополісахариди. Головний ланцюг складається з β -D-манози, зв'язаної 1-4 глікозидним зв'язком. α -D-галактоза з'єднана з головним ланцюгом за допомогою зв'язка 1-6. Галактоманани різняться поміж собою співвідношенням галактози і манози. Для гуарової камеді воно складає 1:2. Частка галактозних залишків і закономірність їх розподілення по головному ланцюгу дуже впливають на властивості гуару.

Галактоманани здатні гідролізуватися з приєднанням води. Цей процес каталітично залежить від концентрації H^+ та виду кислоти. 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.

Сіль у концентрації 2...3 % завдяки електростатичному впливу значно зменшує швидкість гідратації і знижує в'язкість розчину, що повинне враховуватися в технологічному процесі. Цукор у цих же концентраціях не впливає на швидкість розчинення полімеру та на властивості колоїдного розчину. При високих концентраціях цукру розчинення полімеру затrudнюється.

Гуари добре розчинні в холодній воді, утворюють високов'язкі розчини, характеристика яких залежить від концентрації речовини, а також при певних умовах утворюють тиксотропні гелі. Вони не піддаються механолізу, на в'язкість розчину певною мірою впливає температура.

Завдяки характерним гідрофільним властивостям і витягнутій формі макромолекул гуарова та рожкового дерева камеді здатні добре зв'язувати воду та утворювати розчини високої в'язкості. Здатні до асоціації. Так, у присутності інших полісахаридів, таких, як агар-агар, ксантанова камедь, розчини галактомананів перетворюються на ліогелі. Ця властивість галактомананів дозволяє їх використовувати у якості стабілізаторів дисперсних систем.

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, а також у якості емульгатора.

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 кара-

генанів: 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. Виділяють також карагенани μ (мю) та ν (ню).

Різниця у властивостях між різними карагенанами визначається завдяки кількості й розміщенню сульфатних груп, а також можливій присутності 3,6-ангідридних містків у галактозі, зв'язаних у положенні C1 і C4.

Фізіологічно вони не засвоюються організмом, не розщеплюються ферментами шлунково-кишкового тракту, що дає можливість їх використовувати в технології низькокалорійних страв.

Макромолекули карагенану містять сульфогрупи, завдяки яким виникають різні конформації внаслідок утворення водневих зв'язків та сольватаційних взаємодій.

Карагенани не розчиняються в органічних розчинниках (етиловому спирті, ефірі, олії та тваринних жирах).

Розчинність у воді, як відзначалося вище, залежить від структури, фракції карагенану, середовища, температури. Карагенани, які гелюють, для розчинення нагрівають до температури 60...75 °С.

Карагенани стабільні у межах рН 4,5...10,0. При цьому найбільше функціональні у слабколужному середовищі, при зниженні рН до 3,5 і нагріванні зазнають кислотної деструкції. 1%-і розчини мають в'язкість 50...4000 сПз при рН 7,0...9,5.

За типом розчинення харчові карагенани з молекулярною масою 100 000...8 000 000 утворюють розчини високомолекулярних сполук. Карагенани не повинні містити низькомолекулярних фракцій. При таких умовах карагенани не засвоюються організмом.

Технологічний спектр використання карагенанів дуже широкий. Вони функціонально мають властивості гідроколоїдів, що дозволяє їх використовувати в якості драглеутворювачів та стабілізаторів харчових систем, на молоці, воді, соках, відварах, а також для покращення властивостей інших гелей.

Карагенани широко використовуються у приготуванні десертів, готових до вживання:

- пудингів молочних (суміш молока, цукру або підсолоджувача, стабілізаторів, у т.ч. карагенанів, смакових, ароматичних речовин);
- десертів молочних (суміш молока, стабілізаторів, у тому числі карагенанів, смакоароматичних речовин, цукру, харчових барвників);
- суфле вершкового (суміш пастеризованих вершків або сметани з карагенанами);
- молока із сої;
- молока шоколадного з 2,5 % вмістом жиру;
- простокваші з 1,0 і 2,5 % вмістом жиру.

Усі типи карагенанів утворюють комплекси з білками молока, створюючи текстуру йогурту і сиру при концентрації карагенану 0,1...0,5 %.

Температура топлення драглів карагенану дозволяє їх використовувати для створення начинок для кондитерських виробів з кімнатною температурою споживання.

Карагенани широко використовуються в складі функціональних добавок для виготовлення м'ясних ковбас, січених виробів з м'яса та риби. Це використання основане на здатності карагенану утворювати міцні гелі у присутності водорозчинних білків м'яса та протеїнів рослинного походження. Дія карагенану основана на утворенні тривимірної сітки, здатної утримувати воду. Присутність білків призводить до взаємодії, яка підсилює структурний каркас м'ясної системи. Для цього, в основному, використовуються капа- та йота-карагенани.

Смола карайа є субстратом із дерев, до складу якого входять галактоза, рамноза, галактуронова і глюкоуронова кислоти.

Молекулярна маса близько 10 000 000. Нерозчинна у воді речовина, характеризується значною здатністю до набрякання, утворюючи системи зі значною в'язкістю. При концентрації > 2 % утворює густуваті, желеподібні пасти. Стабільні при рН 5...10.

У технології використовується як стабілізатор, емульгатор, загусник, а також як захисний колоїд. Використовується також як антикристалізатор у виробництві морозива, зв'язує воду і жири у м'ясних виробках. Стійка до дії ензимів та мікроорганізмів.

Камедь гуару – полісахарид із групи галактомананів з молекулярною масою 1000 000...2 000 000, у якого від основного ланцюга, що складається із номерів манози, відходять бокові ланки галактози. При цьому одна ланка галактози припадає на дві ланки манози:

Гуар-гум добре поєднується з харчовими продуктами і надає їм при наявності води слизоподібної текстури. Добре розчинний у холодній воді, проникає всередину харчових продуктів, чутливий до високих температур і кислих значень рН.

Нагрівання розчинів гуар-гуму до температур близько 100 °С призводить до незворотної втрати в'язкості, тобто він має високу в'язкість у холодній воді і значно меншу – у гарячій. Має стабільні значення в'язкості в ділянці рН 3,5...6,0. Оптимум стабільності – рН 4,0.

Спільне використання гуар-гуму з іншими камедями, наприклад ксантаном, з яким він виявляє синергетичний ефект, підвищує його технологічні показники і стабільність. Гуар-гум не утворює при охолодженні драглів, але підсилює желювальні властивості карагенану та агар-агару.

У технології використовується як загусник, стабілізатор емульсій, диспергувальний агент. Використовується для стабілізації морозива, зв'язування води в плавлених сирах, заморожених продуктах, соусах. Виконує роль загусника в низькокалорійних стравах, особливо кетчупах та майонезах.

Камедь рожкового дерева (кароб) отримують у вигляді борошна шляхом помолу ендосперму насіння ріжкового дерева. За хімічною структурою це галактоманан, у якому одна ланка галактози припадає на 4 ланки манози.

Кароб розчинна у воді, молоці, розчинах солі, цукру. В'язкість 1% розчину складає 2600...3400 сПз при рН 5,7...6,5. Характеризується стабільними влас-

тивостями за рН 4,5...10,0. За розчинення у гарячій воді кароб досягає максимальної в'язкості за 80 °С. Надає харчовим системам кремоподібної структури.

Чутлива до кислих середовищ, особливо при підвищенні температури. Виявляє синергетичний ефект у сумішах з іншими камедями, особливо з карагенаном, де полегшує утворення гелю і підсилює його міцність. Такою ж дією характеризується до агар-агару. Не желує самостійно.

Використовується як стабілізатор, загусник, наповнювач, вологоутримувальний агент у виготовленні ковбасних виробів, січених виробів, йогуртів, соусів, сирів.

Гуміарабік – полісахарид з молекулярною масою 25 000...1 000 000, головний ланцюг якого складає D-галактоза з багатьма відгалуженнями бокових ланцюгів у вигляді α -арабінози, α -рамнози, D-глюкуронової кислоти.

Характеризується найкращою розчинністю серед відомих рослинних гумі. Розчиняється в холодній та гарячій воді, молоці, відварах, нагрітих розчинах цукру, а також етилового спирту з концентрацією нижче 60 %.

Стабільний у межах значень рН 4,5...8,0. Не утворює гелів, але розчиняється в концентраціях до 50%. Використовується як антикристалізатор цукру. Запобігає вимерзанню води, утворенню кристалів льоду, є стабілізатором емульсій, піни.

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 D-глюкуронової кислоти.

До складу ксантану також входять залишки піровиноградної кислоти, що надає полімеру в цілому специфічних властивостей поліелектроліту з вираженими аніонними властивостями. Ксантан – гетерополісахарид з середньою молекулярною масою 2 500 000.

Завдяки своїй будові ксантан стійкий до хімічного та ферментативного впливів. Ксантан розчинний як у гарячій, так і в холодній воді, у розчинах цукру, у молоці та має високу в'язкість уже при низьких концентраціях. Він сумісний практично з усіма компонентами харчових систем і надає їм текстури, яка кваліфікується як коротка, маслоподібна. Ксантан стійкий до екстремальних температур, як низьких, так і високих, а також до циклічних нагрівань, заморожувань та відтаювань, характеризується стабільністю в харчовому діапазоні значень рН, стійкий до механолізу, але при перемішуванні втрачає в'язкість, яку знов повертає за припинення перемішування.

Головна технологічна функція ксантану полягає в його здатності надавати необхідних реологічних функцій водним системам. Також ксантан широко й різноманітно використовується у виробництві соусів емульсійного типу, солодких начинок, морозива, молочних продуктів.

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.*
9. *Крохмаль, його вплив на забезпечення якості кулінарної продукції.*
10. *Характеристика крохмалів, що використовуються в технологічному процесі виробництва кулінарної продукції.*
11. *Зміна властивостей крохмалю у складі сировини та продуктів під дією різних технологічних факторів впливу.*
12. *Модифікація крохмалю, види та способи модифікації.*
13. *Вуглеводи клітинних стінок рослин (харчові волокна). Сировина як джерело харчових волокон, будова клітинних стінок, роль вуглеводів клітинних у формуванні органолептичних показників кулінарної продукції.*
14. *Класифікація, характеристика, функціонально-технологічні та фізико-хімічні властивості гідроколоїдів полісахаридної природи.*
15. *Застосування у технологічній практиці гідроколоїдів полісахаридної природи.*

ЛЕКЦІЯ 1.4 ХАРЧОВІ ПРОДУКТИ ЯК ДЖЕРЕЛО ЖИРІВ

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
 7. Жири тваринного та рослинного походження.
 8. Ферментативне окислення ліпідів молока та молочних продуктів, м'яса, риби та овочів.
 9. Вплив технологічних чинників та процесу збереження на властивості, харчову та біологічну цінність жирів.
 10. Види псування жирів. Способи стабілізації жирів.
 11. Оцінка рівня окислення та здатності жирів до окислення.
- Рекомендована література для вивчення теми: [1, 2, 3]*

Ключові слова: ліпіди, омилювальні ліпіди, неомилювальні ліпіди, тригліцериди, фосфоліпіди, стероїди, окислення, автоокислення, термоокислення, жири, ліпіди, окислення, йодне число, число омилення, густина, в'язкість, ферментативне окислення ліпідів, псування жирів

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 (гексаном, бензином, диетиловим та петролейним ефірами, хлороформом, чотирихлористим вуглецем, бензолом). У технологічній літературі ці сполуки називають жирами, а в біохімії – ліпідами. Розглядаючи зміни цих фракцій у складі тканин доцільно їх називати ліпідами, якщо ж вони є складовими частинами їжі, або виділені в чистому вигляді, їх правильно називати жирами.

Сьогодні відсутня строга класифікація ліпідів. Тому 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. До цієї групи входять прості ліпіди, які побудовані з гліцерину та жирних кислот, та складні ліпіди, до складу яких входять складні ефірні залишки жирних кислот та спиртів із заміщеними групами.

Неомилювальні ліпіди не містять жирнокислотних залишків, тому не гідролізуються і не утворюють мил. До цієї групи входять *стероїди, терпени, жиророзчинні пігменти, вітаміни та провітаміни*, побудовані на основі ізопренових залишків.

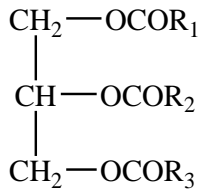
Ліпіди також класифікують за *вмістом функціональних груп*, які відіграють важливу роль в життєвому метаболізмі та визначають технологічні та товарознавчі властивості:

– **тригліцериди** – ліпіди, що утворені гліцерином та різноманітними жирними кислотами. Тригліцериди є основними складовими частинами жирів та олії, що споживаються у харчуванні;

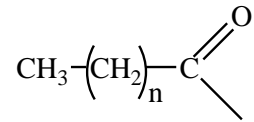
– **фосфоліпіди** – складні ліпіди, структурним компонентом яких є *фосфорна кислота* і які представлені двома основними групами – фосфодиацилгліцеридами та сфінгомієлінами. Три найбільш поширених фосфоліпіди, що мають у своєму складі фосфорну кислоту – фосфатидилетаноламін, фосфатидилхолін, фосфатидилсерин. Особливо багатими на вміст фосфоліпідів є нервова та мозкова тканини загальних ліпідів.

– **стероїди** – холестерин, гормональні стероїди, вітамін D.

З точки зору технолога харчових виробництв найбільш цікаву і важливу групу ліпідів складають нейтральні ліпіди, або тригліцериди. Які в загальному плані є складними ефірами, утвореними гліцерином та різноманітними жирними кислотами:



- COR – залишок жирної кислоти



Атом карбоксильної групи нумерується як 1, група CH_3 – як n. Якщо подвійний зв'язок знаходиться у цисформі біля 12 атому вуглецю, то в загальному визначенні він нумерується як n-6. Номенклатура жирних кислот наведена в табл. 17.

Таблиця 17 – Познаення жирних кислот

Найменування жирної кислоти	Кількість атомів вуглецю	Кількість подвійних зв'язків	Місце першого подвійного зв'язку
<i>Насичені жирні кислоти</i>			
Масляна	4	0	$\text{C}_{4:0}$
Капронова	6	0	$\text{C}_{6:0}$
Каприлова	8	0	$\text{C}_{8:0}$
Капринова	10	0	$\text{C}_{12:0}$
Лауринова	12	0	$\text{C}_{10:0}$
Міристинова	14	0	$\text{C}_{14:0}$
Пальмітинова	16	0	$\text{C}_{16:0}$
Стеаринова	18	0	$\text{C}_{18:0}$
Арахінова	20	0	$\text{C}_{20:0}$
<i>Мононенасичені жирні кислоти</i>			
Пальмітолеїнова	16	1	6 $\text{C}_{16:1}$, n -6
Олеїнова	18	1	9 $\text{C}_{18:1}$, n -6
<i>Поліненасичені жирні кислоти</i>			
Лінолева	18	2	6 $\text{C}_{18:2}$, n -6
α -ліноленова	18	3	3 $\text{C}_{18:3}$, n -3
γ -ліноленова	18	3	6 $\text{C}_{18:3}$, n -6
Арахідонова	20	4	6 $\text{C}_{20:4}$, n -6
Ейкозопентаєнова	20	5	3 $\text{C}_{20:5}$, n -3
Докозотетраєнова	22	4	6 $\text{C}_{22:4}$ n -6
Докозопентаєнова	22	5	3 $\text{C}_{22:5}$, n -3
Докозопентаєнова	22	5	6 $\text{C}_{22:5}$, n -6
Докозогексаєнова	22	6	3 $\text{C}_{22:6}$, n -3

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. Це важковідокремлювані «зв'язані» ліпіди, до складу яких входять фосфогліцериди (фосфоліпіди), гліколіпіди, сульфоліпіди, а також діольні сполуки. До них належать і жиророзчинні вітаміни, провітаміни, і також ліпіди, що зумовлюють смак, запах, колір, стійкість 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: гліцериноліпіди, воски, ефіри холестерину, гліколіпіди. Найважливішою та найбільш поширеною групою простих нейтральних ліпідів є гліцериди, тобто складні ефіри гліцерину та високомолекулярних карбонових кислот.

Чисті ацилгліцериди є безбарвними речовинами без смаку. З технологічної та фізіологічної точки зору дуже важливим є різниця між температурою плавлення та застигання, що обумовлено переохолодженням та наявністю декількох кристалічних модифікацій.

Температура плавлення триацилгліцеридів, які містять транс-ненасичені жирні кислоти вище, чим ацилгліцеридів, які містять цис-ненасичені жирні кислоти. Суміш індивідуальних ацилгліцеридів або утворюють тверді розчини (тобто змішані кристали), або дають евтектики (механічні суміші кристалів). Евтектичні суміші мають температуру плавлення більш низьку, ніж складові компоненти.

Складні ліпіди у своєму складі містять не тільки залишки високомолекулярних карбонових кислот, але й фосфорну та сірчану кислоти. Найважливішими серед них є фосфоліпіди. У молекулі є два типи замісників – гідрофільні та гідрофобні. Як гідрофільні (полярні) групи виступають залишки фосфорної кислоти та азотисті основи («голова»), а гідрофобні (неполярні) – вуглеводневі радикали («хвости»).

З технологічної точки зору така структура дуже важлива, тобто гідрофобні (ліпофільні) вуглеводневі залишки характеризуються низькою спорідненістю з водою, а гідрофільні «полярні головки» характеризуються високою спорідненістю з водою. Побудовані таким чином амфифільні (тобто які характеризуються подвійною спорідненістю) молекули ліпідів легко орієнтуються в харчових сумішах. Гідрофобні хвости орієнтуються до гідрофобної (жирової, повітряної) фази, а гідрофільні групи утворюють межу поділу між водою та гідрофобною фазою.

Обов'язковими супутниками ліпідів є продукти неповного синтезу та гідролізу ліпідів, компоненти від технологічного впливу при їх вилученні і також жиророзчинних речовин.

Жири в харчових продуктах присутні як у видимій, так і в невидимій формі. До закладів ресторанного господарства та підприємств харчової промисловості надходять жири в сконцентрованому, тобто виділеному, стані, які використовуються в технологічних процесах як компонент харчових систем, а також

як технологічне середовище. Спектр впливу на жири під час приготування їжі надзвичайно широкий. Тому повністю описати зміни жиру неможливо, але розгляд змін жиру під впливом технологічних факторів дуже важливий, оскільки дозволяє зрозуміти механізми їх трансформації та прогнозувати якісні показники продукції.

При цьому слід враховувати, що технолог ніколи не має справи з ідеальними жировими системами, наприклад хімічно чистою фракцією тригліцеридів одного й того самого складу. У природних жирах, а також у різних технологічних сумішах жирів – маргаринах, кулінарних жирах тощо завжди присутні інші речовини, у тому числі антиоксиданти, пігменти, жиророзчинні вітаміни, фрагменти біологічних об'єктів, з яких відокремлювався жир, що може сильно впливати на якісні показники та на термін зберігання. Досить широко змінюється жирнокислотний склад ліпідів навіть у межах одного й того ж виду сировини, тому і перебіг процесів трансформації властивостей ліпідів, незважаючи на спільні закономірності, є кожного разу індивідуальним щодо кількісних значень. Велику роль відіграють також попередня обробка жировмісної сировини та метод вилучення жиру. Стосовно прихованих форм жиру важливими є умови та терміни його зберігання.

Навіть за короткочасного зберігання жировмісної сировини проходять ферментативні, гідролітичні та окислювальні процеси. Тому є зрозумілим, що в технології доцільно говорити про загальний напрямок змін, або про спільність тих чи інших процесів, увівши поняття про граничні значення деяких показників жиру, що забезпечують його безумовну якість.

Аналізуючи зміни властивостей жиру, важливо зрозуміти, що тенденції змін «чистих» жирів, тобто концентратів, інші, ніж жирів у складі харчових продуктів. Для «чистих» жирів головними напрямками технологічної зміни є окислення, автоокислення, термоокислення, гідроліз та деструкція. У складі ж харчових продуктів ці процеси також ідуть, але дуже великий вплив має ще й ферментативний гідроліз. Швидкість та глибина змін жирів відіграють першорядну роль у формуванні таких якісних показників, як колір, смак, аромат.

Ліпіди дуже часто стають лімітувальним фактором технологічних процесів через їх велику чутливість до різних фізико-хімічних впливів і параметрів технологічного процесу.

2. Класифікація жирів та їх характеристика

Масложирова промисловість різних країн світу виконує значний обсяг робіт з переробки жировмісної сировини, різних жирів та олій й постачає до закладів ресторанного господарства значний асортимент жирових продуктів.

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. 15).

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-пальмітінова 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).

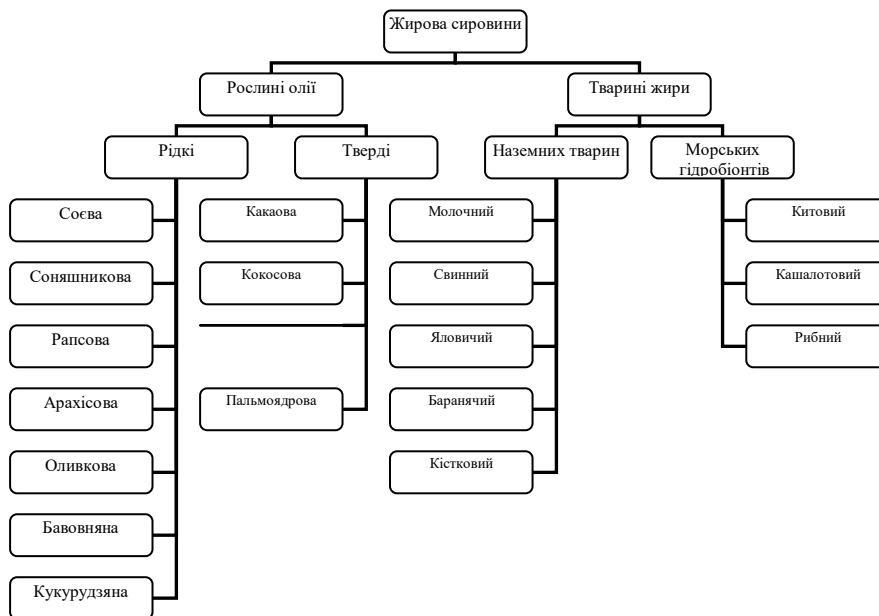


Рисунок 15 – Класифікація жирової сировини

Жири наземних тварин об'єднують групу жирів, які дуже широко використовуються в технологічних процесах та харчуванні – молочний жир, сало свиней, яловичини, баранини, кістковий жир.

Загальна характеристика тваринних жирів та склад гліцеридів наведена в табл. 18.

Молочний жир, або вершкове масло, після соєвої олії займає друге місце у світі за обсягом виробництва. Загальна характеристика та фізико-хімічні показники молочного жиру наведені в табл. 19.

Особливістю молочного жиру є високий вміст низькомолекулярних жирних кислот, у т.ч. летких, які визначаються за рахунок визначення спеціальних показників – числа Рейхерта-Мейссля (низькомолекулярні розчинні у воді жирні кислоти – масляна, капронова) та числа Полєнське (нерозчинні – каприлова,

капринова, лауринова).

Таблиця 18 – Загальна характеристика тваринних жирів

Показники	Жир			
	яловичий	свинячий	баранячий	кістковий
Густина (18°C), г/см ³	0,925...0,953	0,915...0,938	0,937...0,961	0,936...0,944
Температура плавлення, °C	40...51	36...46	44...55	15...25
Вміст кислот, %:				
насичених	45...60	33...42	52...62	43...61
ненасичених	43...52	48...64	38...48	34...59
Вміст неомилювальних ліпідів	0,17...1,4	0,1...0,3	1,0...1,2	0,3...0,9

Таблиця 19 – Фізико-хімічні показники молочного жиру

Показники	Значення
Густина при 15°C, г/см ³	0,936...0,944
Температура плавлення, °C	98...38
Температура застигання, °C	15...25
Вміст кислот, %:	
насичених	46,0...62,0
ненасичених	38,0...54,0
Твердість при 15°C, г/см ²	120...150

Жири гідробіонтів до закладів ресторанного господарства не надходять. Вони характеризуються високим вмістом поліненасичених жирних кислот.

3. Функціонально-технологічні властивості жирів

Технологію отримання багатьох жирів побудовано таким чином, щоб мати їх задані функціонально-технологічні властивості. Цю необхідність зумовлено чіткою спеціалізацією харчових виробництв та необхідністю стандартизації якості кінцевої продукції. Оскільки жири в технології приготування харчових продуктів відіграють ключову роль, їх властивості повинні чітко відповідати технологічним завданням, які формуються виробником.

Дійсно, функціонально-технологічні властивості природних жирів на сучасному етапі не влаштовують виробників. Тому підприємства-виробники жирів будують свої технологічні схеми таким чином, щоб задовольнити попит споживачів. Накреслено чіткі тенденції в технології жирів, пов'язані з регулюванням складу, харчової цінності, стійкості до технологічних процесів та зберігання, консистенції.

Ліпіди характеризуються певними фізико-хімічними та функціональними властивостями, які значною мірою визначають технологічні властивості харчо-

вих продуктів, такі як:

- їх нерозчинність у воді дозволяє отримати продукти з емульсійною структурою – соуси, креми, фаршеві суміші, тісто і т. ін.;
- їх відносно низька температура плавлення у більшості випадків визначає розм'якшення або перехід у рідкий стан продуктів після помірного нагрівання;
- пластичність багатьох ліпідів за нормальної температури пояснює більшість функціональних та технологічних властивостей, які вони можуть надати продуктам та напівфабрикатам;
- їх здатність застигати під час охолодження надає можливість формувати консистенцію деяких продуктів та виробів – кремів кондитерських, глазурей шоколадних, ковбасних виробів та виробів із січеної маси з жирного м'яса, паштетів тощо.

У технології продукції закладів ресторанного господарства жири виконують *роль теплопередаючого та технологічного середовища*, що використовується у технологічних процесах при *смажінні*.

Жири виконують *роль екстрагувальної 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*. Ця функціональна властивість жирів використовується в технології бісквітного, листового, пісочного тіста.

Жири виконують також *роль наповнювача технологічних сумішей*.

Слід підкреслити, що в кожному конкретному технологічному випадку ці функціональні властивості можуть перетворюватися на технологічний параметр, але обґрунтування цього залежить від технолога харчових виробництв.

Можливість переходу з пластичної маси в рідкий стан за температури плавлення має певну фізіологічну роль, оскільки це забезпечує засвоєння жирів організмом.

Точка плавлення тригліцеридів залежить від декількох параметрів:

- присутності жирних кислот з короткими вуглеводними ланцюгами;
- присутності ненасичених жирних кислот.

У зв'язку з цим жири стають рідкими або м'якими за звичайних температур (вершкове масло). Це також пояснює те, що олії (рідкі жири) містять меншу кількість насичених тригліцеридів, ніж тверді жири. З іншого боку, наявність ізомерів жирів відносно до позиції жирних кислот у тригліцериді, їх геометрії у просторі – цис-, трансізомери жирних кислот (відносно подвійних зв'язків) – суттєво впливають на точку плавлення тригліцеридів, тож і на технологічні властивості харчових продуктів.

За складом усі відомі природні жири є сумішшю різних триацилгліцеридів, тому не мають чіткої точки плавлення, а характеризуються інтервалом плавлення. Триацилгліцериди із відносно високою температурою плавлення знаходяться, переважно за кімнатної температури, у вигляді різних твердих кристалів, які, у той же час, дисперговані в середовищі рідких тригліцеридів. Наявність твердих кристалів у рідкій фазі зумовлює характерну пластичність твердих жирів. Ліпід, який би складався лише з одного триацилгліцериду, за певної фіксованої температури був би або твердим, або рідким.

Дуже часто в діапазоні певних температур плавлення спостерігаються аномалії, в основі яких лежать поверхневі ефекти за рахунок різної розчинності твердих жирів у рідких, а також різної будови кристалів твердих жирів.

Будова і форма кристалу залежить від швидкості затвердіння, але незважаючи на це, як правило, будь-яка форма є більш стійкою, ніж інші, і цим зумовлюється стан рівноваги. Але розмір і форма триацилгліцеридів жиру, насамперед, залежать від швидкості охолодження (кристалізації) або нагрівання (плавлення), розмішування протягом означених процесів та тривалості, температури, у тому числі змін температури зберігання.

У результаті дуже важко визначити зв'язок між складом жирів та деякими їх технологічними властивостями, такими, як здатність до намазування на поверхню продуктів, утворення певної консистенції (для вершкового масла та маргаринів), здатність втрачати структуру за кімнатної температури (шоколад), прозорість деяких масел, здатність до розплавлення в ротовій порожнині під час споживання, здатність деяких жирів змазувати поверхні форм, здатність деяких жирів емульгувати повітря і змазувати текстуру деяких виробів (листокове тісто).

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 за даної 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.

Дилатометрія побудована на визначенні зміни питомого об'єму жирів у процесі плавлення. *Термічний диференціальний аналіз* полягає в диференціальному визначенні різниці температур досліджуваного жиру і стандартної речовини у процесі паралельного охолодження або нагрівання за однакових умов.

Визначення «індексу твердості» досить тривалий процес, оскільки повинна бути досягнута рівновага між твердою та рідкою фазами. Проте ці дані, як правило, дуже добре збігаються з текстурою виробів.

До фритюрних жирів також ставиться ряд вимог, однією з основних є температура димоутворення, яка забезпечує виконання технологічного режиму

приготування страв, а також комфорт праці виробників, що зумовлено появою в атмосфері летких сполук жирів.

Фритюрні жири, які використовуються для цих процесів повинні бути термічно стійкими за температур близько 200°C, а також стійкими до окислення та полімеризації.

Для цього вони повинні містити якнайменше ненасичених жирних кислот, у тому числі характерної для олій лінолевої кислоти. Тому жири для фритюрів, як правило, повністю гідрогенізовані, крім того, вони не повинні містити вільних жирних кислот, моно- та дигліцеридів, а також інших речовин, які б розпадалися за 200°C.

4. Модифікація жирів

Модифікація жирів – це вплив, який, переважно, змінює їх структуру, – гідрогенізація, переетерифікація, фракціонування.

Лише два перші процеси передбачають хімічні зміни в структурі жирів. Гідрогенізація змінює жирні кислоти, які входять до складу тригліцеридів. Переетерифікація лише змінює структуру тригліцериду і має на меті зміну поведінки олії під час кристалізації. Гідрогенізація призводить до того ж ефекту. З іншого боку, вона стабілізує жири щодо окислення та перегрупування, якщо її було виконано на жирах, багатих на лінолеву кислоту, які здатні зазнавати такого типу модифікації.

Переетерифікація та, особливо, гідрогенізація змінюють харчову цінність жирів, що необхідно враховувати технологу харчових виробництв. Але при цьому можна отримати жири, які суттєво відрізняються за властивостями від сировини.

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.

Гідрогенізація з погляду на суть процесу націлена на те, щоб зафіксувати водень у подвійних зв'язках ненасичених жирних кислот. 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. При цьому використання каталізаторів не дає можливості трансформувати ліноленову кислоту тільки в лінолеву, бо паралельно утворюється також олеїнова кислота. Крім того, частина присутньої лінолевої кислоти також трансформується в олеїнову.

З іншого боку, селективна гідрогенізація призводить до ізомеризації відносно подвійних зв'язків (від 40 до 50%), за положенням спряжених зв'язків (~2 %) з утворенням транс-стереоізомерів (від 10 до 15%) лінолевої та ліноленової кислот. Перехід від цис-форм натуральних масел у транс-форми гідрогенізованих жирів може проходити також під впливом тепла, окислення (за рахунок вільних радикалів), а також світла.

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. Це, як правило, залежить від наявності транс-форм жирів.

Ступінь ізомеризації та кількість ізомерів залежать від повноти гідрогенізації.

Коли гідрогенізація виконується повністю, не утворюється жодного з раніше наведених ізомерів, і навпаки, за часткової гідрогенізації, проведеної, наприклад, на соєвій олії до йодного числа 40, передбачається утворення близько 70% ізомерів за подвійним зв'язком, близько 20% ізомерів за спряженням та до 40% транс-стереоізомерів. Наведені дані справедливі для традиційних маргаринів. Звичайно, бажано зводити до мінімуму утворення ізомерів.

З точки зору перебігу процесу гідрогенізація виконується в декілька етапів. Водень у присутності каталізатора пропускається через олію за температури близько 100°C, тиску від 760 до 7600 торс. Швидкість введення водню повинна бути конкретно задана, а також природа та концентрація каталізатора. Реакція гідрогенізації належить до високоекзотермічних, тому виконується під час охолодження. Каталізатори, які містять нікель, а також мідь та паладій, дуже тонко подрібнюються і використовуються в концентрації від 0,05% до 0,2%. У цьому випадку реакція розвивається в гетерогенній фазі. Також використовуються жиророзчинні каталізатори, з якими каталіз виконується в гомогенній фазі. Обидва типи каталізаторів дають однакову кількість транс-стереоізомерів.

Як правило, селективна (повна) гідрогенізація використовується за високих температур ($t = 193^\circ\text{C}$) і високого тиску – до 8000 торс протягом 30 хв., у той час як часткова гідрогенізація – за температур і тиску, що нижчі від зазначених, але протягом тривалого часу, і концентрація каталізаторів при цьому в 10 разів вища.

Після гідрогенізації олія сепарується та фільтрується, що дозволяє відокремити тонко подрібнені частинки каталізатора, який потім регенерується. Далі олія підлягає рафінації та знебарвленню.

Гідрогенізація змінює харчову цінність ліпідів. Часткове або повне перетворення лінолевої кислоти знижує вміст есенціальних жирних кислот, зменшується вітамінна активність та послаблюється колір каротиноїдних пігментів, які можуть бути присутні в оліях. Слід підкреслити, що з фізіологічної точки зору метаболізм різних нових ізомерів лінолевої та олеїнової кислот не до кінця вивчено.

Переетерифікація – зміна гліцеридного складу жирів та масел шляхом перерозподілу залишків жирних кислот всередині та між молекулами гліцеридів.

Переетерифікація жирів здійснюється за відсутності вологи в середовищі за певних температурних умов у присутності каталізаторів. Каталізатори, що використовуються для переетерифікації – це алкогольати 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 *неспрямована*

Завдяки переестерифікації вдається поміняти місцями жирні кислоти як усереднені тригліцериду (**внутрішньомолекулярна переестерифікація**), так і різними тригліцеридами (**міжмолекулярна переестерифікація**). Практично, у реальних технологічних умовах, під час переестерифікації олій і жирів внутрішньо- та міжмолекулярна переестерифікація йдуть одночасно.

Переестерифікацією вдається суттєво регулювати фізико-хімічні властивості жирів, що остаточно впливає на їх технологічні властивості і надає різних властивостей під час виготовлення харчових продуктів.

Переестерифікація – це цілеспрямована дія щодо ізомеризації. Протягом реакції переестерифікації перерозподіл молекул жирних кислот між трьома гідроксилами гліцерину, або в суміші тригліцеридів, підпорядковано закону статистики (комбінація n -елементів (R_1 – радикали жирних кислот) для m -випадків (місце ОН-груп), тобто mn у такій формі, яка дозволяє підрахувати кінцеву будову тригліцеридів у рівноважній системі. Як наглядний приклад наведено кількість можливих комбінацій під час переестерифікації насиченого тригліцериду (S), а також тригліцериду, який містить ненасичені жирні кислоти (N), які взято в еквімолекулярних кількостях і які дають наступні суміші (в молярних кількостях):



Можливі 8 комбінацій, вірогідність утворення кожної з яких 12,5%: SSS 12,5 %; SNS 12,5%; NSN 12,5%; NNN 12,5%; NSS та SSN 12,5 %; SNN та NNS 12,5 %.

Переестерифікація залежно від умов може йти кількома шляхами.

Спрямована переестерифікація йде за відносно низьких температур, за яких тугоплавкі тригліцериди знаходяться в кристалічній формі та за потреби можуть бути відокремлені фільтрацією. Завдяки цьому зміщується рівновага і отримують суміш тригліцеридів, що характеризуються відносно низькою температурою плавлення та потрібною консистенцією. Завдяки спрямованій переестерифікації вдається з свинячих жирів отримати жири, що здатні до емульгування (shortenings), які використовуються в хлібопекарній промисловості, під час виготовлення кондитерських виробів у закладах ресторанного господарства, для виробництва морозива. За такої спрямованої переестерифікації ліквідуються тугоплавкі жирові фракції, що здатні утворювати групи кристалів, по-

ліпшуючи цим якість продукту.

Неспрямована переестерифікація переслідує, як правило, дві мети.

По-перше, це оптимізація вмісту твердих тригліцеридів деяких жирів і, таким чином, регулювання температури плавлення жирів. Дає можливість боротьби з «посивінням» шоколаду за умов зберігання його за знижених температур, що зумовлено міграцією до поверхні рідких тригліцеридів, які під дією низької температури кристалізуються. Це дозволяє отримувати жири, які за властивостями імітують такі олії, як какаоову, із жирів, до складу яких входить кокосова олія.

По-друге, це виробництво твердих жирів, багатих на лінолеву кислоту, для виробництва маргаринів з підвищеною харчовою цінністю шляхом переестерифікації пальмової та соняшникової олії. Цей маргарин не містить трансізомерів жирних кислот, тоді як звичайні маргарини із соняшникової олії містять олеїнову кислоту в кількостях до 50%, у тому числі 20% у вигляді трансізомерів, за рахунок того, що процес їх виготовлення передбачає часткову гідрогенізацію.

Переестерифікація також дозволяє отримати моно- та дигліцериди. З цією метою процеси здійснюються за нестачі гліцерину, за температури близько 200°C, у вакуумі та під інертним газом. Переестерифікація не змінює жирні кислоти, але зміна положення жирної кислоти в тригліцериді може змінити їх засвоєння організмом.

5. Зміна жирів у процесі зберігання та під впливом технологічних факторів

Сучасні підходи до організації технологічного процесу у закладах ресторанного господарства та рекомендації фахівців у галузі харчування щодо кількісних та якісних характеристик передбачають використання значного асортименту жирів та жировмісної сировини.

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. Заклади ресторанного господарства належать до значних споживачів харчових жирів та жировмісної сировини. Організація забезпечення і технологічний процес передбачають деякий термін зберігання сировини, що призводить до об'єктивних змін її властивостей. До складу ліпідів входить велика група ненасичених хімічних сполук, що робить їх дуже реакційноздатними. З усіх складових частин їжі жири виявляються найбільш вразливими щодо дії різних факторів, що викликають їх суттєві зміни та зумовлюють зміну якості продуктів. Найчастіше саме жири є тим лімітувальним фактором, який зумовлює параметри технологічного процесу та термін зберігання.

Значні зміни відбуваються з жирами за їх окислення. Зазначений процес за більшості випадків лежить у основі харчового псування жирів, при цьому смак та запах стають специфічними і неприємними. Вони констатуються в цілому як *гіркнення*. У деяких випадках процес окислення переводить жири в категорію непридатних до споживання. Важливо також підкреслити, що з деяки-

ми складовими – ненасиченими компонентами жирів пов'язана роль останніх як незамінних факторів харчування. Велика здатність їх до окислення є причиною того, що вони швидко втрачають свою біологічну цінність. Ще до того, як продукт стане непридатним до вживання.

Отримання жирів для технологічних цілей є поширеним процесом. Отримані чисті жири характеризуються як практично однорідна маса, і зміни, що тривають під час їх зберігання, характерні лише для жирів. Інша річ, коли зміни стосуються тканинних ліпідів, які знаходяться у зв'язку з іншими компонентами. Такі жири менш стійкі до зберігання. Їх зміни знаходяться у взаємовідносинах зі змінами інших речовин.

Природа зміни також відмінна. В основі змін виділених чистих жирів лежать, як правило, фізико-хімічні механізми, тоді як ліпіди тканин, особливо на початку терміну зберігання, підлягають біохімічним змінам.

З цього видно, що жири не лише відіграють певну ролі в показниках якості харчових продуктів, але й беруть участь у формуванні харчової цінності цих продуктів.

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 атоми, наприклад водень (H) або (O) кисень, також мають вільні валентності і властивості, подібні до вільних радикалів. Радикали через свою високу реакційну здатність намагаються перейти в стабільний стан шляхом насичення валентності.

Вільні радикали в жирах утворюються під дією *ініціатору* шляхом відщеплення атома водню від вуглеводневого ланцюга вільної або зв'язаної з гліцерином жирної кислоти. Як правило, це проходить у α -положенні відносно подвійного зв'язку, тому що енергія СН-зв'язку в метиленових групах насиченого вуглеводню складає 389 кДж/моль, тоді як енергія зв'язку метиленової групи в α -положенні складає 322 кДж/моль. Ще слабкішою енергією є зв'язку метиленових груп, що знаходяться між подвійними зв'язками. Цим пояснюється більш висока швидкість окислення ненасичених жирів, ніж насичених. Тому в місцях з найменшою енергією СН-зв'язку і проходить утворення вільних радикалів, які взаємодіють з киснем.

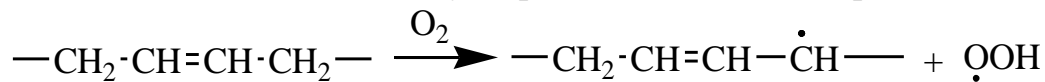
Процес окислення ліпідів починається з утворення вільного радикалу під

Активними ініціаторами окислення ліпідів є важкі метали – мідь, залізо, марганець, нікель, кобальт, що знаходяться в складі металевої тари, інвентарю. Метали можуть за рахунок змінної валентності самі бути окислювачами безпосередньо ліпідів. Вони можуть також завдяки великій окислювальній здатності окислювати природні антиоксиданти, які є супутниками жирів.

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. Під впливом більшої енергії окислення йде швидше.

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.

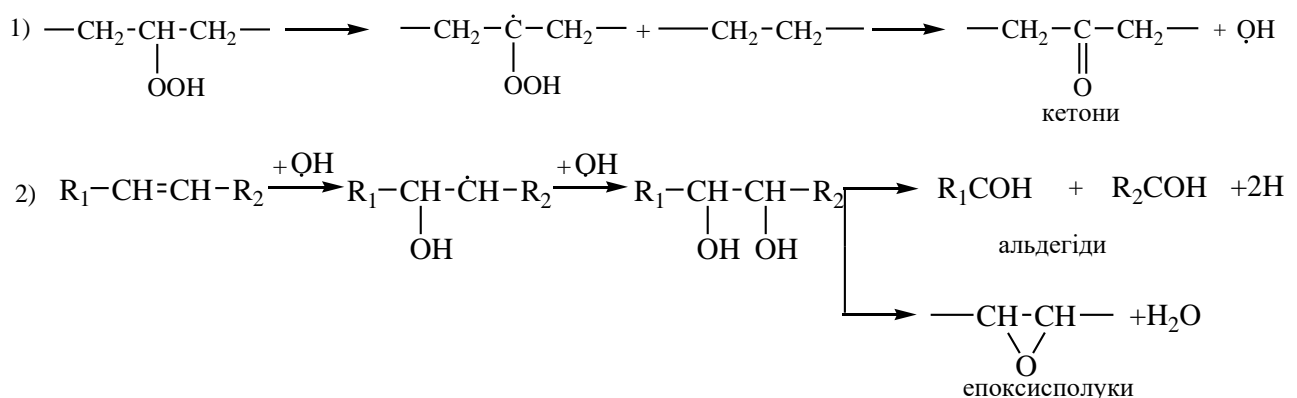
За ініціювання киснем утворюється два вільних радикали:



кожен з яких може розпочати свою ланцюгову реакцію окислення. При цьому є можливою й описана вище взаємодія радикалів з молекулами кисню з утворенням перекисних радикалів, а потім гідроперекисів, а також нових вільних радикалів. При розпаді гідроперекисів утворюється одразу два вільних радикали за двома можливими реакціями. Обидва радикали в кожній реакції (алкоксильний СНО та гідроксильний ОН – у першій і перекисний СОО та алкоксильний – у другій) дуже активні та утворюють два додаткових ланцюги вільнорадикальних реакцій, що призводить до розвинення ланцюга вільнорадикальних процесів, у результаті чого непропорційно значно прискорюється автоокислення. При цьому період скритого автоокислення зменшується. Але швидкість виникнення гідроперекисів, подальше утворення вторинних продуктів окислення залежить від контакту жиру з киснем повітря.

Інтенсивне утворення перекисів є адекватним показником окислення, але не впливає на органолептичні показники самого жиру, оскільки вони не дають відчуття згіркнення жиру.

Ця ознака органолептики жирів виявляється під час трансформації перекисних сполук у вторинні продукти окислення, яким притаманні сенсорні відчуття згіркнення та специфічного запаху. Вони утворюються за наступними основними схемами:



Крім цих сполук, утворюються також спирти, кислоти, альдегідо- та кетокислоти, гідроксікислоти, циклічні перекиси та інше.

Перекисні сполуки можуть вступати в реакції полімеризації з утворенням продуктів зі значно більшою молекулярною масою. Ці процеси ініціюються температурою, але вони йдуть зі значно меншою швидкістю і за будь-яких температур. Питання про виникнення полімерів дуже важливе у фізіологічному плані, бо деякі з них не засвоюються організмом і характеризуються токсичною дією.

Швидкість утворення полімерів та їх структура залежать від температури та доступу кисню. За безкисневих умов виникають (C–C) зв'язки, а за доступу кисню і низьких температур можливе виникнення полімерів з перекисними зв'язками типу –C–O–O–C–. Можуть утворюватися як циклічні, так і лінійні димери і олігомери, з різним ступенем ненасиченості. Полімерні сполуки належать до *третинних продуктів окислення ліпідів*. Димери зі зв'язками типу C–C можуть виникати за взаємодії вільних вуглеводневих радикалів.

Димери з перекисними зв'язками утворюються за взаємодії радикалів ненасичених жирних кислот або карбонільних груп цих кислот з гідроперекисами.

Для жирів під час автоокислення характерна також ізомеризація жирних кислот. Ненасичені жирні кислоти із цисформи можуть утворювати трансізомери, а система ізольованих подвійних зв'язків трансформуватися в систему, що сполучена і змінює як цінність жирів, так і їх стійкість до окислення.

7. Жири тваринного та рослинного походження

Характеристика основних тваринних жирів, маргаринів

Вони об'єднують групу жирів, які дуже широко використовуються в технологічних процесах та харчуванні – молочний, яловичий, баранячий, кістковий жири, сало свиняче.

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 жирною основою – жири з риби, китів, рослинні жири гідровані, – так і наповнювачами – молоко, вершки, вершкове масло, вода, ароматизатори, какао і т. ін. Завдяки цьому вони мають індивідуальні фізико-хімічні та технологічні властивості. Для отримання маргаринів жири нагрівають до температури

топлення (близько 40 °С) і змішують у певних пропорціях. Потім у вигляді розчину вводять інші компоненти, і після емульгування отримують емульсію “вода – масло”. Щоб надати смаку вершкового масла дуже часто за наповнювача використовують ферментоване молоко. Суміш охолоджують за постійного перемішування, що забезпечує формування дрібних та монодисперсних кристалів. Емульгування – затвердіння – проводять дуже повільно за 10...12 °С, що забезпечує розмір кристалів тригліцеридів 0,05...2 мкм.

Маргарини потрібно зберігати тільки в певних умовах, контролюючи попадання на них світла, вологість, температуру, а також вплив різних ароматів та забруднень.

За наявності широкого асортименту маргарини повинні відповідати наступним вимогам:

- бути компактними за текстурою за t 20 °С;
- мати властивість легко намазуватися за t 5...10 °С;
- швидко розтоплюватися в ротовій порожнині;
- мати, як правило, смак та аромат вершкового масла.

Для роздрібно́ї 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.

Для промислового споживання, у тому числі для підприємств громадського харчування та кондитерських цехів, випускаються маргарини з наступними властивостями:

- маргарини, у складі яких відсутні вільні жирні кислоти, з характерною високою стабільністю за високих температур (у т.ч. кулінарні жири для фритюрів);
- з характерною пластичністю (для кондитерської промисловості, підприємств громадського харчування, хлібобулочної промисловості).

Жири для емульгування, як правило, мають такий склад:

рідкі тригліцериди	–	80...100 %
тверді	–	0...12 %
моногліцериди	–	0...50 %
інші емульгатори	–	0...5 %
антиоксиданти	–	сліди.

Оскільки вони не містять води, ми їх не можемо віднести до емульсій. Раніше тверді жирові фракції, як правило, отримували з жиру свиней, але зараз використовують гідрогенізовані рослинні жири. Співвідношення твердих/рідких фракцій визначає їх консистенцію, а також здатність утримувати повітря і спроможність утворення емульсій жир – вода для виготовленні тіста у хлібобулочної та кондитерській промисловості.

Жири, які емульгуються і використовуються в домашніх умовах, повинні мати певну пластичність за заданих температур. Це не так важливо за умов

промислового виробництва, за яких температура регулюється з більшою точністю.

Усі жири для емульгування повинні бути стійкі до окислення і тому містити якомога менше лінолевої кислоти. Це особливо важливо для печива, оскільки воно підлягає тривалому зберіганню.

Здатність утримувати воду і повітря дозволяє використовувати ці жири в технології тістечок та бісквітів.

Жири для емульгування повинні добре змішуватися з іншими компонентами тіста з утворенням тонких шарів ліпідів навкруги частинок борошна, що не приводить до утворення густої текстури.

Існують жири зі збільшеним вмістом гліцерину та багаті на емульгатори, їх використовують у технології печива, тістечок з високим вмістом цукру з текстурою піни.

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. Хлопкова олія для споживання поступає, як правило, у рафінованому вигляді, т.я. у сирій олії міститься специфічний пігмент госіпол. Кукурудзяна олія містить значну кількість токоферолів - більше 0,2 %, природні антиоксиданти, жиророзчинні вітаміни.

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 олія та пальмове масло.

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.

Пальмове масло, як і кокосове, отримують із м'якоті плодів пальми, а пальмоядрове – із ядер. Ці масла в значній мірі відрізняються складом жирних кислот, пальмове відноситься до олео-пальмітинової групи, а пальмоядрове – до групи лауринових олій.

У пальмовому маслі основна доля жирних кислот складають пальмітінова та олеїнові кислоти до 90%.

Олії лауринової групи характеризуються вмістом значної кількості насичених жирних кислот з числом атомів вуглецю 12 та 14 (лауринова та міристинова кислоти), що визначає їх тверду консистенцію, а також вмістом низькомолекулярних летких кислот з числом атомів вуглецю 10 та нижче. Кокосове та пальмоядрове масло використовують як замітники твердих жирів при виробництві масложирової продукції.

8. 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. Поява цих сполук, є лімітувальним фактором у зберіганні молока; процес каталізується залишковими кількостями іонів міді та заліза, які присутні в молоці, а також аскорбіною кислотою, яка відновлює іони Cu^{2+} в Cu^+ .

Той факт, що деякі типи молока більше чутливі до окислення, ніж інші, можливо, пояснюється різним вмістом у них металів, зв'язаних із білками в мембранах жирових кульок. Вміст α -токоферолу, який є антиоксидантом, також відіграє певну роль.

Зважаючи на те, що згідно з вимогами не дозволяється додавання до молока антиоксидантів, ризик окислення жирів молока можна зменшити, запобігаючи контакту з повітрям за рахунок деаерації, забруднення міддю та залізом за рахунок використання обладнання зі скла та нержавіючої сталі, спеціальної упаковки, термічної обробки та гомогенізації. Зберігання молока за знижених температур сприяє окисленню, але його неможливо відмінити через бактеріологічні вимоги. Пастеризація підвищує тенденцію молока до спонтанного окислення, а також до окислення, яке каталізується міддю та залізом. Але обробка протягом декількох хвилин за температур > 70 °C стабілізує молоко проти окислення (не надаючи йому смаку кип'яченого). Можливо, що цей факт базується на утворенні з β -лактоглобуліну сполук з вільними сульфгідрильними групами. Концентровані молоко і креми поведуться так само. З іншого боку, гомогенізація уповільнює спонтанне окислення молока. Для пояснення цього існує багато гіпотез, у тому числі і про вивільнення фосфоліпідів або білково-мідного комплексу із мембран жирових кульок.

Окислення ліпідів відіграє важливу роль і надає смак деяким сирам (типу “Рокфор”, “Камамбер”, “Бріє”, “Бурсо”). Навпаки, у результаті окислення погіршується якість вершкового масла та порошкового молока. У цих продуктах з низьким вмістом води окислення стосується тригліцеридів та фосфоліпідів. Незбиране молоко в порошку окислюється дуже швидко з утворенням “масляного” запаху, як результат утворення гексаналу. Окислення може бути уповільнене укупуванням у вакуумі або азоті. Максимально стабільний продукт отримується за вологості 4 %, яка відповідає утворенню мономолекулярного шару води на сухому залишку. Максимальна стабільність у випадку вершкового масла спостерігається при температурі – 10 °C.

М'ясо. Нежирне м'ясо яловичини або свиней містить від 3 до 6 % тригліцеридів відносно насичених жирних кислот і приблизно 1 % фосфоліпідів, ба-

гатих на ненасичені жирні кислоти. Ці фосфоліпіди, які входять до складу мембрани клітин, і особливо мембран мітохондрій, схильні до дуже швидкого окислення. За рахунок цього мускульна тканина є дуже чутливою до окислення ліпідів, більше, ніж жирова тканина, яка багата на ненасичені тригліцериди.

Принципово для свіжого м'яса окислення ліпідів не є лімітувальним фактором під час зберігання його на холоді. Значно більше схильний до окислення фарш, у якому окислення настає між 2 та 10 добами за 5 °С, але потрібно пам'ятати, що окислення ліпідів – проблема, в основному, для м'яса мороженого або охолодженого після термообробки: ефект каталізу гемопротеїнів (гемоглобін, міоглобін) значно збільшується, коли глобін після термообробки денатурує, звільняючи, частково, залізо. До кінця ще не з'ясовано, чи є більш активною у цьому процесі група гему, яка каталізує розпад пероксидів, коли іон заліза знаходиться у тривалентному стані. Білки крові знебарвлюються в результаті реакції окислення ліпідів. Дегідратоване м'ясо, термооброблене чи ні, є більш стійким через незначний вміст вологи: прогірклість починає відчуватися в дегідратованому м'ясі яловичини приблизно через 1 місяць під час зберігання за $t = 37$ °С, упакованим, на повітрі через 6, упакованим у вакуумі при 20 торс – через 12 місяців; термін зберігання не є лімітувальним фактором у випадку ліофілізації м'яса.

Узагалі м'ясо птиці легше окислюється, оскільки його фосфоліпіди більш багаті на ненасичені жирні кислоти.

Для різних типів м'яса, поліфосфати є ефективними антиоксидантами, що пов'язано, вочевидь, зі зв'язуванням заліза. Концентрація поліфосфатів – від 0,01 до 0,1 % відносно м'яса. Аскорбінова кислота в кількості 0,1 % також характеризується антиокислювальними властивостями, на відміну від ефекту щодо молока.

Солене м'ясо свиней прогіркає значно швидше. Вочевидь, у даному випадку окислення стосується тригліцеридів більшою мірою, ніж фосфоліпідів (деякі сосискові вироби). Хлорид натрію сприяє окисленню ліпідів, але механізм цього не з'ясовано.

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.

Міжкліткові ліпіди, навіть нежирної риби, містять фосфоліпіди (фосфатидилетаноламін, фосфатилхолін), які багаті на ненасичені жирні кислоти). З іншого боку, жирна риба містить як резерв різну кількість міжкліткових жирових кульок, які знаходяться в мускульній тканині і в мезентерії, утворених тригліцеридами. Вміст тригліцеридів, їх ненасиченість залежать від виду риби, її віку, статевої зрілості, харчування та ін. Жирна риба може містити від 0,1 до 25 % ліпідів і тому має більшу схильність до окислення, ніж нежирна. З іншого

боку, темні мускули (що розміщені у хвості і відповідають за рух, “аеробні”, на відміну від білої мускулатури, що відповідає за швидкі “анаеробні” рухи) містять багато міоглобіну, що пояснює велику схильність до окислення.

Окислення ліпідів риби проходить навіть під час зберігання замороженої риби і прискорюється, коли температура зберігання наближується до температури розмороження. У випадках, коли потрібно запобігти появі прогірклого запаху протягом 4...6 місяців зберігання, необхідно забезпечити зберігання риби за температури нижче – 30 °С. Інколи поверхню риби вкривають льодом (глазурують), що є перепорою для доступу кисню. При цьому до складу льоду додають аскорбінову кислоту або інший антиоксидант.

Карбонільні сполуки, які утворюються в результаті окислення ліпідів, реагують з амінними групами білків або амінами, які присутні в м'ясі риби, з отриманням забарвлених сполук. Таке неензиматичне побуріння англійською мовою має назву *rusting* (утворення іржі). Ці реакції сильніше виражені для дегідратованої риби, наслідком чого є погіршення наступної гідратації риби і зниження її харчової цінності.

Окислення ліпідів має екзотермічний характер, і виділення енергії може проходити дуже швидко, особливо у випадку зберігання рибного борошна. Прогіркле борошно не може використовуватися для кормів, оскільки надає прогірклого смаку свинині, птиці, яйцям.

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. Заходи, яких потрібно вживати, – зберігання у вакуумі або атмосфері азоту, додавання антиоксидантів (картопляне пюре), попереднє термічне оброблення для інактивації ліпоксидаз (зелений горошок) та ін – залежать від властивостей продукту.

9. 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. Різновидом гідротермічних процесів є бланшування, варіння, припускання, заварювання, темперування, стерилізація з компенсуючим тиском, тушіння.

Зміна жирів під впливом гідротермічної обробки залежить від температури обробки, терміну обробки, співвідношення жировмісних продуктів та води, тобто гідромодулю, присутності в середовищі інших харчових компонентів – білків, вуглеводів, розчинів електролітів, лугів, кислот, а також структурно-механічних характеристик системи, особливо в'язкості, ступеня подрібнення харчових продуктів.

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 розплавленний стан. Одночасно змінюється густина та в'язкість жиру, що підвищує його рухомість у системі та здатність до розшарування з водою, утворюючи на поверхні середовища жирову фазу. Жирова фаза утворюється завдяки малому поверхневому натягу крапель жиру, і як наслідок, коалісценції.

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.

Гідротермічна обробка може бути різною за терміном - від декількох хвилин під час бланшування до 6 годин під час варіння холодцю, а також кісткового бульйону. Топлення жирів розпочинається при досягненні 30...50°C.

Розтоплений жир частково переходить у воду. Кількість жиру, який виділяється різними продуктами при варінні залежить від вмісту та характеру розподілу його в продукті, терміну варіння, розмірних характеристик продукту та ін. Чим жирніший продукт, тим менше жиру відносно до його загальної кількості втрачається під час варіння.

Жир, що емульгований у вигляді тонкої емульсії в січених виробах, виділяється значно гірше, ніж жир у вільному стані. До певної величини жирності, розподілений у мускульній тканині жир за рахунок деформації білкової тканини виділяється інтенсивніше, у той же час розподілений жир у осетрині виділяється гірше. З попередньо підсмажених м'яса та птиці у процесі тушіння жир виділяється значно гірше, ніж із сирих. Підшкірний жир птиці, риби виділяється значно швидше і в більших кількостях, аніж жир, розподілений у мускульній тканині.

При достатньому гідромодулі, жир який витоплюється із сировини, збирається на поверхні бульйону (90...95 %), а решта (5...10 %) залежно від параметрів процесу утворює більш-менш стійку емульсію. За рахунок емульсії утворювання площа контакту жиру з водою значно збільшується, що може привести до його часткового гідролізу з утворенням вільних жирних кислот, моно- та дигліцеридів, гліцеридів (барботажа, температура, тиск, присутність ПАР, електролітів, кислот, лугів).

Кількість заемульгованого жиру залежить від складу жиру. Прості ліпіди, як правило, емульгуються гірше, ніж складні. Тому жири зі значним вмістом фосфоліпідів здатні при термообробці до емульгування. Вміст фосфатидів та інших складних ліпідів у тканинах сільськогосподарських тварин та риби невеликий, але вони присутні у всіх тканинах. Так, у м'ясі хека на суху масу міститься до 4,15 % фосфатидів, скумбрії - 7,68 %, у яловичині та свинині - 6,02; 6,22 %, відповідно. Але слід підкреслити, що в жировій тканині їх мало, значно більше їх у печінках та нервових тканинах. Тому, під час варки хребтові кістки, трубчасті кістки, особливо зруйновані, отримують мутні бульйони. Помутніння бульйонів призводить до погіршення органолептичних показників продукції.

Ступінь емульгування залежить від гідромодуля, інтенсивності кипіння, інтенсивності перемішування.

У реальному технологічному процесі жировмісні продукти піддаються гідротермообробці в середовищах, які містять у собі розчини солі, цукру, органічних кислот тощо. Їх присутність здатна суттєво впливати на гідроліз жиру, призводить до збільшення показників кислотного та ацетильного чисел. Збільшення кислотного та ацетильних чисел чітко свідчить про нагромадження в складі жирів вільних жирних кислот ди- та моногліцеридів. Зменшення ж йодного числа свідчить про можливість одночасового окислення по місцях подвійних зв'язків, або приєднання ОН-груп. У деяких технологічних процесах, наприклад під час виготовлення напівфабрикатів заварного тіста, жири навмисно емульгують у системі, створюючи завдяки присутності білків та значної в'язкості (завареної) системи умови, які затримують коаліценцію та розшарування. Завдяки емульгуванню та збільшення поверхні контакту жиру та води умови щодо гідролізу значно підвищуються.

З метою запобігання виникненню салистого присмаку в бульйонах, виділений жир в міру його накопичення вибирають із поверхні, що значно поліпшує органолептичні показники. Особливо це актуально для так званих коричневих бульйонів, у технології яких передбачено обсмаження кісткової сировини при 250...275 °С перед варенням. Дотримання в технологічному процесі параметрів, які знижують можливість гідролізу та частково окислення, дозволяє отримати гідротермооброблену продукцію високої якості.

Зміна жирів під впливом жарення. Жаріння належить до дуже складних багатофакторних технологічних процесів. По-перше, у процесі жаріння приймає участь великий асортимент жирів з різними властивостями та товарознавчими показниками, з різним терміном зберігання та попереднього автоокиснення. По-друге, обжарюється 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.

Жири є середовищем, яке передає тепло від жарильного апарата до продукту, характеризуються низькою теплопровідністю та вирівнюють температурне поле, й тим самим запобігають пригорянню продукту.

Принципово існує два основних способи жаріння продуктів:

– з невеликою кількістю жиру (основний спосіб), де частка жиру відносно до оброблюваного продукту складає 5...20%;

– жаріння у великій кількості жиру (фритюрі), де, залежно від параметрів процесу співвідношення продукту та жиру складає 1:4...20. Температура нагрівання жиру складає 140...200°С, термін обробки складає від декількох хвилин до кількох діб.

Існують також різновиди впливу сухого нагріву на жири у вигляді запікання, випікання, обжарювання, смаження на відкритому вогні, де характер впливу на жир залежить як від складу технологічного середовища, так і від складу харчових продуктів.

Термообробка впливає на *зміну технологічних властивостей жиру, фізи-*

ко-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).

Необхідно відрізнити високотемпературну деструкцію як об'єктивний процес під час нагрівання від піролізу - процесу, який практично повністю залежить від забезпечення правильного режиму технології та експлуатації обладнання, оскільки він, як правило, настає при температурах понад 190...200°C. Якщо під час термодеструкції з жирів вилучаються леткі низько- та високомолекулярні сполуки, то під час піролізу до них додається низка токсичних, канцерогенних циклічних вуглеводів, у тому числі 3,4 бензпірен.

За термічного окислення жирів, особливо в процесі фритюрного жаріння, проходить швидше утворення і розпад перекисів, про що свідчить динаміка перекисного числа, яка має S-подібний характер. При цьому утворюються речовини за рахунок термічної деградації жирів, які мають меншу молекулярну масу, одноосновні та двоосновні кислоти (C₆-C₁₁), діокси-кислоти, дикарбонільні сполуки, оксикислоти (C₆-C₁₆), кетокислоти (C₆-C₁₂), жирні кислоти насичені (C₂-C₁₈, транс-ізомери), (C₄-C₁₈), дієнові (C₈-C₁₀, транс-ізомери). Серед летких компонентів жиру знайдено понад 200 сполук, значну частку яких складають кислотні продукти - алкани (C₆-C₁₈, C₈-C₁₇), транс-транс-ізомери алкадієнів (C₆-C₁₄), спирти C₂-C₈, насичені (C₃-C₁₅) та ненасичені (C₆-C₁₀) альдегіди, кетони C₇-C₁₂, складні ефіри, лактони оксикислот (C₅-C₉), ароматичні та гетероциклічні сполуки.

Дуже їдким на сприймаття 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. Вільні жирні кислоти утворюються також за рахунок розщеплення перекисів. Нагромадження вільних кислот є причиною погіршення технологічних властивостей жирів, особливо температурної стійкості, яка оцінюється як температура димоутворення. **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.

Для свіжоотриманих жирів у однакових умовах нагрівання (діаметр поверхні нагрівання 10 см) температура димоутворення наступна:

молочний жир (масло)	- 208 °C	олівкове масло	- 170 °C
свиний жир	- 221 °C	компаунд жир	- 210 °C
хлопкове масло	- 223 °C	харчовий соломас	- 230 °C

Окислювальна або термічна деструкція жирів призводить до *нагрома-*

дження низькомолекулярних фракцій, серед яких основна частка припадає на вільні жирні кислоти. Жири, як евтектичні суміші, не мають точки кипіння, а характеризуються точкою димоутворення. Димоутворення більш низькомолекулярних речовин проходить за нижчих температур, тому збільшення кислотного числа, тобто нагромадження вільних жирних кислот, суттєво знижує температуру димоутворення.

Збільшення поверхні нагріву жирів близько в 1,5 рази знижує температуру димоутворення на 16 °С. Зрозуміло також, що повторне нагрівання жиру також приводить до пониження температури димоутворення. Оскільки для фритюрного жаріння характерна циклічність нагріву слід враховувати цю закономірність.

Другою особливістю хімічних змін і, як наслідок, зміни складу жирів є *утворення окислених жирних кислот*. Негативним моментом, шкідливим для споживачів, є відсутність у організмі специфічних ферментів, які б гідролізували ці сполуки до засвоюваних фрагментів. Тому їх утворення значно знижує цінність жирів і в деяких моментах призводить до появи в них токсичних речовин. Характерними для окислених жирних кислот є хімічні групи кетонова, оксигрупи, оксіранові та інші. Вони можуть утворюватися як у складі ефірів, так і вільних жирних кислот. Поява оксигруп призводить до підвищення спорідненості жирів зі смаженими продуктами, тобто підвищеній сорбції цих речовин, що значно погіршує якісні показники готової продукції та показники безпеки. Найбільший вплив на токсичність грітих жирів мають окси-, кето-, оксикето-, епоксікислоти, а також група гетероциклічних, ароматичних, алкілциклічних жирних кислот.

Третьою особливістю термодеструкції жирів є виникнення *продуктів полімеризації жирів*. За рахунок високої температури значно підвищується активність радикалів, які вже містяться в жирах при автоокисленні та виникають у значних кількостях під час термообробки, що призводить до виникнення лавинного ефекту їх взаємодій. Прогнозувати кінцеві продукти дуже важко, бо в реальних технологічних системах жири містять компоненти автоокислення, гідролізу, термічної деструкції, термічного окислення.

Завдяки перебігу процесу полімеризації значно підвищується в'язкість жирів. Полімеризація може бути як за рахунок внутрімолекулярної взаємодії молекул жирних кислот, так і за рахунок взаємодії між окремими молекулами жиру, а також внутрішніх та надмолекулярних взаємодій.

Характерними є утворення димерів за рахунок -С-С- зшивок, а також утворення оксиполімерів типу -С-О-С- (оксидний) та -С-О-О-С (пероксидний). Суттєвим фактором у зміні властивостей жирів є їх циклізація, тобто утворення циклічних моно-, ди- та тримерів жирних кислот, що є токсичними.

В реальному технологічному процесі зміни жирів йдуть як паралельно, так і послідовно одна за одною. Зміна основних фізико-хімічних показників є причиною зміни основних технологічних властивостей 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, помут-ніння, 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, астацином, тощо, тобто втрати природних речовин, які забарвлюють нативні жири та за рахунок ненасиченості нестійкі до дії температури у присутності окислювачів.

Наслідком деструкції жиру є нагромадження темнозбарвлених фракцій - від коричневого до чорного кольору. Перш за все, і швидкість, і ступінь потемніння залежать від складу жиру, тобто часток у жирі різних фракцій, у тому числі нежирових. Так, молочний жир містить у собі залишки води, білкових речовин, лактози, солей і т.ін. При витоплюванні жиру в результаті теплових процесів проходить розшарування системи з виникненням окремої нежирової фази, яка поступово змінює свій колір від світлого до темнокоричневого залежно від терміну обробки. Цей колір пірогенетичної деструкції нежирової фази може передаватися і на жир. Ця властивість зміни кольору залежно від складу жиру притаманна не тільки молочному, а й іншими жирам, оскільки всі реальні жири не представлені на 100% складними ефірами гліцерину та жирних кислот.

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. Тому рафіновані жири є більше стійкими до зміни кольору, ніж нерафіновані.

Причиною потемніння жирів може бути перебіг під час теплової обробки реакції полімеризації та поліконденсації, оскільки деякі продукти полімеризації, особливо ті, щомістять дикарбонільні сполуки характеризуються зміною кольору.

Проблема *зміни смаку та запаху* жирів, особливо тих, які використовуються для фритюрного жаріння, дуже гостра, бо жири за рахунок їх вбирання продуктами здатні значно впливати на якість готової продукції. Причини трансформації смаку жирами дуже різноманітні. При термообробці виникає понад 200 нових сполук, які нехарактерні для нативних жирів. Частина з них леткі, бо мають меншу за складові частини жиру молекулярну масу. Температури, при яких вони сублімуються, різні, тому кількісний та якісний склад жирів за даної температури обробки прогнозувати дуже складно. Натуральні аромат і смак негрітого жиру при термообробці поступово зникають. На зміну природному аромату через деякий термін обробки приходить характерний різкий запах фритюрного жиру.

Як екстрагенти жири здатні акумулювати смаки та аромати обжарюваних продуктів. З одного боку, це широко використовується в різних технологіях консервованих продуктів (рибні консерви), для отримання ароматизованого масла, (наприклад, цибулею, часником, копченостями, томатопродуктами, синтетичними ароматизаторами та натуральними ефірними маслами).

У трансформації смаку та запаху беруть участь також амінокислоти продуктів, особливо метіонін, меланоїдини. Значно впливають на смак акролеїн, що утворюється, та компоненти попереднього окислення.

Гіркого та їдкого смаку додають продукти пірогенетичного розпаду компонентів харчових продуктів, які завжди потрапляють у жири під час жаріння та поступово згорають у них, утворюючи важкорозподілювану суспензію. Тому фритюрні жири, які тривалий час експлуатувалися, непрозорі, характерно опалесціють, постійно протягом зберігання виділяють осад, що сідає на дно посуду, та жарильних апаратів. Цей осад, якщо його не відділити від основної маси жиру, за повторного нагрівання може призвести до пригоряння та швидкого органолептичного псування жиру.

Змінюються також *структурно-механичні 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. Підвищена в'язкість може бути також причиною погіршення жиру як теплопередавального середовища. За рахунок погіршеної конвекції більше в'язкий жир може місцево перегріватися, створювати місцеві поля з великою температурою і нерівномірно обжарювати продукти.

Як правило, експлуатація фритюрних жирів для обжарювання білкових продуктів (м'яса, риби, птиці) призводить до значного потемніння жирів, тоді як однакове за терміном обжарювання крохмалевмісних продуктів залишає жири більше світлого кольору.

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. Але харчова цінність їх не обмежується тільки енергетичною функцією. Деякі жири входять до складу біологічних мембран. Незамінні жирні кислоти C_{18:2}, C_{18:3}, C_{20:4} виступають як попередники утворення цілої групи біологічно активних речовин - простагландинів. Простагландини значно впливають на функцію серцево-судинної системи та гладкої мускулатури. Незамінними також є деякі ароматичні жири, наприклад вітаміни групи Д. Якщо сюди приєднати також інші жиророзчинні вітаміни - А, Е, К, то стає зрозумілим, що незамінний компонент жирів є дуже вагомим. Дійсно, синтез низки ліпідів, до складу яких входять перелічені несинтезовані в організмі жирові компоненти, без внесення їх із їжею стає неможливим. Це підтверджує, що жири використовуються в ролі пластичного матеріалу, хоча їх пластична функція, порівняно з білками та вуглеводами, менша.

Жири виконують окрему особливу функцію в організмі. Маючи дуже низьку теплопровідність, вони оберігають організм від охолодження. Жирова тканина, утворюючи м'який прошарок не допускає ударів, струсів внутрішніх органів.

Жири також слід розглядати як високоефективні розчинники багатьох жиророзчинних речовин.

Особливо слід враховувати при харчуванні біологічну цінність жирів. Порівнюючи жири, слід підкреслити, що найбільшу біологічну цінність мають олії, потім ліпіди риб, потім жири наземних тварин. Лінолева та ліноленова жи-

рні кислоти дуже стимулюють ріст організму, жири риб за рахунок високоненасичених жирних кислот ($C_{22:5}$, $C_{22:6}$) понижують рівень холестерину в крові людини.

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 не- можливо визначити біологічну цінність жирів на підставі їхнього хімічного аналізу.

Усі перелічені факти свідчать, наскільки важливо споживати жири в максимальному 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.

10. 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. Температура топлення такого жиру понижена. Осалюються, в основному, жири тваринного походження. В основі осалювання лежать окислювальні процеси. При цьому за рахунок окислення трансформуються каротиноїди, які мають високоненасичені сполуки. 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. Швидкість утворення штаффу дуже велика. На поверхні незапакованого молочного масла за температури зберігання – 10°C штафф виникає вже через 2 тижні. Вражена штаффом поверхня вважається непридатною для споживання, тому штафф зачищається перед споживанням масла, що приводить до втрати 3% ваги масла. Штафф класифікують як комплекс фізико-хімічних змін, який виражається в утворенні на поверхні темнозабарвленого напівпрозорого шару, який має неприємний гіркий або приторно-їдкий смак з характерним затхлим або гнилісним запахом.

На думку вчених, у основі утворення штаффу лежать декілька процесів, серед яких превалюють процеси полімеризації та окислення жиру на тлі значного зневодження поверхневого шару. При цьому значний внесок у цей вид

псування молочного жиру, а також маргаринів, робить видалення вологи з поверхні. Використання пакувальних матеріалів – плівок з повідену, поліамідних, комбінованих, герметичних упаковок та ін., які не дають волозі випаровуватися, значно гальмує виникнення штаффу.

За іншими закономірностями відбувається зміна тканинних ліпідів під час зберігання м'яса, риби, деяких круп, насіння тощо. 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.

Активність ферментів залежить від температури, реакції середовища, присутності різних активаторів та інгібіторів ферментів, хімічного складу жиру та виду сировини. Для риби їх активність найвища в слабколужному середовищі, але ліполітичний гідроліз іде з різною інтенсивністю за всіх значень рН. Виявлено, що ці ферменти функціонують у вигляді декількох ізоферментів з різним значенням рН-оптимуму дії.

Температурний оптимум дії ферментів виражений менш чітко. З'ясовано, що ліпази та фосфоліпази підвищують свою активність у інтервалі температур 40...50°C, і близько 60...70°C вони інактивуються. Але існують ферменти, які працездатні після тривалого їх темперування за 75...80°C. З пониженням температури та заморожування активність ферментів падає, але відносно висока активність спостерігається за температур до 30°C. При цьому в деяких зонах температур активність може дуже підвищуватися. Та все ж таки з пониженням температури активність ферментів падає. Характерно, що під час заморожування активність ферментів м'яса теплокровних тварин, птиці нижча за активність ферментів риби.

Нагромадження вільних жирних кислот у мускульній тканині має S-подібний характер і, як правило, через 4 місяці зберігання риби частка вільних жирних кислот меншає. Пояснюється це зниженням активності ліпаз та одночасним перебігом деструктивних процесів окислення.

Типовим для процесу самоокислення жирів у складі мускульної тканини є нагромадження перекисних сполук. Нагромаджені вільні жирні кислоти та продукти їх окислювальної деструкції можуть стати причиною значного білок-ліпідного комплексоутворення з виникненням специфічних полімерів, які нерозчинні у воді та стійкі до ферментативного гідролізу. Вважають, що виниклі під час окислення ліпідів альдегіди утворюють міцний хімічний зв'язок з аміногрупою діаміномонокарбонів або амінокислот кінцевих NH₂-груп білків. Це призводить до погіршення органолептичних показників сировини, їх технологічних характеристик та харчової цінності.

Первинні та вторинні продукти окислення ліпідів реагують також з іншими компонентами тканини. За рахунок цього змінюються каротиноїди, вітаміни, пігменти, деякі ароматичні сполуки, що викликає зміну натуральних аромату та смаку м'яса та риби, кольору та зниження харчової цінності.

Способи стабілізації жирів. У технологічній практиці для стабілізації жирів використовують різні технологічні прийоми. Найбільш поширеними у є

збереження продуктів за певних температурних режимів та використання тари й упаковки. За обґрунтованих 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.

Для певних харчових і, більшою мірою, дегідратованих продуктів із середнім вмістом води, які містять жири, необхідно використовувати речовини або методи, які зменшують швидкість окислення ліпідів, що гарантує встановлені строки реалізації. 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.).

У технологічній практиці часто використовують одночасно антиоксиданти типів I та II зі зниженням парціального тиску в упаковці.

Проблема, яка виникає за цих випадків, – гомогенний розподіл антиоксидантів у маслах та жирах, а також їх проникнення в жирові компоненти харчових продуктів.

11. 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.

Існують численні проби, які дозволяють визначити рівень окислення або сприйняття до окислення, які, не завжди відповідають органолептичному псуванню і можуть послужити у визначенні можливості та тривалості зберігання. Основні і найбільш поширені наведено нижче.

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. Ці методи дозволяють установити досить високу кореляцію між поглинанням кисню та органолептичними показниками прогіркання.

Визначення спряжених дієнів. Визначення оптичного поглинання за 232 нм, характерного для сполук зі *спряженими* подвійними зв'язками, або викори-

стання ІЧ-спектроскопії, застосовується для визначення початку окислення. Але потрібно зауважити, що методи не мають достатньої чутливості і приймаються у випадку достатньо чистих ліпідів.

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.

Часто вміст перекисних сполук визначають у міліеквівалентах на кілограм ліпиду, вміст перекисів відповідає кількості кисню, що поглинається. Крім того, для деяких продуктів є можливим встановити кореляцію між періодом збереження в задовільному стані і початковим вмістом перекисів. У деяких випадках цей показник може бути використано в контролі якості продукту. Попри це дуже рідко поява прогірклості як органолептичного показника збігається з конкретним перекисним індексом, навіть за вивчення одного виду продукту. Для того щоб це зрозуміти, слід знати, що леткі сполуки з неприємним запахом, які утворюються в результаті окислення ліпідів, являють собою, як правило, продукти розпаду пероксидів.

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. Накопичення пероксидів або проміжок часу, через який органолептично визначається початок прогіркнення, дає можливість оцінити чутливість ліпиду до окислення або ефективність антиоксиданту.

Визначення вмісту пероксидів відіграє важливу роль у визначенні початку окислення жирів. Складно встановити надійну кореляцію між перекисним індексом і початком гіркнення. Температура, за якої проводиться визначення пероксидів, суттєво впливає на результат, наприклад, вміст пероксидів у бавовняній олії в момент початку гіркнення за 100°C у 4 рази нижче за 35°C.

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.

Метод дуже чутливий і добре корелює в деяких випадках з органолептичними показниками прогірклості. Можливо, що малоновий альдегід утворюється, в основному, з окисленням поліненасичених ліпідів. Для визначення його бажано вилучити із продукту, щоб запобігти реакції тіобарбітурової кислоти з іншими речовинами.

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. Ці, останні, як правило, мають неприємний запах, їхнє визначення дозволяє встановити добру кореляцію з органолептичною прогірклістю. За деяких випадків карбонільні нелеткі сполуки можуть бути ініціаторами продуктів з неприємним запахом.

Проба на збереження. Проби зберігають під час контакту з повітрям у за-

даних умовах до моменту, коли з'являються ознаки гіркнення. Прискорюють випробування, підвищуючи температуру, але не вище за 45°C для запобігання отриманню результатів, відмінних від тих, що були отримані за 20°C.

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.

Визначення окислення жирних кислот. Метод досить складний, але дає результати за ступенем окислення, виключаючи вміст летких сполук. Цей метод дозволяє, наприклад, передбачити, через який проміжок часу дезодорована олія (наприклад, соняшникова) може бути схильна до зворотного ефекту (поява неприємного запаху) за рахунок виникнення окислених ліпідів, які не є самі леткими, але можуть бути їх попередниками.

Оцінка якості жирів за допомогою "чисел". У повсякденній практиці інженеру технологу дуже часто приходиться 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. 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.
7. Жири тваринного та рослинного походження.
8. Ферментативне окислення ліпідів молока та молочних продуктів, м'яса, риби та овочів.
9. Жири молока та молочних продуктів. Змінювання властивостей жирів молока та молочних продуктів за технологічної обробки
10. Жири м'яса та м'ясопродуктів. Змінювання властивостей жирів м'яса та м'ясопродуктів за технологічної обробки м'яса, риби, овочів.
11. Жири риби та інших гідробіонтів. Змінювання властивостей жирів риби та інших гідробіонтів за технологічної обробки.
12. Окислення ліпідів у технології харчових продуктів. Зміна технологічних властивостей жиру під час нагрівання.
13. Вплив термічної обробки на харчову та біологічну цінність жирів. Види псування жирів.
14. Характеристика методів оцінки якості жирів. Оцінка рівня окислення та здатності жирів до окислення.

ЛЕКЦІЯ 1.5 ВОДА ТА ЇЇ ЗНАЧЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

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.
5. Властивості та форми зв'язку води в рослинних тканинах.
6. Вода в тканинах теплокровних тварин та в тканинах гідробіонтів.
7. Вода в молоці та молочних продуктах.

Рекомендована література для вивчення теми: [1, 3]

Ключові слова: вода, рідина, кипіння, замерзання, пароутворення, активність води, розчинник, екстрагент, вільна вода, зв'язана вода, сорбція, адсорбція, вода, гідратаційна вода, іммобілізована вода, механічно-зв'язана вода, хімічно-зв'язана вода, адсорбована вода, внутріклінтинна, вільна вода

1. Вода як розчинник та екстрагент

Вода в технологічних процесах може використовуватися як *технологічне середовище, розчинник або екстрагент*.

Приготування їжі пов'язане з використанням значної кількості різних рідин. Вони необхідні, з одного боку, як технологічне та теплопередаюче середовище, з іншого, для розчинення та вилучення з харчових продуктів нутрієнтів і біологічно активних речовин.

Залежно від конкретної ситуації ці рідини можуть виступати як розчинник або екстрагент, а в складних рецептурних сумішах, як розчинник для деяких компонентів, і як екстрагент водночас.

Під *розчинником* розуміють індивідуальну хімічну сполуку (або суміш), що спроможна розчинювати речовину, тобто утворювати з нею однорідну систему (розчин), яка складається як мінімум з двох компонентів. У випадку розчинів типу «рідина – тверда речовина» розчинником прийнято враховувати рідину; у випадку розчинів типу «рідина – рідина» – компонент, що міститься в надлишку.

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.

Під *екстрагентом* слід розуміти такий розчинник, що використовується під час екстракції матеріалу, або при екстракції з рідини того, чи іншого цінно-

го компонента. До розчинників, що використовуються як екстрагенти в харчовій промисловості та громадському харчуванні пред'являються додаткові вимоги. Вони зумовлені тим, що процес вилучення харчових нутрієнтів повинен бути ефективним, економічно обґрунтованим, і, з технологічної точки зору, таким, що дозволяє максимально зберегти харчову цінність та фізіологічну активність речовини. Ці вимоги стосуються як сировини, так і екстрагентів.

Рідини, що використовуються як екстрагенти, повинні мати:

1. *Селективну розчинність*. Тобто, здатність екстрагента вилучати один компонент або групу компонентів з суміші. Селективність розчинника тим вища, чим вища його здатність розчиняти відносно до речовини, що вилучається та чим вона менша відносно до інших компонентів;

2. *Високі дифузійні властивості*. Це забезпечує гарне проникнення розчинника в структуру матеріалу (рослинного, тваринного чи іншого походження) та через стінки клітин;

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. Але слід підкреслити, що завдяки чітко вираженій селективності в розчин екстрагується дуже багато супутніх речовин. У практиці за принципами екстракції побудовано технології приготування бульйонів, відварів, екстрактів чаю, кави, какао, інших речовин і надзвичайно великої кількості страв на їх основі. Концентровані екстракти лежать в основі виготовлення багатьох комбінованих домішок. Серед них домінують концентровані бульйони, розчинні кава, какао, чай і багато інших.

2. Вода має здатність до проникнення через оболонки клітин, якщо вони не просякнуті жироподібними, або іншими гідрофобними речовинами. Цьому сприяють висока температура технологічних процесів приготування їжі та тривалість процесів.

3. Вода може бути причиною гідролізу та температурної деструкції діючих в технології речовин. Гідроліз підсилюється дією ферментів, а також під час нагрівання. У основі понять «кулінарна готовність», «їжа готова до вживання», об'єктивно полягає певна ступінь деструкції речовин, що забезпечує необхідні органолептичні показники, текстурність.

4. Вода не має ніяких антисептичних властивостей і тому водні витяжки, особливо якщо вони містять білкові, слизові та подібні їм речовини, дуже швидко стають середовищем для розмноження мікроорганізмів. Це регламентує термін зберігання.

5. Вода у фармакологічному плані індиферентна. Тому її споживають в широких межах без перепон. Лише в дієтичному харчуванні зустрічаються ви-

падки, коли її споживання за якихось причин обмежується. Але це носить приватний відносно до технології характер.

6. Вода має високу температуру кипіння, вивірюється дуже важко, тому її випарювання ускладнене. У технології приготування їжі це зумовлює необхідність урахування співвідношення вода : субстрат (гідромодуль) для досягнення у витяжці (бульйоні) певної «міцності», тобто бажаної концентрації. Випарюванням у натуральних умовах це корегувати важко.

7. Вода доступна всім закладам ресторанного господарства та підприємствам харчової промисловості. Її склад і властивості можуть бути скореговані різними методами водопідготовки.

Вода, як екстрагент, має широкий діапазон дії та використання, але її водні витяжки слабоконцентровані. Тому без попереднього згущення вони можуть зберігатися досить короткий проміжок часу.

Екстрагуюча здатність води може бути скорегована в конкретних технологічних процесах попереднім розчиненням в ній додаткових речовин: солей, цукру, кислот, лугів, спирту тощо. В цьому випадку вода виступає не чистим екстрагентом, а спеціальним розчином для досягнення певних технологічних цілей.

Вода є головним, найвагомим, а також найбільш розповсюдженим компонентом харчових продуктів, за виключенням зерна та борошна. Вона відіграє значну роль у створенні їх структури, а у сукупності з іншими показниками відіграє вирішальну роль у технологічному створенні та органолептичному сприйнятті споживачами якісних показників продуктів, а саме: текстури (тургор овочів, фруктів, бобових, листових овочів), соковитості (співвідношення вільної та зв'язаної води та специфічність асоціації її з іншими компонентами), в'язкості, текучості, крихкості тощо.

Водночас зволоженість продуктів значною мірою впливає на здатність та умови зберігання, що, зокрема, для рослинної групи об'єднується поняттям «лежкість». І, як відомо, багато методів зберігання ґрунтується на частковому або повному видаленні води з продуктів різними методами (наприклад сушіння); або зменшення її «доступності» за рахунок утворення кристалів під час заморожування; або зв'язування рухомості молекул води введенням хлоридів натрію, цукру та інших речовин.

Вода також виконує роль технологічної субстанції, яка впливає на трансформацію інших речовин під впливом технологічних факторів. Вона відіграє значну роль у складних колоїдних системах, де може виконувати роль дисперсійного середовища, а також існувати у вигляді дисперсної фази.

У деяких технологічних процесах вода може виконувати роль ізолюючого матеріалу, що захищає окремі компоненти продуктів від контакту з повітрям, жирами, ферментами.

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);
- сублімації 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.

У вигляді пари молекула води має вигляд мономеру. У рідкому стані кожна молекула води тетраедрично координована з чотирма іншими молекулами води завдяки водневим зв'язкам. Енергія дисоціації водневого зв'язку 25 кДж/моль. При цьому, завдяки присутності в молекулі води двох донорів та двох акцепторів можлива асоціація в трьохмірну сітку, яка стабілізована водневими зв'язками. Здатність до трьохмірної асоціації пояснює особливі фізичні властивості води, що є незвичайними для малих молекул і відрізняються здатністю

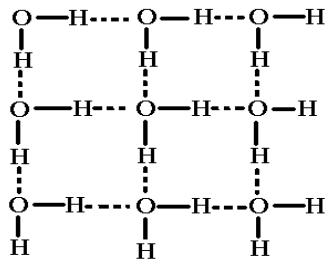


Рисунок 16 – Структура льоду в проекції на базову площину:

- внутрішні молекулярні зв'язки;
- - міжмолекулярні зв'язки

ністю утворювати лінійну двомірну асоціацію.

Особливістю структури молекул води, які роблять її в технологічних процесах універсальним розчинником, є здатність утворювати гідратований іон водню H₃O⁺ (іон гідроксонію) з виключно сильним водневим зв'язком (енергія дисоціації – 100 кДж/моль).

У твердому стані (лід) молекули води зв'язані між собою водневими зв'язками (рис. 16). За суттю лід – це полімер, в якому кожна молекула мо-

номеру зв'язана з чотирма іншими. Відстань між двома атомами кисню складає 0,276 нм. Кількість водневих зв'язків визначається температурою, тобто: за температури -183°С утворюються усі можливі зв'язки; за 0°С утворюються тільки 50% від можливої кількості зв'язків; за 100°С існують лише окремі зв'язки.

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, CH₄). І, навпаки, у рідкому стані вода поводить себе як мономер відносно величин в'язкості та коефіцієнта дифузії.

Так іони K⁺, Na⁺, Cl⁻ у розчинах зменшують кількість водневих зв'язків між молекулами води. Водночас вуглеводи (цукри) та деякі полярні групи білків їх збільшують. Речовини, що розчинені у воді, навіть у мінорних кількостях, істотно впливають на рівновагу залежно від «геометричної сумісності» водневих зв'язків (розчинника та розчиненої сировини). Так, сечовина руйнує водневі зв'язки, аміак не впливає на її структуру. Речовини, що мають у своїй моле-

кулярній структурі декілька різних функціональних груп (амінокислоти, жири, білки) впливають на воду залежно від того, які групи вони містять. Стосовно харчових продуктів це має велике індивідуальне значення, яке на ряду з цим залежить від «ступеня сухості» (або навпаки, «ступеня вологості») продукту, де, залежно від цього, властивості води істотно змінюються.

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.

Зв'язана вода та гідратація – це поняття, які характеризують здатність води до асоціації різної сили з гідрофільними речовинами. Сила зв'язку залежить від таких факторів, як характеристика неводного компонента, рН, склад і концентрація речовин у розчині, температура.

Зв'язана вода завжди існує поблизу розчиненого неводного компонента. Вона має знижену молекулярну рухомість та інші властивості, що притаманні вільній воді (не може бути розчинником; не може в системі перемішуватися самостійно, а тільки разом з макромолекулами за певної швидкості седиментації, в'язкості, дифузії). Вона не замерзає навіть за температури -40°C . За структурою вода зв'язана відрізняється від води вільної.

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. Наведені характеристики дуже важливі для таких процесів технології продуктів харчування як варка, варка в атмосфері пару, припускання, бланшування, тушкування, стерилізація, дегідратація, концентрація, заморожування тощо.

Інша група властивостей води пов'язана зі здатністю розчинника, а саме: діелектрична постійна величина, дипольний момент, поверхневий натяг.

Вода може брати участь в різних реакціях і бути не лише середовищем для них. У технології це стосується реакцій хімічного та ферментативного гідролізу речовин. Вода за внесення до неї різних речовин у стані розчину може змінювати свої властивості.

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.

Важливо підкреслити, що, по-перше, ці властивості залежать від концентрації, а не від природи розчинених речовин і, по-друге, виявляються вони поки ці речовини лишаються нелеткими.

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.

Отже зменшується площа випарювання i , відповідно, швидкість випарювання розчинника, а конденсація залишається на тому ж рівні. Якщо 1% молекул у розчині належить розчиненій нелетких речовині, тиск пари буде складати лише 99% тиску пари чистого розчинника, що стверджується **законом Рауля**:

$$P_B = X_B \cdot \dot{P}_B \quad (1)$$

Зниження тиску пари розчинника визначається рівнянням

$$\Delta P = \dot{P}_B - P_B = (1 - X_B) \cdot \dot{P}_B = X_A \cdot \dot{P}_B, \quad (2)$$

Таким чином, очевидно, що зміна тиску пари пропорційна кількості розчиненої речовини та не залежить від її природи.

Вплив нелеткої розчиненої речовини на тиск пари рідини наведено на рис. 17 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.

Підвищення температури кипіння розчинника. Оскільки в харчових технологіях вода майже завжди використовується у вигляді розчину (бульйон, відвар, настій, розчин), то це колігативне явище завжди має практичне значення. Це, також проявляється під час сушіння харчових продуктів.

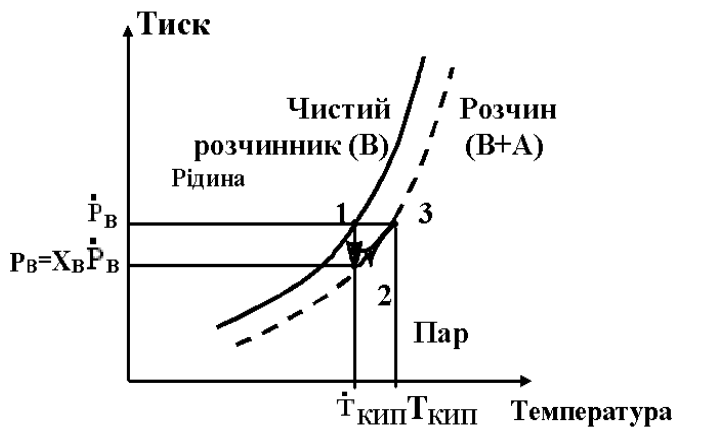


Рисунок 17 – Вплив розчинної речовини на рівновагу системи рідина – пар для розчинника

до розчинення (цукор, сіль), то мольна частка розчинника B знизиться від 1 до X_B , при цьому тиск пари розчинника B знизиться від \dot{P}_B до $P_B = X_B \cdot \dot{P}_B$ (точка 2). Цей тиск менший за атмосферний, тому розчин за температури $\dot{T}_{\text{кип}}$ вже не кипить. Щоб примусити його кипіти, треба підвищити температуру за штриховою лінією від точки 2 до точки 3, де тиск пари знову дорівнюватиме атмосферному.

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.

Припустимо, що \dot{P}_B дорівнює тиску атмосфери, тоді $\dot{T}_{\text{кип}}$ є температурою кипіння розчинника, тобто рідини B (точка 1). Якщо до розчинника додати речовину A яка здатна

За кожної температури тиск пари зменшується і складає $(X_A - y)$ – частку початкової величини. Температура кипіння розчину ($T_{\text{кип}}$) вища за температуру кипіння чистого розчинника ($\dot{T}_{\text{кип}}$).

Для розведених розчинів температура кипіння прямо пропорційна молярності m_A речовини **A**, тобто числу молів речовини **A** на 1 кг розчинника:

$$\Delta T_{\text{кип}} = T_{\text{кип}} - \dot{T}_{\text{кип}} = K_{\text{кип}} \cdot m_A, \quad (3)$$

де $K_{\text{кип}}$ – молярна константа підвищення температури кипіння розчинника.

$K_{\text{кип}}$ розчинника **B** залежить тільки від властивостей розчинника, його нормальної температури кипіння ($T_{\text{кип}}$), молярної маси (M_B), теплоти випарювання $\Delta H_{\text{вип}}$ розчинника **B**, і ні якою мірою не залежить від властивостей розчинної речовини **A**, яка викликає зміну температури кипіння:

$$K_{\text{кип}} = \frac{R \cdot \dot{T}_{\text{кип}} \cdot 2M_B}{1000 \Delta H_{\text{вип}}} \quad (4)$$

Зниження температури замерзання розчинів пояснюється за аналогією під час підвищення температури кипіння.

На рис. 18 схематично зображено поведінку чистого розчинника **B** у рівновазі з чистою кристалічною речовиною **B** (рис. 18, а).

Підкреслимо, що молярна вільна енергія речовини в обох фазах однакова, тобто можливий як перехід розчину в кристалічний стан так і перехід з кристалічного стану в рідкий. Але, якщо розчинник розвести деякою кількістю речовини **A**, то вже не кожна молекула рідкої фази, яка б'ється об тверду фазу розчину **B** може добудувувати кристал. При цьому швидкість переходу речовини **B** з твердої фази у рідку речовини **B** залишається незмінною. Тобто кристал зменшується в розмірі – «плавиться» (рис. 18, б).

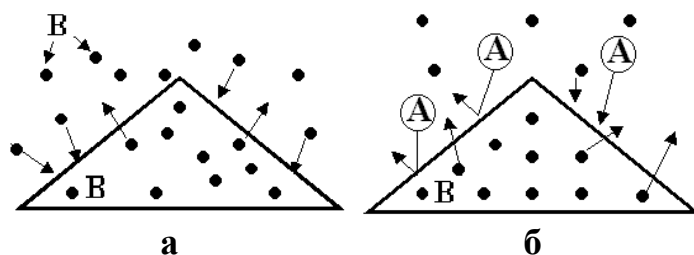


Рисунок 18 – Зниження температури замерзання розчинів: а – рівновага між рідкою та твердою фазами розчинника; б – зміна рівноваги за додавання речовини **A**

Вільна енергія переходу речовини **B** з однієї фази в іншу виявляється за величиною нижчою для рідини, ніж для кристалу, а рівновага зміщується в бік плавлення. Частина кристалічної речовини повинна розплавитися (або розчинитися) у рідині. Ось чому за умов додавання цукру, солі в рідину (наприклад приготування суміші для морозива, розсолу для консервації овочів) температура замерзання її знижується, а за попадання солі на крижинки вона плавиться. Для досягнення рівноваги між кристалічною твердою речовиною та рідким розчином необхідно знизити температуру так, щоб здатність переходити в іншу фазу у меншого числа молекул **B** у розчині знову не зрівнялася б з тією, що вона була у більшого числа молекул **B** початкової чистої рідини.

За нової температури замерзання в розчині молекул речовини **B** є менше ніж у чистій речовині **B**, які б'ються об поверхню кристалічної речовини. Рухаючись зі значно меншою швидкістю, вони мають більшу вірогідність бути захопленими поверхнею твердої речовини.

Зниження температури замерзання розчину описується рівнянням

$$\Delta T_{пл} = T_{пл} - \dot{T}_{пл} = - K_{пл} \cdot m_A, \quad (5)$$

де $\dot{T}_{пл}$ – температура плавлення (замерзання) чистого розчинника **B**; $T_{пл}$ – температура плавлення (замерзання) розчину чистого розчинника **B**; m_A – молярність розчиненої речовини; $K_{пл}$ – молярна константа зниження температури плавлення, або кристалічна константа, що визначається за формулою:

$$K_{пл} = \frac{RT_{пл}^2 M_B}{1000 \Delta H_{пл}}, \quad (6)$$

де $\Delta H_{пл}$ – теплота плавлення розчинника; $T_{пл}$ – нормальна температура плавлення розчинника; M_B – молекулярна маса розчинника.

Зміна колігативних властивостей розчину, таким чином, прямо залежить від кількості розчиненої речовини.

Утворення осмотичного тиску за роботи в напівпроникних мембранах.

Сировина та продукти утримують багатокомпонентну за складом і станом домішок рідину, що переміщується як за технологічних втручань так і довільно під час зберігання завдяки наявності мембран.

Оскільки склад рідини постійно змінюється, а вона в масі продукту майже не знаходиться в стані термодинамічної рівноваги, виникає різниця тисків, що зумовлює її переміщення.

Осмотичний тиск виникає за наявності напівпроникних мембран. Саме вони за рахунок розмірів отворів здатні пропускати воду та затримувати розчинені речовини з більшою молекулярною масою. Завдяки цьому виникає позитивна різниця між кількістю тих молекул води, які виходять за межі мембрани та таких, що вертаються всередину неї (тому процесу регресії заважає розчинена речовина). Додатковий тиск (π), що є необхідним для відновлювання рівноваги, отримав назву *осмотичного тиску*.

Якщо зміни, що викликані розведенням розчинника і підвищенням тиску врівноважуються, то зникає результуюча здатність до просочування решти розчинника через мембрану і повинне виконуватися співвідношення за формулою:

$$\pi V = n_A \cdot RT \quad \text{або} \quad \pi = C_A \cdot RT, \quad (7)$$

де C_A – молярність розчиненої речовини, тобто число молів у 1 л розчину.

Процеси плавлення, випарювання та сублімування характеризуються відповідними змінами ентальпії та змінами упорядкування, або ентропії. При цьому завжди необхідна додаткова енергія, тому самочинно ці процеси не відбуваються. Ентропія за таких фазових переходів зростає.

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 вологовиділяючої здатності*. Співвідношення вільної та зв'язаної вологи часто є домінуючим показником, що характеризує технологічну, товарознавчу та мікробіологічну стабільність продуктів.

Одним з показників, який дозволяє оцінити стан води в продукті, її доступність є активність (a_w). Вона визначається за даної температури T_1 за умов рівноваги системи за формулою

$$a_w = \frac{P_w}{P_w^\bullet} \quad (8)$$

де, P_w – парціальний тиск пари води розчину або в продукті; P_w^\bullet – парціальний тиск пари води в повітрі за тієї ж температури.

Активність води (доступність молекул води) – це невиразна 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. З цього витікає, що активність води у будь-якому продукті завжди менша за одиницю. Це виходить з того, що присутні в харчовому продукті сухі речовини завжди частково зв'язують воду. При цьому зменшується здатність води до випарювання та до хімічних реакцій.

Іншими словами *активність води можна трактувати як відношення парціального тиску пари води над продуктом (P_w) до такого ж парціального тиску пари води (P_w^\bullet) над поверхнею води в закритому об'ємі в стані рівноваги за умови однакової температури (T_1).*

У стані рівноваги існує рівновага між активністю води розчину або продукту і відносним парціальним тиском пари води, який виділяється розчином або продуктом у закритому об'ємі, в атмосфері, що оточує розчин або продукт.

Більшість хімічних речовин та сполук, які входять до складу харчових продуктів, знижують активність води значно сильніше, ніж це передбачають теоретичні розрахунки за законом Рауля.

Така «неідеальна» поведінка пояснюється багатьма факторами: сильною асоціацією між молекулами води та речовинами, що в ній розчинені; дисоціацією розчинених електролітів, яка не була врахована під час розрахунків; наявністю води різної за структурою і т.ін.

У зв'язку з цим потрібно констатувати, що теоретично активність води не залежить від температури, але залежить від природи розчиненої речовини. У практичній діяльності та експерименті активність розчинів завжди залежить від

температури, про що буде йти нижче.

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 проліновими 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.

Активність води під час заморожування

Дуже багато технологічних процесів пов'язано таким або іншим чином з заморожуванням. Це стосується зберігання харчових продуктів, виготовлення деяких видів продукції, наприклад, м'яса, морозива, ягід, фруктів та овочів і т.ін.

У цьому випадку, якщо виконується заморожування будь-якого розведеного розчину (цитоплазма овочів та фруктів, рідка компонента вакуолей і т.ін.), активність води залишкової водної фази, яка не замерзла, залежить від температури, а не від початкової концентрації розчину. Ця залежність виникає з початкової стадії заморожування, що підтверджено експериментально. Пояснюється це самою динамікою заморожування. Оскільки за тепловіддачі, яка супроводжує заморожуванням першим, вимерзає розчинник (у харчових продуктах це вода) з утворенням кристалів чистого розчинника, то в залишковій невимерзлій фазі кількість сухої розчиненої речовини (сольвату) концентрується все більше та більше. За умов постійного тиску пари над льодом, згідно з рівнянням Клайперона, активність води залежить тільки від температури.

Ізотерма абсорбції

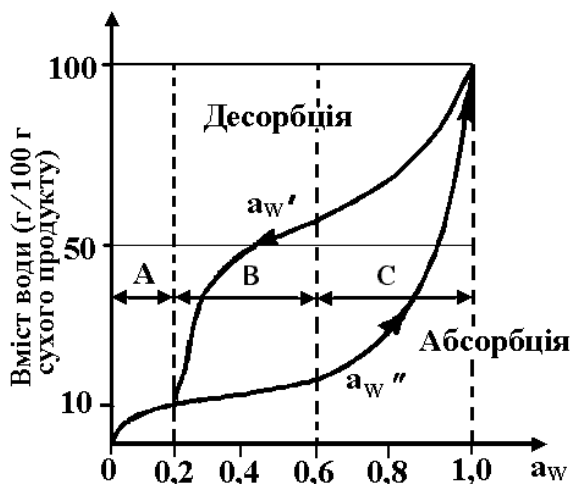


Рисунок 19 – Теоретична інтерпретація ізотерм сорбції

Ізотерма абсорбції (десорбції) – це крива, яка відображує 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.

Інформація, яку надають ізотерми, дуже корисна для характеристики процесів концентрування та дегідратації (тобто простота або важкість видалення води пов'язана з її активністю), а також для оцінки стабільності властивостей харчового продукту.

Ізотерми сорбції зображено на рис. 19, вісь ординат показує вміст води на кожні 100 г сухого продукту, а по осі абсцис можна визначити активність води в продукті, або (що одне й теж саме), відносну вологість над продуктом, за умов досягнення стану рівноваги за температури, що задана. Як видно із графіка адсорбція та десорбція утворюють петлю гістерезису.

Величина петлі гістерезису, нахил кривих, точка початку та кінця петлі, – індивідуальні для кожного продукту та залежать від температури, швидкості десорбції.

Як правило ділянка петлі – ізотерма абсорбції (десорбції), важлива для розуміння та вивчення процесів, що тривають під час зберігання продукту (через його гігроскопічність), а десорбції – для сушіння. Петля гістерезису утворюється завдяки відставанню фаз ізотерм абсорбції та десорбції. Ізотерму десорбції для багатьох продуктів не може бути пояснено ізотермою абсорбції. Теоретично вони повинні збігатися, а практично утворюють петлю.

Відмічено, що найбільший незбіг характерний для середніх значень ізотерми, де вода знаходиться в стані *слабко зв'язаному*. І хоч точного виміру величини, яка б визначила стан води саме як слабко зв'язаний нема, відомо, що таке явище і така поведінка кривих характерні для всіх видів сировини та харчових продуктів.

Конденсація водяної пари у порах тканин також є причиною гістерезису.

Диференціація парціального тиску залежить, з одного боку, від діаметра пор, а з другого – від кута змочування (тобто від поверхневого натягу води). Кут змочування рідина – тверде тіло (сухі речовини харчового продукту) більший, якщо вода змочує суху поверхню (адсорбція), ніж тоді, коли рідина видаляється з вологої поверхні (десорбція). З урахуванням того, що структура більшості продуктів капілярно-пориста, більші за діаметром пори можуть бути всередині продукту та всі вони реально з'єднані між собою, необхідний більш високий парціальний тиск, щоб їх наповнити порівняно з тиском, що необхідний задля їх випорожнення. І дійсно, за десорбції капіляр звільнюється від води тільки тоді, коли парціальний тиск знижується до значення, яке відповідає діаметру пори.

Явище перенасичення цукрів у розчинах може вичерпно пояснити частину гістерезису, який спостерігається у фруктах та бобових, де містяться переважно вуглеводи. У дійсності a_w швидко знижується за дегідратації тому що цукри не випадають в осад, а утворюють перенасичений розчин. І навпаки, під час зволоження цукор розчиняється лише тоді, коли вміст води досягає певної концентрації. Цим же пояснюється і утворення більш концентрованих розчинів (за сухим залишком) з одночасним розчиненням цукру та продуктів інверсії, що призводить до інтенсивного зв'язування води.

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. 2.15), то сектор **A**, який лежить у межах значень активності води $0 < a_w < 0,2 \div 0,3$ відповідає стану *міцно зв'язаної* води.

Згідно з існуючими теоріями у межах визначених величин a_w вода є невід'ємним елементом харчової системи. На продукті вона сорбована у вигляді мономолекулярного шару, утворює кристалогідрати з солями та цукрами. Вона також зв'язана з активними групами складових речовин харчового продукту – NH_3^+ , COO^- – протеїнів; $-\text{OH}$ – крохмалю, цукрів. Інколи таку воду називають молекулярно зв'язаною, або іонно зв'язаною. Така вода може утримуватися і дисульфідними містками за рахунок нерівномірності розподілення загальної

пари електронів – $S^{\delta+} : S^{\delta-}$. У загальному вигляді ця вода нерухома та утримується за рахунок вода-іон та вода-диполь взаємодій.

Енергія абсорбції мономолекулярного шару складає 1...15 ккал/моль, що є значним енергетичним бар'єром, який не дозволяє видалити воду звичайними методами сушіння. Слід підкреслити, що така вода ще й не вимерзає за температури нижче -40°C під час заморожування. Вона не є розчинником або реагентом у хімічних реакціях та біологічних процесах, не може мігрувати на поверхню продукту, не впливає на пластичні властивості сухої речовини. Тобто така вода є структурним компонентом сухого залишку продукту, його складовою частиною. На межі зони **A–B** вода утворює мономолекулярний шар.

Вода, що абсорбована речовинами продукту в кількостях більших за утворення мономолекулярного шару, може бути від нього відокремлена і зв'язана з продуктом більше або менше сильно (сектор **B** ділянки ізотерми рис. 2.15). Вода в зоні **B** утворює мультишари на поверхнях і утримується за рахунок вода-вода-водневих зв'язків. Ця вода також не замерзає за температури -40°C , але вона вже розчиняє сухі речовини та сприяє їх набряканню. Вона по суті є розчинником і містить велику кількість розчинених сполук: білків, вітамінів, пігментів, мінеральних речовин. Властивості її підпорядковуються закону Рауля, утримуються в продуктах за рахунок їх пористості, утворюючи, таким чином, *капілярно зв'язану воду*.

Конденсація пари в порах зменшується зі зменшенням як парціального тиску так і за одночасного зменшення діаметра пор. Завдяки цьому можна визначити і загальну пористість продукту та розподілення пор за діаметрами. З'ясовано, що близько 3% води знаходиться в порах з діаметром 10^{-6} см, а це відповідає величині активності води $a_w = 0,9$.

Вода в зоні **A** і **B** може складати до 5...8% маси повторно висушеного продукту і за експериментальними даними складає (%): для сухого та сухого знежиреного молока 2,0 і 3...6 – відповідно; для сухої картоплі – 5...8; для сухої яловичини – 4...6.

Праворуч ізотерми (від сектора **A** (рис. 19)) мова йде про воду, яка виявляє свої звичайні властивості та може виконувати роль розчинника, реагенту, не зважаючи на низькі значення активності, наприклад 0,2...0,3. Ось чому за до-

помогою показника a_w дуже важко чітко давати визначення води як слабо зв'язана, зв'язана або вільна, тому що її активність (власні властивості) дуже близька до вільної води.

Вода в зоні С складає більше 92% загального вмісту. Вона слабо зв'язана, практично вільна, і утримується завдяки фізичному зв'язку. Ця вода за властивостями характеризується як практично чиста вода. Вона замерзає, є розчинником, доступна для протікання хімічних та біологічних реакцій, є середовищем для життя та розвитку мікроорганізмів.

Важливо підкреслити та розуміти також, що в технологічних процесах вода *слабко зв'язана* і вода *вільна* дуже швидко міняються місцями під дією технологічних факторів таких, як зміна рН, введення солей, вплив денатурації. Ось чому більшість авторів вважають, що крім здатності до випаровування не існує значної різниці між водою вільною та слабо зв'язаною. Але технологам харчових виробництв не слід автоматично переносити *властивості води, як такої, однозначно на властивості продуктів*, хоча б тому, що властивості продуктів, наприклад, м'яса, риби, овочів, суттєво змінюються зі зміною частки *вільної або зв'язаної* води.

Вільна вода міститься в переважній більшості свіжих продуктів та продукції закладів ресторанного господарства. Активність води a_w завжди наближається за ізотермою до максимуму, коли продукт містить води більше як за 30% від маси. Це типово для більшості нежирних продуктів та кулінарних виробів.

Вода, яка за положенням на ізотермі характеризується, як вільна ніколи спонтанно не видалиться з тканин продуктів, якщо тільки вони не зазнали технологічного впливу. Ця вода завдяки структурі тканин та здатності утворювати водневі зв'язки завжди пов'язана з сухими речовинами продукту. Крім того вона може бути іммобілізована (вмонтована) в продукт за рахунок мембран, утворюючи цитоплазму, або утримуватися у вакуолях чи у міжклітинному просторі. Сили, що її утримують, залежать від індивідуальних властивостей продуктів і можуть корегуватися різними технологічними впливами та факторами. Вочевидь це виявляється під час набрякання харчових гелів, пектинів, крохмалів, гідроколідів. Наглядним прикладом здатності утримувати воду та її вплив на ніжність, текстурність, соковитість є м'ясо теплокровних тварин. Консистенція його переважно залежить від вологоутримуючої здатності (ВУЗ), тобто кількості *зв'язаної вологи*.

4. Класифікація та характеристика форм і типів зв'язку води з харчовими речовинами

З технологічної точки зору крім загальної вологоємності харчового продукту дуже важливо знати, за якими закономірностями та завдяки яким силам вода утримується в складі харчових продуктів. З сучасної точки зору це неможливо охарактеризувати у відриві від складу та структури («скелету») сухої речовини продукту.

За класифікацією П.О. Ребіндера та А.В. Попова харчові продукти за структурою поділяються на колоїдні, капілярно-пористі та капілярно-пористі колоїдні. Більшість вологих харчових продуктів належить до капілярно-пористих колоїдних тіл.

Волога, яка входить до складу харчового продукту істотно впливає на структурно-механічні, фізичні та технологічні його характеристики.

Капілярно-пористі харчові продукти під час втрати вологи можуть набути властивостей крихкого матеріалу, який погано деформується, не стискається, але за певних умов здатний перетворитися в порошкоподібний стан (крихкий гель).

Колоїдні тіла під час висушування зменшують свої фізичні розміри, зберігаючи при цьому еластичність.

Капілярно-пористі колоїдні тіла мають властивості та ознаки перших двох.

За товарознавчо-технологічною характеристикою харчових продуктів типовим є віднесення води за формою зв'язку зі «скелетом» харчового продукту до вільної та зв'язаної. При цьому не аналізується характер сил взаємодії з сухим матеріалом, які дозволяють охарактеризувати воду саме як зв'язану. Найбільш повно можна класифікувати форму зв'язку води з сухим матеріалом розраховуючи за формулою 2.9. За суттю це є робота з ізотермічного обезводнення 1 моля води без зміни складу сухої речовини за даної вологості. Ця робота за величиною дорівнює величині вільної енергії зв'язку «вода–речовина» як:

$$\Delta F = A = -RT \ln \frac{P}{P^*} = -RT \ln a_w \quad (9)$$

де ΔF – зменшення вільної енергії (за постійної температури); R – універсальна газова постійна; A – робота з відриву 1 моля води від сухого «скелета» матеріалу (без зміни складу); P – тиск водяної пари в системі харчового продукту; P^* – тиск насиченої водяної пари чистої води; φ – відносна вологість; a_w – активність води.

З рівняння стає зрозумілим: якщо в продукті є вільна волога, то зі збільшенням її від P до P^* і A прямує до 0. Але з мірою видалення вільної вологи сила зв'язку її з сухим матеріалом збільшується та сила зв'язку вологи (F) зростає.

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.

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 видалається тільки під час прокалювання.

Хімічно зв'язана вода під час сушіння не видалається. У розрахунках під час визначення сухих речовин її не враховують.

Абсорбційно зв'язана волога відноситься до фізико-хімічної форми зв'язку та утворюється за рахунок виникнення поверхневих ефектів. Ці ефекти виникають на межі розділу фаз (наприклад, тверда речовина – повітря), де завжди порушена рівновага порівняно з матеріалом усередині зразка за рахунок

різної щільності. При цьому вони утворюють поверхневий шар, який суттєво впливає на якість і стан усього продукту.

Особливо це відчутно у висушених подрібнених порошкоподібних продуктах, де з урахуванням ступеня дисперсності виникає велика поверхня розділу. Під впливом надлишкової вільної енергії проходить адсорбція молекул навколишнього середовища – повітря та водяної пари, яка переходить в адсорбцію поглинання та проникнення в середину об'єму, що може перетворитися в хемосорбцію, тобто хімічну взаємодію (якщо, наприклад, до складу продукту входять гідрофільні компоненти, а навколишнє середовище є «агресивним» у відношенні до його складових).

Абсорбційно зв'язана вода на поверхні продукту може утворювати моно- та полімолекулярні водні шари, які за силою по-різному зв'язані з сухим скелетом.

Осмотично зв'язана вода відноситься до фізико-хімічно зв'язаної. Це вода набрякання та вода іммобілізована всередину колоїдних оболонок. Вона утворюється при наявності в продукті напівпроникних мембран. Енергія зв'язку осмотично-зв'язаної води розраховується за такою формулою:

$$F_{осм} = - RT \ln n_o , \quad (10)$$

де n_o – молярна доля води у розчині, яка розраховується як $n_o = 1 - n$, а n – молярна частка розчиненої речовини.

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). З попаданням води на поверхню продукту вона його змочує. Величина змочування залежить від багатьох факторів, у тому числі й від розміру капілярів. Розрізняють мікрокапіляри ($r < 10^{-7}$ м) та макрокапіляри ($r > 10^{-7}$ м). Волога в макрокапілярах за станом зв'язку класифікується як вільна окрім абсорбційно зв'язаного мономолекулярного шару. У мікрокапілярах спостерігається капілярна конденсація парів повітря. Така вода має температуру замерзання нижче 0°C . Це свідчить про те, що вода за станом є зв'язаною. Під час сушіння така вода видаляється шляхом випарування.

5. Властивості та форми зв'язку води в рослинних тканинах

Вода, яка знаходиться в складі рослинної тканини майже завжди визначає товарознавчо-технологічні властивості сировини та впливає як на характер технологічного процесу, так і на його параметри. Це визначається як біологічною організацією рослинної харчової сировини, часткою її їстівної частини, так і станом сухого залишку.

За властивостями сухі речовини, які є структурними елементами тканини, розподіляються на нерозчинні (протопектин, клітковина, геміцелюлоза, крохмаль, ліпіди, деякі фарбувальні, азотисті, мінеральні речовини, вітаміни) та розчинні у воді (органічні речовини: вуглеводи, багатоатомні спирти, пентозани, пектини, кислоти, азотисті речовини (у вигляді білків), амідів амінокислот, аміачних сполук, нітрати, ферменти, поліфеноли, фарбувальні речовини, неорганічні речовини).

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 зовні 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.

6. 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. М'ясо відносять до продуктів з високим вмістом 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, має значно нижчу температуру замерзання, менший парціальний тиск парів, не здатна виступати розчинником. Вона має міцний зв'язок електростатичної природи з групами білкових молекул, що здатні до дисоціації карбоксильними, гідроксильними, сульфгідрильними, аміногрупами. Вона також зв'язана водневими зв'язками з недисоційованими полярними групами (карбок-

сильними та аміногрупами пептидних зв'язків) та формує мономолекулярний шар на їх поверхні.

Імобілізована 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. Вона має “льодоподібну” структуру, відрізняючись від гідратаційної тим, що значною мірою залежить від стосунків між самими білковими молекулами. Її кількість зумовлена просторовою структурою білків, яка, в свою чергу, може змінюватися в значних межах. Асоціація білків зменшує частку іммобілізованої вологи, а руйнування асоціатів, наприклад, актоміозинового комплексу, збільшує її частину.

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.

Для м'яса, як показник, що характеризує стан та міцність взаємодії тканин та води, використовують так звану водоутримуючу (вологоутримуючу) здатність. Він за фізичною суттю показує частку зв'язаної вологи в загальній кількості води. М'ясо, що за товарознавчо-технологічними та фізико-хімічними показниками характеризується вищим значенням ВУЗ, є найкращим для отримання якісної готової кулінарної продукції. Зменшення гідратації білків за рахунок зниження рН від 6,8 до 5,7÷5,8, що в окремому випадку спостерігається з розпадом АТФ та одночасно асоціації білків в комплекси, пояснює суттєве погіршення якості м'ясної сировини в стані посмертного задубіння.

Вода в тканинах гідробіонтів. Як правило, тканини гідробіонтів порівняно з тканинами м'язів теплокровних тварин більш зволожена. Вміст вологи змінюється як у різних видів риб, так і в середині одного виду. Залежить це від статі, віку, нагулу риби.

Вміст вологи може змінюватися від 52% (мінога) до 92 (синя зубатка).

У тканинах риб вода розподілена нерівномірно: 70...75% усієї води входить до складу плазми, а залишок до інших складових, у тому числі до сполучної тканини. Сполучно-жирова тканина характеризується вмістом від 2 до 25% води. Під час охолодження гідробіонтів до температур нижчих за криоскопічну (-4...-5 °С) 80...83% загального вмісту води перетворюється на лід. За температури -20 °С викристалізується до 95% усієї води.

У тканинах риби вода входить до складу колоїдних (головним чином білкових) систем і складає 80...90% загальної кількості. Форма зв'язків води при цьому може бути різною, тому що гідрофільність білків суттєво залежить від ступеня їх денатурації та конформації. Більша частина води колоїдних систем відноситься до вільної тому і характеризується звичайними фізико-хімічними характеристиками: температурою замерзання, здатністю виконувати функцію розчинника. Не маючи міцного зв'язку з білками, вона може бути достатньо легко відокремлена з тканин риби механічним пресуванням.

Вільну воду розподіляють на *воду змочування* мікрокапілярів та макрокапілярів.

Вода змочування утримується на поверхні риби за рахунок поверхневого натягу, тобто вона має дуже слабкий зв'язок. Її кількість становить 0,5...7,0%

маси риби залежно від ступеня подрібнення. Вода змочування має дуже велике значення для багатьох технологічних операцій – панірування, в'ялення, копчення. Тому багато технологій передбачає допоміжні операції. Метою їх є обсушування шматків або тушок риби.

Оскільки мускульна та інші види тканин риби за структурою характеризуються як капілярно-пористі тіла, то вони і містять у собі капілярну воду. Вона достатньо міцно зв'язана в тканинах, утворюючи розчин мінеральних та органічних сполук.

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).

Межу між зв'язаною та вільною водою встановити дуже важко, тому що під впливом різних факторів товщина водних оболонок міцел білків може змінюватися. Це є причиною перерозподілу вільної та зв'язаної вологи.

Установлено, що в м'ясі нежирних риб на частку зв'язаної вологи приходить до 7,2% від загального вмісту. Із загальної кількості води 40...45% утримується за рахунок капілярних сил; 45...55% за рахунок осмотичних сил; частка води змочування складає 0,8...2,5%; частка зв'язаної складає 6,5...7,5%.

6. 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 варення 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. За цих причин у молоці гірше розварюються крупи, кулінарна готовність яких пов'язана з деструкцією протопектину за рахунок руйнування його сольових місточків.

Молоко має всі форми зв'язку вологи з речовиною.

Найбільш міцно зв'язана вода, яка входить до складу молочного цукру $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$. Вона видаляється лише за нагрівання до 125...130°C.

Фізико-хімічний зв'язок характеризується середньою міцністю та утворюється за рахунок притягання диполів води полярними групами молекул білків, фосфоліпідів, олігосахаридів. За надлишком води та залежно від стану білка, вона здатна до утворення багатошарової гідратної водної оболонки навколо груп -ОН, COOH, -CO-NH-, NH₂-, -SH.

Вода механічно-зв'язана має властивості вільної води і утримується комітками та капілярами структури.

У капілярно-пористих молочних продуктах, таких як сухе молоко, казеїн, сир – вода заповнює макро- та мікрокапіляри, а також утримується поверхнею продукту (вода змочування). Ця вода дуже слабо зв'язана з продуктом, тому легко висушується та вимерзає.

У кефірі, ряжанці, кислому молоці, вільна вода за умов утворення згустку заповнює внутрішні об'єми структурованих систем і механічно утримується в них. Вона легко видаляється з цих продуктів під час нагрівання за рахунок коагуляції згустку.

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.
 6. Стан та властивості води в харчових продуктах. Активність води.
 7. Властивості та форми зв'язку води в рослинних тканинах
 8. Вода в тканинах теплокровних тварин та в тканинах гідробіонтів.
 9. Вода в молоці та молочних продуктах
 10. Активність води та реакції, що викликають псування продуктів, у тому числі дегідратованих
 11. Класифікація та характеристика форм і типів зв'язку води з харчовими речовинами. Властивості та форми зв'язку води в харчових продуктах.
 12. Роль води у формуванні якості харчових продуктів. Участь води у хімічних, біохімічних та мікробіологічних процесах. Вимоги до води питної в харчовій промисловості.

ЛЕКЦІЯ 1.6 ВІТАМІНИ ТА МІНЕРАЛЬНІ РЕЧОВИНИ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

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: [1, 2]

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.

Недостатність вітамінів виникає за рахунок їх низького вмісту в харчовому раціоні, через тривале або неправильне зберігання, нераціональну кулінарну обробку, дію антивітамінних факторів, порушення балансу хімічного складу раціонів та оптимальних співвідношень між вітамінами та іншими харчовими речовинами та між окремими вітамінами.

Важливе значення вітамінів пояснюється, перш за все, тим, що багато з них у сполученні з білками утворюють ферменти. Таким чином, відсутність або недостатній вміст у організмі людини вітамінів може призупинити або затримати утворення найважливіших для організму ферментів та викликати порушення нормального ходу обміну речовин.

Підвищена потреба у вітамінах виникає за деяких фізіологічних станів організму (інтенсивний ріст, вагітність, лактація), деяких кліматичних умов, інтенсивного фізичного або нервово-психологічного навантаження, стресових станів, при інфекційних захворюваннях, інтоксикаціях, захворюваннях внутрішніх органів. 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.

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 (табл. 20).

Ряд вітамінів представлений не однією, а декількома сполуками, що виявляють біологічну активність, наприклад, в групі вітамінів D розрізняють вітаміни D₂, D₃.

У ряді продуктів містяться провітаміни, тобто з'єднання, з яких в організмі утворюються вітаміни. До них відносяться каротини, що розщеплюються в

ряді тканин з утворенням ретинолу (вітамін А), деякі стерини (ергостерини, 7-дегідрохолестерин і ін.), що перетворюються у вітамін D під впливом ультрафіолетових променів.

Таблиця 20 – 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)	Ліпоєва кислота
	Біотин (вітамін Н)	Карнітин (вітамін В _т)
	Біофлавоноїди (вітамін Р)	Параамінобензойна кислота (вітамін Н ₁)

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 D, тому що вони можуть руйнуватися в процесі технологічної обробки і збереження. Крім того, має значення зміна асортименту продуктів (плодів, овочів, ягід), що у ці сезони стає значно менш різноманітним, важливу роль також відіграє світлове голодування.

Всі вітаміни виконують захисну роль в організмі людини, але механізм участі в цих процесах специфічний для кожного вітаміну.

Група **водорозчинних** вітамінів поєднує вітаміни групи В, С, Р, РР.

Велика група водорозчинних вітамінів представлена вітамінами групи В (13 найменувань). Для цих вітамінів характерні наступні особливості: майже усі вони містяться в печінці, дріжджах, висівках; більшість вітамінів цієї групи необхідні для нормальної діяльності нервової, системи, шкіри, шлунково-кишкового тракту.

Головна властивість вітамінів групи В – нейротропність (що важливо враховувати в харчуванні людей, які постійно відчувають нервові переванта-

ження (соціально-економічні проблеми, зниження життєвого рівня, прискорений ритм життя, величезний потік інформації тощо).

Майже усі вітаміни даної групи володіють ліпотропною дією, тобто підсилюють окислювання жирів, протидіють нагромадженню холестерола, поліпшують знешкоджуючу функцію печінки.

Група **жиророзчинних** вітамінів поєднує вітаміни: ретинол, кальцифероли, токофероли, філлохінони.

Для засвоєння жиророзчинних вітамінів необхідна визначена кількість жиру. Жиророзчинні вітаміни можуть накопичуватися в тканинах організму, синтезуватися зі з'єднань, близьких до них за будовою. Наприклад, кальциферол утворюється в шкірі з ліпідів тіла (7-дегідрохолестерол) під дією сонячних чи променів світла; філлохінони – у кишечнику за участі деяких мікроорганізмів, вітамін А – із провітамінів β -каротину, що надходять з рослинною їжею, і каротиноїдів.

Деякі вітаміни (пантотенова, ліпоєва, фолієва кислоти, біотин, токофероли й ін.) широко поширені в продуктах харчування, тому здорова людина при правильному харчуванні не відчуває в них недостачі. Мікрофлора, що знаходиться в товстій кишці, синтезує ряд вітамінів, що використовуються організмом: філлохінон, фолієву кислоту, піридоксин. При зміні складу мікрофлори, що зумовлюється незбалансованим харчуванням, різними захворюваннями товстої кишки чи прийомом ліків, що придушують життєдіяльність мікроорганізмів, розвиваються відповідні гіповітамінози.

До групи **вітаміноподібних з'єднань** відносяться холін, інозит, вітамін U, ліполева кислота, оротова кислота, пангамова кислота, вітамін U, карнітин параамінобензойна кислота (вітамін H1), що володіють вітамінною активністю, частково синтезуються в організмі людини та іноді входять до складу тканин.

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. Так, наприклад, вітамін PP є коферментом дегідрогеназ, що здійснюють перший етап окислення білків, жирів, вуглеводів; вітамін B₁ входить до складу активної групи ферменту, що каталізує розщеплення одного з центральних проміжних продуктів обміну речовин – піровиноградної кислоти; вітамін B₁₂ відіграє значну роль у процесах синтезу білків. Тому недолік вітамінів у їжі чи порушення їх асиміляції негативно позначаються на багатьох фундаментальних процесах обміну речовин.

Вітаміни здійснюють захисну дію, нейтралізуючи вплив різних негативних факторів. У здорових людей вони підвищують стійкість до холоду, інфекційних хвороб, фізичних перевантажень, додають сил. У хворих вітаміни сприяють нормалізації обміну, поліпшують ефект лікувальних засобів, нейтралізують побічну дію лікарських препаратів, зменшують наслідки опромінення.

За відсутності в продуктах харчування одного чи декількох вітамінів розвивається вітамінна недостатність двох ступенів: *авітаміноз* і *гіповітаміноз*.

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. Гіповітамінози частіше зустрічаються наприкінці зими, ранньою весною, коли надходження вітамінів з їжею дуже обмежене, оскільки вони руйнуються в процесі збереження продуктів харчування. Розрізняють *первинні* і *вторинні* гіповітамінози.

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. Це може бути пов'язане з порушенням функції шлунково-кишкового тракту, ускладненням чи збільшенням евакуації з нього. При інфекційних захворюваннях підвищується потреба у вітамінах внаслідок їх витрати в процесі утворення антитіл. Лікування лікарськими препаратами (зокрема, антибіотиками) може збільшувати потребу у вітамінах у результаті їх підвищеного виділення з організму чи порушенням синтезу в товстому кишечнику.

За надлишковому надходженні вітамінів вони, як правило, виводяться з організму через нирки із сечею. У деяких випадках їх вміст підвищується і розвивається **гіпервітаміноз**, що 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

Всі вітаміни, що беруть участь у різнобічних процесах життєдіяльності організму, перебувають у постійному найтіснішому зв'язку, як між собою, так і з іншими складовими частинами харчового раціону. Кожний вітамін виявляє свою профілактичну дію тільки у випадку повноцінного харчового раціону, тобто різноманітного харчування.

Зменшення кількості вітамінів у продуктах має місце за умов неправильного зберігання сировини та напівфабрикатів, при порушенні технологічного процесу їх кулінарної обробки, а також при неправильному зберіганні готової продукції.

Варто пам'ятати, що промислова й кулінарна обробка харчових продуктів часто приводить до значних втрат та руйнування вітамінів. Тому в харчовому раціоні повинні обов'язково присутні натуральні продукти: молоко, овочі, фрукти та ягоди, нерафінована рослинна олія, хліб з борошна грубого помелу.

Важливе значення у раціоні має вміст повноцінного білка, без якого вітаміни не можуть виявляти свою профілактичну та лікувальну дію.

Вітаміни різних груп характеризуються різною стійкістю до технологічного впливу: механічної обробки, температури та тривалості термообробки, дії кислот та солей, опромінювання тощо.

Вітамін С чутливий до тепла, світлу й кисню. Він може частково або повністю руйнуватися в продуктах у результаті тривалого зберігання або приготування кулінарної продукції. При відщипленні водню від аскорбінової кислоти утворюється дегідроаскорбінова кислота (ДАК), яка при відновленні перетворюється в аскорбінову. Цей процес відбувається в тонкій кишці, печінці й інших тканинах. Однак ДАК ще менш стійка, ніж аскорбінова кислота, і поза організмом навіть без кисню незворотно руйнується, перетворюючись на щавлеву кислоту, воду і CO_2 . Тому утворення ДАК приводить до втрати С-вітамінної активності в продуктах, якщо вони вживаються не відразу після утворення окисленої аскорбінової кислоти.

У рослинних продуктах міститься фермент аскорбатоксидаза, що каталізує утворення ДАК. Цей фермент вивільняється при порушенні цілісності клітин (наприклад, при подрібненні капусти, при жуванні). Але ДАК, що утворюється при жуванні рослинних продуктів, використовується організмом, оскільки відразу надходить до кишечника, де відновлюється в аскорбінову кислоту. Аскорбатоксидаза неактивна в кислому середовищі, тому при шинковці капусти ніж потрібно змазувати лимонною кислотою або для ізоляції від кисню рослинною олією. Під час теплової обробки овочів їх треба занурювати в киплячу воду, що містить менше кисню, ніж холодна. Захищає вітамін С від руйнування крохмаль.

Внаслідок високої здатності вітаміну С до окислення порушення технології кулінарної обробки продуктів можуть привести до повного руйнування вітаміну. При збереженні готових страв у гарячому вигляді вітамін С також швидко руйнується. Зниженню його вмісту в їжі сприяє і повторне нагрівання. В середньому, після кулінарної обробки продуктів залишається близько 30% вихідної кількості вітаміну С.

Вітамін В₁ нестабільний при нагріванні у лужних середовищах – швидко руйнується за 80...100°C (наприклад, при випічці хліба з додаванням карбонату чи амонійгідрокарбонату натрію), але у кислому середовищі витримує нагрівання до температури 130...140°C. Також тіамін чутливий до впливу кисню й радіації. Близько 25% тіаміну, що міститься в харчових продуктах, втрачається в ході технологічного процесу: значна частина тіаміну втрачається разом з рідиною при розморожуванні м'яса або переходить до відварів.

Для збереження тіаміну продукти варто готувати в закритому посуді протягом як можна більше короткого часу, їх також не слід вимочувати або занадто довго піддавати нагріванню. Вода, що використовується при готуванні, повинна бути повторно використана як основа для соусів. Для підвищення вітамінної цінності блюд, що пропонують у закладах ресторанного господарства, рекомендується використовувати овочеві відвари, збагачені дріжджами, соєвим борошном, сухим молоком, зародками злаків.

Розвитку недостатності вітаміну В₁ сприяють антивітамінні фактори, що присутні у харчових продуктах, зокрема, тіаминази, які містяться в м'ясі і внутрішніх органах прісноводних і морських риб. Антивітамінною активністю во-

лодіють й деякі рослинні продукти – чай, кава, брюссельська капуста, чорниця і чорна смородина.

Вітамін В₂ легко руйнується при кип'ятінні в нейтральних і лужних розчинах. Він дуже чутливий до світла, ультрафіолетових променів, тому стерилізація продуктів опроміненням може привести до руйнування рибофлавіну. При тривалому харчуванні рослинними продуктами (особливо рафінованими) підсилюється виведення вітаміну В₂ з організму.

Вітамін В₆ відносно стабільний при нагріванні, але чутливий до окислення і розкладається під впливом ультрафіолетового світла, а також у лужних середовищах. Заморожування овочів приводить до втрати до 25% пиридоксина, при перемелі зернових втрачається до 90% вітаміну, при жаюванні та копченні втрати досягають 50%.

Вітамін В₁₂ втрачає свою активність під впливом світла, кисню та у сильно кислих або лужних середовищах. Вітамін В₁₂ термостабільний, його втрати в ході технологічного процесу (близько 70%) більшою мірою пов'язані з видаленням його разом з м'ясними соками й водою, ніж з його деградацією.

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 хитлива до дії високих температур і руйнується при стерилізації і тривалій кулінарній обробці, руйнуванню пантотенової кислоти сприяють також кисле й лужне середовища.

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 (наприклад, вершкового масла, маргарину, кулінарних жирів) може зруйнувати жиророзчинні вітаміни, включаючи вітамін А. Присутність антиоксидантів, наприклад, вітаміну Е, сприяє захисту вітаміну А. За умов правильної кулінарної обробки без доступу кисню повітря (варіння з закритою кришкою) зберігається близько 70% вітаміну 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. Зневоднення овочів і фруктів може значно знизити біологічну активність каротиноїдів. З іншого боку, каротиноїди зберігають свою стабільність у заморожених продуктах.

Вітамін D легко піддається впливу окислювачів і мінеральних кислот, але відносно стійкий до впливу температури та практично не руйнується при кулінарній обробці харчових продуктів.

Токоферолі достатньо стійкі до впливу температури, майже не руйнуються при кулінарній обробці харчових продуктів. Для засвоєння токоферолів

організмом людини неохідна наявність в їжі жирів. Світло та кисень можуть виступати руйнуючими факторами вітаміну Е при тривалому зберіганні харчових продуктів.

Вітамін К нестійкий при нагріванні в лужному середовищі та під час опроміювання.

Оскільки більшість вітамінів чутлива до технологічного впливу під час кулінарної обробки харчових продуктів необхідно суворо дотримуватись технологічних параметрів та режимів з метою запобігання руйнуванню вітамінів.

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**.

Вітамінізація за останні роки отримує все більш широке застосування в різних галузях харчової промисловості. Для вітамінізації використовують як традиційні харчові продукти, наприклад, перець (вітамінні концентрати з якого використовують для збагачення овочевих і рибних консервів вітаміном С), так й деякі відходи харчових виробництв, наприклад, зародок зерна, який відділяється в процесі його помелу і використовується для вітамінізації хліба. Цінною сировиною для збагачення харчових продуктів вітамінами є дикорослі рослини, наприклад, шипшина (використовується для вітамінізації кондитерських виробів), вміст вітаміну С в плодах якої складає від 200 до 14000 мг %. Окрім шипшини, багатим джерелом вітаміну С слугують лісова горобина – 60...100 мг %, калина – 48 мг %, барбарис – 164 мг %, кизил – 50мг %, обліпіха – 121 мг %, незрілі плоди грецького горіху – 2000 мг %.

Сьогодні також існує велика кількість нехарчової рослинної сировини, яка може стати невичерпаним джерелом для збагачення вітамінами С та А харчових продуктів та сировиною для виробництва вітамінних препаратів: хвоя, трави – люцерна, клівер, кропива, листя буряка та моркви, листя берези, каштана, смородини, вишні, акації тощо.

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.

При виробництві вітамінізованих кондитерських виробів необхідно враховувати всі умови, що можуть негативно впливати на аскорбінову кислоту, і вітамінний препарат вводити в кінці технологічного процесу.

Вітамінізовані кондитерські вироби добре зберігають свою активність. Особливо добре зберігається вітамін С в кондитерських виробих з щільною, наприклад, шоколадною глазур'ю. В останні роки для вітамінізації кондитерських виробів широко використовують синтетичні вітаміни.

Збагачення хліба й хлібобулочних виробів дріжджами, екстрактами зародків пшениці, хлібних висівок дозволяє підвищити вміст у цих виробих вітамінів групи В, зокрема тіаміну.

Збагачення харчових продуктів вітамінів здійснюється також шляхом використання вітамінних препаратів.

Вітамінні препарати залежно від властивостей і зручності вживання випускаються в різному виді: порошках, таблетках, драже, концентратах, у водних, спиртових, спиртоцукрових, масляних, сиропоподібних розчинах.

Найпоширенішими вітамінними препаратами є концентрати вітаміну А та D (здебільшого отримують з печінки гідробіонтів), порошки та пігулки з вітамінами С, В₁, РР.

Вітамін А та β-каротин використовують для збагачення маргарину, молочних продуктів, фруктових напоїв, заправок для салатів, сумішей для випічних продуктів, морозива. У складі харчових продуктів вітамін А виконує також роль барвника.

Вітамін В₁ використовують під час виробництва борошна, злакових, макаронних виробів та круп.

Вітамін В₁₂ широко застосовується для вітамінізації круп, напоїв та дієтичних харчових продуктів.

Вітаміном В₂ частко збагачують борошно та крупи з метою компенсації його втрати при переробці цих продуктів, також його використовують для вітамінізації молочних та дієтичних продуктів.

Біотин вводять до складу молочних сумішей та інших продуктів для дитячого харчування, також біотин слугує стимулятором росту хлібопекарних ждріжджів й тому його вводять до середовищ, які використовують для ферментації дріжджів.

Вітамін Е завдяки своїм антиоксидантним властивостям знайшов широке використання для стабілізації харчових масел, жирів й жиромісних продуктів.

Пантотенова кислота часто використовується у виробництві злаків, напоїв, дієтичних продуктів та у дитячому харчуванні.

5. Мінеральні речовини. Загальна характеристика та класифікація

Мінеральні речовини відіграють значну роль у організмі людини. Мінеральні речовини містяться у протоплазмі і біологічних рідинах, відіграють основну роль у забезпеченні сталості осмотичного тиску, що є необхідною умовою для нормальної життєдіяльності клітин і тканин. Вони входять до складу складних органічних сполук (наприклад гемоглобіну, гормонів, ферментів), є пластичним матеріалом для побудови кісткової і зубної тканини. У виді іонів

мінеральні речовини беруть участь у передачі нервових імпульсів, забезпечують згортання крові й інші фізіологічні процеси організму.

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. Вони містяться в кількостях, вимірюваних сотнями і десятками міліграмів на 100 г тканин чи харчового продукту.

Мікроелементами вважають елементи, масова частка яких в організмі складає 10^{-3} - $10^{-5}\%$. 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 надлишку порушується нормальна життєдіяльність організму.

Ультрамикроелементами вважають елементи, масова частка яких в організмі нижче $10^{-5}\%$.

Розподіл мікроелементів в організмі залежить від їх хімічних властивостей і є дуже різноманітним. Залізо, наприклад, є складовою частиною гемоглобіну, міоглобіну й інших дихальних пігментів, тобто речовин, що беруть участь у поглинанні і транспорті кисню в усі тканини організму; атоми міді входять в активний центр ряду ферментів тощо. Дія мікроелементів може бути й опосередкованою – через вплив на інтенсивність чи характер обміну речовин. Так, деякі мікроелементи (наприклад, марганець, цинк, йод) впливають на ріст, і їх недостатнє надходження в організм із їжею гальмує нормальний фізичний розвиток дитини. Інші мікроелементи (наприклад, молібден, мідь, марганець) беруть участь у репродуктивній функції, і їх недолік в організмі негативно впливає на цю сторону життєдіяльності людини.

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.

Найбільш розповсюдженим наслідком невідповідності в раціоні кількості кальцію і фосфору є карієс зубів, розрідження кісткової тканини. За умов надлишку фтору в питній воді руйнується зубна емаль, дефіцит йоду в їжі та воді приводить до захворювань щитовидної залози. Таким чином, мінеральні речовини дуже важливі для усунення й профілактики ряду захворювань.

До причин порушення обміну мінеральних речовин, навіть за умов їх достатньої кількості в їжі, відносяться:

- незбалансоване харчування (недостатня чи надлишкова кількість білків, жирів, вуглеводів, вітамінів і ін.);
- застосування методів кулінарної обробки харчових продуктів, що викликають втрати мінеральних речовин, наприклад, при розморожуванні (у гарячій воді) м'яса, риби, чи при видаленні відварів овочів і фруктів, до яких переходять розчинні солі мінеральних речовин;

– відсутність своєчасної корекції харчових раціонів при зміні потреби організму в мінеральних речовинах, зв'язаної з фізіологічними причинами. Так, наприклад, у людей, що працюють в умовах підвищеної температури зовнішнього середовища, збільшується потреба в калії, натрії, хлорі й інших мінеральних речовинах у зв'язку з тим, що велика їх частина виводиться з організму з потом;

– порушення процесу всмоктування мінеральних речовин у шлунково-кишковому тракці чи підвищення втрат рідини (наприклад, крововтрати).

6. Значення у харчуванні, фізіологічне та технологічне значення мінеральних речовин

Мінеральні речовини знаходяться як в сировині рослинного, так і тваринного походження. Більшість з них здійснюють каталітичний вплив на біохімічні процеси, деякі мікроелементи є невід'ємною складовою частиною ферментів, вітамінів, гормонів, і без них не виявляється дія пов'язаних з ними регуляторів процесів життєдіяльності. Також мінеральні речовини входять до складу азотистих та безазотистих органомінеральних комплексів. Живий організм в процесі обміну речовин безперервно втрачає мінеральні речовини, зокрема мікроелементи, і тому потребує їх щоденного поповнення.

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. Асиміляція кальцію тканинами залежить не тільки від вмісту його в продуктах, але і від співвідношення його з іншими компонентами їжі і, у першу чергу, з жирами, магнієм, фосфором, білками. За надлишку жирів виникає конкуренція за жовчні кислоти і значна частина кальцію виводиться з організму через товстий кишечник. На усмоктування кальцію негативно позначається надлишок магнію, (оптимальне співвідношення Ca:Mg=1:0,5).

Рекомендоване співвідношення кальцію і фосфору в їжі 1:1,5. Складність дотримання такого співвідношення зумовлена тим, що більшість харчових продуктів значно більше містять фосфору, ніж кальцію. Негативний вплив на засвоєння кальцію виявляє фітин і щавлева кислота, що містяться в ряді рослинних продуктів та утворюють з кальцієм нерозчинні солі.

Добова потреба в кальції дорослої людини складає 800 мг, дітей і підлітків – 1000 мг і більш.

За недостатнього споживання кальцію чи порушенні його усмоктування в організмі (за недоліку вітаміну D) розвивається стан кальцієвого дефіциту, спостерігається підвищене виведення його з кісток і зубів, у дорослих розвивається остеопороз – демінералізація кісткової тканини, у дітей розвивається рахіт.

Найкращими джерелами кальцію є молоко і молочні продукти, різні сири (100...1000 мг%), зелена цибуля, петрушка, квасоля.

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.

Засвоєнню магнію заважають наявність фітину і надлишок жирів і кальцію в харчових продуктах. Добова потреба в магнії становить близько 200...300 мг. За недоліку магнію порушується засвоєння їжі, затримується ріст, у стінках судин відкладається кальцій, розвивається ряд інших патологічних явищ.

Джерелом магнію, головним чином, слугують рослинні продукти – пшеничні висівки, різні крупи (40...200 мг%), бобові, курага, чорнослив.

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.

Калій добре всмоктується з кишечника, а його надлишок швидко віддаляється з організму із сечею. Добова потреба в калії дорослої людини складає 2000...4000 мг. Калій не є дефіцитним нутрієнтом у харчуванні, і при різноманітному харчуванні недостатність калію не виникає.

Багатими джерелами калію є урюк, чорнослив, ізюм, шпинат, морська капуста, квасоля, горох, картопля, інші овочі і плоди (100...600 мг%).

Натрій міститься у всіх тканинах і біологічних рідинах організму. Він 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.

Іони натрію викликають набрякання колоїдів тканин, що зумовлює затримку води в організмі і протидіє її виділенню. Рівень натрію в позаклітинній рідині ретельно підтримується нирками під впливом ендокринних, серцево-судинних і автономних регуляторних механізмів. Загальна кількість натрію в позаклітинній рідині визначає обсяг цих рідин.

В основному іони натрію надходять в організм за рахунок кухонної солі (NaCl). За надлишку солі у харчовому раціоні погіршується видалення розчинних у воді кінцевих продуктів обміну речовин через нирки, шкіру й інші видільні органи. Затримка води в організмі ускладнює діяльність серцево-судинної системи, сприяє підвищенню кров'яного тиску. Тому споживання солі при відповідних захворюваннях обмежене.

Фосфор входить до складу всіх тканин організму, особливо м'язів і мозку. Цей елемент бере участь у всіх процесах життєдіяльності організму: синтезі і розщепленні речовин у клітках, регуляції обміну речовин, входить до складу нуклеїнових кислот і ряду ферментів, необхідний для утворення АТФ.

У тканинах організму і харчових продуктах фосфор міститься у виді фосфорної кислоти і її органічних сполук (фосфатів). Основна його маса знаходиться в кістковій тканині у виді фосфорнокислого кальцію, інший фосфор входить до складу м'яких тканин і рідин. У м'язах відбувається найбільш інтенсивний обмін сполук фосфору. Фосфорна кислота бере участь у побудові молекул багатьох ферментів, нуклеїнових кислот і т.д.

При тривалому дефіциті фосфору в харчуванні організм використовує власний фосфор з кісткової тканини. Це приводить до демінералізації кісток і порушення їх структури – розрідження. При збідненні організму фосфором

знижується розумова і фізична працездатність, відзначається втрата апетиту, апатія.

Добова потреба у фосфорі для дорослих складає 1200 мг, вона зростає при великих фізичних чи розумових навантаженнях, при деяких захворюваннях.

Велика кількість фосфору міститься в продуктах тваринного походження, особливо в печінці, ікрі, а також у складі круп і бобових (100...500 мг%).

Сірка входить до складу білків у виді сірковмісних амінокислот (метіоніну і цистеїну), а також є складовою частиною деяких гормонів і вітамінів.

Як компонент сірковмісних амінокислот сірка бере участь у процесах білкового обміну, причому потреба в ній різко зростає в період вагітності і росту організму, що супроводжуються активним включенням білків у тканини, що утворюються, а також при запальних процесах. Сірковмісні амінокислоти, особливо в сполученні з вітамінами С та Е, виявляють виражену антиоксидантну дію. Поряд з цинком і кремнієм сірка визначає функціональний стан волосся і шкіри.

Вміст сірки звичайно пропорційний вмісту білків у харчових продуктах, тому її більше у складі тваринних продуктів, ніж рослинних. Добова потреба у сірці складає 400...600 мг та задовольняється звичайним добовим раціоном.

Хлор бере участь в утворенні шлункового соку, формуванні плазми, активує ряд ферментів, легко всмоктується з кишечника в кров. Цікава здатність хлору відкладатися в шкірі, затримуватися в організмі за надлишкового надходження, виділятися з потом у значних кількостях.

Порушення в обміні хлору ведуть до розвитку набряків, недостатньої секреції шлункового соку тощо. Різке зменшення вмісту хлору в організмі може привести до важкого стану, включно до смертельного результату. Підвищення його концентрації в крові настає при зневодненні організму, а також при порушенні видільної функції нирок.

Добова потреба в хлорі складає приблизно 5000 мг. Хлор надходить в організм людини в основному у виді кухонної солі.

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.

Асиміляції заліза перешкоджає щавлева кислота і фітин. Для засвоєння цього нутрієнту необхідний вітамін В₁₂. Засвоєнню заліза сприяє також аскорбінова кислота, оскільки залізо всмоктується у виді двовалентного іона.

Недолік заліза в організмі може привести до розвитку анемії, порушуються газообмін, клітинний подих. Розвитку залізодефіцитних станів сприяють: недостатнє надходження в організм заліза в засвоюваній формі, зниження секреторної активності шлунка, дефіцит вітамінів (особливо В₁₂, фолієвої і аскорбінової кислот) і ряд захворювань, що викликають крововтрати.

Потреба дорослої людини в залізі (14 мг/добу) з надлишком задовольняється звичайним харчовим раціоном. Варто врахувати, що зернові продукти, багаті фосфатами і фітином, утворюють із залізом важкорозчинні сполуки і знижують його асиміляцію організмом.

Залізо міститься у субпродуктах, м'ясі, яйцях, квасолі, овочах, ягодах. Однак у легко засвоюваній формі залізо міститься тільки в м'ясних продуктах, печінці (до 2000 мг/%), яєчному жовтку.

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. Звичайно мідь з'єднана з білками: гемокупреном в еритроцитах і церулоплазмином у плазмі крові, у яких мідь є невід'ємною частиною їхньої структури.

Мідь широко поширена в харчових продуктах. Добова потреба в цьому елементі складає близько 2 мг. Джерелами міді є такі харчові продукти, як печінка, яєчний жовток, зелені овочі.

Йод є необхідним елементом, що бере участь в утворенні гормону тироксину. За недостатності йоду розвивається зобна хвороба – захворювання щитовидної залози.

Добова потреба в йоді коливається в межах 100...150 мкг. Вміст йоду в харчових продуктах звичайно невеликий (4...15 мкг%). Найбільш багаті йодом морепродукти. Для попередження зобної хвороби додають у поварену сіль невелику кількість йодиду калію (25 мг на 1 кг солі). Термін збереження йодованої солі складає не більш 6 місяців, оскільки при зберіганні солі йод поступово втрачається.

Фтор необхідний для нормального стану зубної емалі. Фтор, що споживається з водою, майже цілком всмоктується в організмі, з їжі фтор всмоктується у меншому ступені. У високих дозах фтор може викликати порушення вуглеводного, ліпідного, білкового обміну, а також метаболізму вітамінів, ферментів і мінеральних солей.

Для профілактики і лікування карієсу зубів використовують різні зубні пасти, порошки, еліксири, жувальні гумки тощо, що містять фтор, головним чином, у неорганічній формі.

Хром – необхідний для глюкозного і ліпідного обміну, а також для утилізації амінокислот, має важливе значення для профілактики легких форм діабету й атеросклерозу в людини.

Хром усмоктується як зі шлунково-кишкового тракту, так і з дихальних шляхів. Тривалентний хром є есенціальною формою елемента для людини, шестивалентний хром — токсичний. Хром розподіляється по тканинах організму людини в однакових, але звичайно низьких концентраціях. Гомеостатичні механізми, включаючи механізми транспорту в печінці і кишечнику, перешкоджають надлишковому нагромадженню тривалентного хрому. Хром повільно виводиться з організму, головним чином із сечею.

Добова потреба у хромі складає близько 150 мг, особливо він корисний людям похилого віку, організм яких погано засвоює вуглеводи, а хром підсилює процеси обміну саме цих сполук. Виявлено, що сполуки хрому полегшують проникнення глюкози через мембрану усередину клітин. Неорганічний хром погано засвоюється, набагато легше – в органічних сполуках.

Продукти харчування значно варіюються за рівнем вмісту хрому, що лежить у діапазоні від 20 до 550 мкг/кг. Багатими джерелами хрому є пивні дріжджі, печінка (10...80 мкг/100 г).

Марганець є необхідним елементом для людини, але з усього марганцю, що потрапляє до організму, всмоктується лише близько 3%. 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.

Основними шляхами усмоктування марганцю є дихальний і шлунково-кишковий тракти. Усмоктування марганцю тісно пов'язано з засвоєнням заліза. Анемія веде до підвищення усмоктування, як заліза, так і марганцю. Виведення марганцю з організму відбувається частково за рахунок секреції підшлункової залози, а також безпосередньо через кишкову стінку. Дуже невелика кількість марганцю виводиться із сечею.

Добова потреба в марганці складає 0,2...0,3 мг на 1 кг ваги людини. Більше всього марганцю міститься в журавлині та чаї, небагато менше в каштанах, какао, овочах, фруктах (100...200 мкг/100 г).

Нікель виконує роль у якості кофермента в процесах метаболізму заліза. При цьому збільшення надходження в організм заліза супроводжується збільшенням потреби в харчовому нікелі. Крім того, нікель сприяє засвоєнню міді (ще одного незамінного для кровотворення елемента).

Нікель присутній у більшості харчових продуктів, однак у концентраціях нижче 1 мг/кг. Надходження нікелю з їжею, варіюється від 200 до 900 мкг/добу. У винах і пиві вміст нікелю дорівнює, відповідно, 100 і 50 мкг/л.

Цинк як кофермент бере участь у широкому спектрі реакцій біосинтезу білка і метаболізму нуклеїнових кислот (включаючи процеси реплікації ДНК і транскрипції), що забезпечують, у першу чергу, ріст і полове дозрівання організму. Цинк поряд з марганцем, є специфічним мікроелементом, що впливає на стан полові функції, а саме на активність деяких полових гормонів, сперматогенез, розвиток чоловічих полових залоз і вторинних полових ознак. Крім того, встановлена роль цинку в запобіганні гіпертрофічних процесів у предстательній залозі.

Цинк разом із сіркою бере участь у процесах росту і відновлення шкіри і волосся. Поряд з марганцем і міддю цинк у значній мірі забезпечує сприйняття смакових і нюхових відчуттів. Цинк як незамінний компонент входить до складу молекули інсуліну, причому рівень його виявляється зниженим у хворих цукровим діабетом. Дуже важливо, що даний мікроелемент є коферментом алкоголь-дегідрогенази, що забезпечує метаболізм етилового спирту. Цинк бере участь в порфіриновому обміні, тісно зв'язаному з процесами кровотворення, є необхідним (поряд з вітаміном С) для активації фолієвої кислоти зі зв'язаної форми. Цинк як кофермент сприяє вивільненню вітаміну А з печінкового «депо», а також є необхідним для трансформації ретинолу у ретинол, що бере участь в утворенні зорового пігменту сітківки. Разом з вітаміном В₆ цинк забезпечує метаболізм ненасичених жирних кислот і синтез простагландинів.

Цинк важливий для процесів травлення і засвоєння харчових речовин. Так, цинк забезпечує синтез найважливіших травних ферментів у підшлунковій залозі, а також бере участь в утворенні хіломікронів – транспортних частинок, у складі яких харчові жири можуть всмоктуватися в кров.

Цинк поряд з вітамінами групи В є важливим регулятором функцій нервової системи. В умовах дефіциту цинку можуть виникати емоційні розлади, емоційна нестійкість, дратівливість.

Середньодобове надходження цинку в організм здорової людини складає 12 мг, середньодобове надходження з питною водою не перевищує 400 мкг. Найбільш багаті цинком м'ясні (20...60 мкг/кг) і молочні (3...5 мг/кг) продукти, хоча важливим його джерелом є також крупи і горіхи.

Селен є необхідним для активації одного з ключових ферментів антиоксидантної системи організму – глутатіонпероксидази. Цей фермент запобігає активації перекісного окислювання ліпідів мембран – процесу, що викликає порушення структурної і функціональної цілісності мембран кліток, сприяє підвищенню проникності і зниженню стійкості клітинних структур до шкідливих впливів. Особливо страждає за недоліку селену серцево-судинна система, що виявляється прогресуючим атеросклерозом і слабкістю серцевого м'яза, а в умовах хронічного дефіциту селену може розвиватися практично невиліковна кардіоміопатія. Селен є необхідним коферментом йодпероксидази – основного ферменту синтезу гормонів щитовидної залози, тобто дефіцит селену може значною мірою збільшувати прояву йодної недостатності, а призначення препаратів одного тільки йоду може бути малоефективним. Антиоксидантна активність при спільному застосуванні вітаміну Е та селену різко зростає.

Надходження селену з їжею залежить від умов і характеру споживання їжі і рівня вмісту селену у харчових продуктах. Зерно та зернові продукти, м'ясо (особливо субпродукти), морепродукти містять істотні кількості селену, що звичайно набагато перевищують 0,2 мг/кг у перерахуванні на сиру масу.

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, сірчані мостики тощо, і тим самим впливають на просторову конформацію макромолекул, структурні характеристики сировини, її реакцію на зовнішній вплив, функціональні властивості деяких сполук. Наприклад, гідрофільні властивості фосфоліпідів мають місце завдяки присутності залишку ортофосфорної кислоти, утворення -S-S- містків в молекулі білку, яке можливе завдяки наявності сірковмісних амінокислот, визначає просторову конформацію білкових молекул.

Достатньо велике значення мають властивості мінеральних елементів й під час здійснення ферментативних процесів. Наприклад HS-групи у складі ферментів можуть являти собою реактивні частини. Також такі елементи як залізо, кальцій, молібден, цинк і інші можуть являти собою коферментну частину, без якої реалізація функціональних можливостей ферменту не можлива.

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 еле-

ктрон, він може утворювати три форми міоглобіну: міоглобін, оксиміоглобін та метміоглобін. Міоглобін, який надає м'ясу пурпурово-червоне забарвлення, легко окислюється і утворює оксиміоглобін MgO рожево-червоного кольору. За певних умов (тривалий вплив повітря, нагрівання) відбувається більш глибоке окислення, яке супроводжується переходом заліза гема з двовалентного у тривалентний. Метміоглобін $MetMg$, що утворюється при цьому, має коричнево-сіре забарвлення. Наявність та якісне співвідношення різних форм міоглобіну визначає інтенсивність і характер забарвлення м'яса і м'ясопродуктів.

Наглядним прикладом може бути також утворення в рослинній сировині протопектинового каркасу, якісні показники якого визначають структурно-механічні властивості сировини рослинного походження. І саме 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 казеїнофосфатного комплексу. Фосфат частково входить до складу казеїнокальційфосфатного комплексу, тобто до складу білкової частини. Технологія виробництва сирів заснована на тому, що пара- κ -казеїн легко зв'язується з іонами кальцію та переходить до нерозчинної форми. Казеїнові міцели втрачають електричний заряд, їх гідратна оболонка руйнується та відбувається коагуляція цих міцел. Саме за цих умов відбувається отримання сирного згустку.

Під час виробництва харчових продуктів мінеральні речовини можуть істотно впливати на ведення технологічного процесу. Частина їх може втрачатися, інша може переходити з іншої форми в другу тощо.

При переробці харчової сировини, як правило, відбувається зниження вмісту мінеральних речовин (крім додавання кухонної солі). У рослинних продуктах мінеральні речовини втрачаються з відходами. Так, вміст ряду макро- і особливо мікроелементів при одержанні крупи і борошна після обробки зерна знижується, оскільки в оболонках та зародках цих компонентів знаходиться значна кількість мінеральних речовин.

М'ясні, рибні продукти та птахопродукти в основному втрачають такі макроелементи, як кальцій і фосфор, при відділенні м'якоті від кісток.

При тепловій кулінарній обробці (варінні, жаренні, тушінні) м'ясо втрачає від 5 до 50% мінеральних речовин. В основному, втрати мінеральних речовин відбуваються через те, що при коагуляції білків виділяється досить велика кількість водної фази, в якій містяться розчинені мінеральні речовини, вітаміни тощо.

При зберіганні харчових продуктів в окремих випадках спостерігається зменшення доступності мінеральних речовин. Так, тепла обробка молока зумовлює частковий перехід казеїнокальційфосфатного комплексу в нерозчинну форму з утворенням осаду, який називають «молочний камінь». До його складу входять білки (51...56%), ліпіди (17...20%) і мінеральні речовини, в основному кальцій і фосфор (20...25%). Дана форма значно складніше перетравлюється організмом, одночасно доступність кальцію і фосфору значно падає.

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.

У харчовій промисловості також застосовуються з'єднання, що змінюють колір продукту в результаті взаємодії з компонентами сировини та готових продуктів.

Нітрат натрію й нітриту калію і натрію застосовують при обробці (посолі) м'яса і м'ясних продуктів для збереження червоного кольору. Міоглобін при взаємодії з нітритами утворює червоний нітрозоміоглобін, що додає м'ясним виробам червоного кольору. Аналогічну дію виявляють і нітрати, які за допомогою ферменту нітроредуктази, що виділяється мікроорганізмами, перетворюються на нітриту.

До *мінеральних консервантів* відносяться діоксид сірки, солі сірчистої кислоти, які виявляють виражену антибактеріальну дію. Ці речовини часто використовуються як проміжні консерванти при отриманні продуктів із фруктів та ягід, з наступним видаленням при нагріванні і вакуумуванні. Діоксид сірки, розчини H_2SO_3 широко використовуються як відбілювачі, а також гальмують ферментативне потемніння свіжих овочів, картоплі, фруктів, сповільнюють утворення меланоїдинів.

До *мінеральних каталізаторів* відносяться речовини, що різко змінюють швидкість реакцій. У присутності каталізаторів реакції можуть прискорюватися в тисячі разів та протікати за більш низьких температур, що економічно вигідно. Каталізаторами переважно виступають метали в чистому виді (нікель, кобальт, залізо, платина) і у виді оксидів чи солей (окис ванадію, окис алюмінію), з'єднання заліза, магнію, кальцію, міді і т.п.

Розрізняють гомогенний чи гетерогенний каталіз. У гетерогенному каталізі реагуючі речовини, як правило, знаходяться в рідкому чи газоподібному стані, а каталізатор – у твердому, при цьому реакція протікає на границі двох фаз, тобто на поверхні твердого каталізатора. Наприклад, каталітична реакція гідрування жирів – трифазна: каталізатор – металевий нікель утворює тверду фазу, водень – газоподібну, а жир – рідку (гетерогенний каталіз).

Гомогенні реакції часто каталізуються дією іонів H^+ і OH^- . До таких реакцій відносяться інверсія сахарози, гідроліз складних ефірів, у тому числі жирів. Іони металів каталізують реакції окислювання, гідролізу. Наприклад, мідь каталізує окислювання аскорбінової кислоти, тому устаткування для переробки плодів і овочів не можна виготовляти з міді та її сплавів. Окислення харчових жирів прискорюється під дією іонів міді, заліза, марганцю, тому жири не можна зберігати в металевій тарі.

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. Порошкоподібні харчові продукти (борошно, сухе молоко, цукрова пудра й ін.), як і інші порошки, є двофазними системами, у яких тверді частинки дисперсної фази розподілені в газовому дисперсійному середовищі й характеризуються високою міжфазною поверхнею.

В основі злежування і комкування порошоків лежать процеси структуроутворення, зумовлені мимовільним з'єднанням частинок дисперсної фази в просторові структури. Першою причиною злежування і комкування водорозчинних порошоків, наприклад цукрової пудри, є виникнення містків зрощення між частками порошку внаслідок його зволоження при тривалому зберіганні на повітрі, другою причиною є збільшення площі контакту між частками за рахунок пластичної деформації під дією маси шарів, що лежать вище. Злежування і комкування порошкоподібних харчових продуктів призводить до зниження сипкості і погіршення їх споживних властивостей.

Для забезпечення необхідної сипкості харчових порошоків протягом встановленого терміну зберігання до них вводять тверді високодисперсні нерозчинні у воді добавки, що поглинають вологу чи перешкоджають збільшенню площі контакту між частками. До добавок, що запобігають злежуванню, відносяться діоксид кремнію та солі кремнієвої кислоти, силікати калію, магнію, алюмосилікати, карбонати й фосфати кальцію, магнію.

Серед інших аспектів використання мінеральних добавок слід виділити наступні.

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. Збільшення гідратації білків м'яса при солінні відбувається також за рахунок іонів хлору, які розривають зв'язки між пептидними ланцюгами. Адсорбція білковими речовинами іонів хлору знижує ізоелектричну точку білків і збільшує значення рН середовища на 0,2...0,3 в нейтральний бік, що збільшує число полярних груп білків м'яса та кількість зв'язаних з ними молекул води. Чим ширший інтервал між рН середовища та ізоелектричною точкою білків м'яса, тим більша кількість гідрофільних груп і відповідно вища водозв'язуюча здатність.

При виробництві виробів з гелеподібною структурою на основі полісахаридних гелеутворювачів достатньо часто використовують солі модифікатори. Переважно – це солі лужних металів органічних та інших харчових слабких кислот, які мають буферну та модифікуючу дію (лактат натрію, ацетат та цитрат натрію тощо). Їх буферна дія дозволяє 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.

Таким чином, мінеральні речовини у складі харчових продуктів часто виступають факторами, які визначають окремі технологічні характеристики продукту, наприклад, структурні, гідрофільні чи гідрофобні властивості, відношення до впливу луг, кислот, високої температур тощо, що вимагає знати роль того чи іншого мінерального елемента у складі продукту для отримання можливості керувати технологічним процесом й виробництва кінцевого продукту високої якості.

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.*
7. *Використання мінеральних речовин у харчових технологіях*

МОДУЛЬ 2 КОЛІР, СМАК, ЗАПАХ ТА ТЕКСТУРА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

ЛЕКЦІЯ 2.1 КОЛІР ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

1. Відчуття кольору.

Рекомендована література для вивчення теми: [1, 3]

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. Як правило подразнення (стимул кольору) представляє собою відбите або передане харчовим об'єктом світло від направленого на харчовий об'єкт випромінювача.

Колір є важливим фактором у оцінці якості харчових продуктів і може відображати стадію та ступінь технологічного процесу, спосіб термічного впливу, обґрунтовану та необґрунтовану технологічні дії та параметри, ступінь зрілості продукту та обґрунтовані параметри його зберігання, наявність домішок та сторонніх речовин, якість фракціонування та однорідність маси, якість емульгування та ферментативного псування продукту, а також може виступати непрямим показником температури прогрівання та заморожування.

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.

Інженерів-технологів ресторанного господарства та харчових виробництв цікавить як колір харчових продуктів, так і використання різних за природою харчових натуральних та синтетичних барвників та вплив на них технологічних факторів. Необхідність використання барвників у технологічному процесі дуже багатофакторна, але у загальному плані продиктована або необхідністю нормалізації кольору з ціллю полегшити продаж продукції, або з ціллю скрити дефекти самого продукту та недоліки технологічного процесу.

На відміну від сенсорних відчуттів, завдяки фізичним методам та інструментам (фотометрів, колориметрів) вдається об'єднати, визначити, охарактеризувати і співставити колір продуктів. Але і за таких способів оцінки є багато труднощів. Як правило об'єктивно вимірюється колір розчинів, які є прозорі, не мутні і отримуються під час екстрагування із твердих речовин, у яких вимірюється *поглинання* або *пропускання*.

Коли іде мова про однорідно забарвлені матові поверхні (які не відсвічують і не дають бликів), або про поверхні, які не пропускають світло або не дозволяють йому проникнути, вимірюють *відбивання*.

За своєю будовою і фізичним станом харчові продукти і кулінарні вироби рідко відповідають приведеним моделям. Так нативне м'ясо, як і зерно злакових, зерна кави мають неоднорідний колір.

Подрібненням, гомогенізацією, просіюванням вдається отримати достатньо плоскі та однорідні поверхні, які піддаються вимірюванням.

Складність об'єктивного фізичного виміру пояснюється і тим, що багато харчових продуктів і їх сумішей непрозорі, але проникаючи для світлових променів, тоді шари продукту розташовані під поверхнею дифузно відбивають світло і дають похибки під час вимірювання *відбивання*. Таку похибку корегують за рахунок зменшення зони освітлення випромінюванням, а результати отри-

мують з більшої за площею відбиваючої поверхні у максимально тонкому шарі продукту, який розташовано або на абсолютно білому, або на абсолютно чорному фоні (метод Kubelka – Munk).

Колір будь-якого сенсора продукту або виробу, що аналізується, залежить від трьох основних факторів:

- від джерела, випромінюючого світло;
- від властивостей продукту, який поглинає, пропускає або відбиває світло;
- індивідуального зору експерта.

Якщо не розглядати ефекти флуоресценції та фосфоресценції, то випромінювання, яке надходить до зору спостерігача від продукту, який досліджується, не може перевершувати потужність випромінювача, але буде суттєво залежати як від самого джерела випромінювання та характеристики продукту. «Підсвітка» білим світлом буде давати меншу інтенсивність жовтого кольору апельсинів, ніж їх «підсвітка» жовтим кольором. Предмети та продукти, які поміщені у зону червоного світла «відсвічують» червоними тонами, не зважаючи на їх справжнє забарвлення під час денного освітлення. Тому під час організації освітлення вітрин, де зберігається м'ясо рекомендовано поряд з джерелами білого світла «підсвічувати» червоним світлом, у полі якого м'ясо буде здаватися більш червоним та «свіжим» на вигляд.

Харчові продукти є дуже складними фізичними системами. Світло, яке падає на продукт від джерела може поглинатися ним, або навпаки відбиватися (передаватися) частково, або повністю з різними за цими двома факторами варіантами. Але завдяки тому, що продукти мають у своєму складі пігменти та інші речовини, то частина відбитого (або переданого) світла може змінювати свої характеристики в залежності від довжини хвиль падаючого світла, оскільки поглинання світла пігментами змінюється залежно від довжини хвиль падаючого світла. Завдяки цьому харчові продукти за кольором можуть бути охарактеризовані спектром відбивання. У зв'язку з тим, що біле світло складне за своїм складом (складається із 7 монохроматичних кольорів), то спектр відбивання буде представляти собою, умовно, як енергію кожної довжини хвилі, з яких складається освітлення (що випромінює джерело освітлення).

Якщо продукт, який тестується є білим на колір, то він в ідеалі буде відбивати 100% падаючого на нього білого світла (насправді 100% відбивання не існує). І навпаки абсолютно чорне тіло (продукт) поглинає 100% (в ідеалі) біле світло і здається спостерігачам чорним. Продукт, який відбиває однакову кількість енергії усіх хвиль характеризується нами як сірий. Продукт, який відбиває падаюче біле світло за довжини хвилі від 500 до 600 нм здається нам зеленим.

Наприклад, випромінювання, відбите від трьох яблук з червоним, зеленим жовтим кольором буде відрізнятися для світла кожної довжини хвилі. Це пояснюється тим, що присутні у кожурі яблук відповідні пігменти поглинають світло у різних спектральних зонах.

З біологічної точки зору усі експерти, які мають нормальний зір, розрізняють кольори по-різному. Органи зору (очі) є аналізаторами, які збуджуються хвилями світлових променів у видимій області спектру (від 380 до 760 нм).

Існує два типи *зорових рецепторів* на сітчатці ока, які по-різному сприймають відображення і їх чутливість залежить від інтенсивності падаючого світла палочки та колбочки. Палочки чутливі до яскравості, але практично не розрізняють кольорів. Колбочки, несуть основну відповідальність за зір. Існує три типи колбочок, кожен із яких має специфічну чутливість до зеленого, червоного, синього кольору.

На зір також впливає психологічний фактор. З одного боку здатність пристосовуватися до світла та темряви міняють поріг чутливості. З іншого боку фактори контрастності або інтенсивності випромінювання також впливають на наше сприйняття кольорів. Наші досвід та пам'ять зору не дозволяють нам сприймати зміни, які викликані лише зміною освітленості або однорідності поверхні чи внутрішніх шарів об'єкту, як різницю в кольорі.

Запитання для самоперевірки:

1. *Характеристика кольору, смаку та запаху харчових продуктів.*
2. *Загальні проблеми формування кольору, смаку та запаху харчових продуктів.*

ЛЕКЦІЯ 2.2 СМАК ТА ЗАПАХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

1. Теоретичні аспекти сприйняття смаку та запаху – основних органолептичних показників якості продукції.

Рекомендована література для вивчення теми: [1, 2]

Ключові слова: колір, поглинання, пропускання, відбивання, зорові рецептори, смакові рецептори, нюхові рецептори, смак, запах, ключові речовини

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. Тобто смак їжі – це не тільки сигнал, що час пережарювати їжу, але й замовлення на склад шлункового соку. По-друге, смак використовується усвідомлено для отримання задоволення від їжі.

Людина здатна розрізняти чотири основних первинних смаки: *солодкий, солоний, гіркий і кислий* (рис. 20).

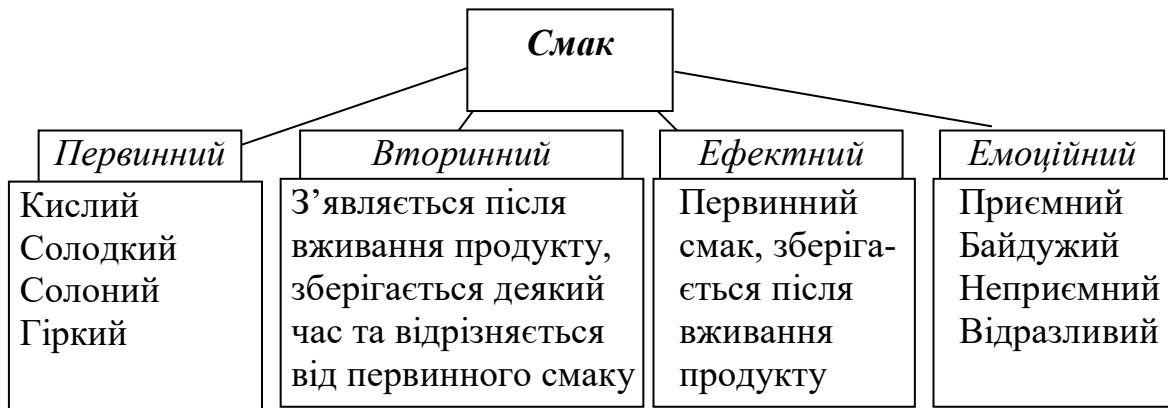


Рисунок 20 – Характеристика смаку продукту

Деякі дослідники вважають, що до числа первинних можуть бути віднесені й деякі інші смакові відчуття. Наприклад, металевий (*metallic*) смак, вапняковий (*chalky*) смак і смак «уамі» (*umami*), що є, на думку японських психофізиків, одним з первинних смаків. «Уамі» у приблизному перекладі з японського означає «чудовий смак» або «пікантність» і характеризує смак, властивий моноглутамату натрію, солі амінокислоти, який є модифікатором (підсилювачем) смаку. Існування усього лише чотирьох первинних смаків зовсім не означає, що ми здатні сприймати лише обмежений набір смакових відчуттів. Оскільки чотири первинних смаки є джерелами надзвичайно різноманітних і складних смакових відчуттів.

Різні речовини можуть володіти чистим або змішаним смаком. Смак всіх чисто гірких речовин сприймається людиною однаково. Так, розчини опію, стрихніну, морфію, хініну можуть відрізнитися один від іншого інтенсивністю викликаного ним почуття гіркоти, але не його якістю. Якщо ж зрівняти інтенсивність відчуття, взявши перераховані розчини в різній концентрації, то вони стають невиразними. Під час дослідження солодких речовин також було 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.

Смакові відчуття виникають завдяки *смаковим рецепторам*, що знаходяться в спеціальних пухирцях на язиці та зветься смаковими пухирцями. Смакові відчуття пов'язані з виникненням електричного імпульсу. Якщо поміщати на язик, наприклад, різні солі, можна зареєструвати електричні сигнали різної інтенсивності.

Смакові відчуття є наслідком одночасної стимуляції декількох речовин, які певним чином взаємодіють одна з одною. Та обставина, що смакові відчуття впливають і накладаються один на одного, позбавляє нас можливості прогнозувати кінцевий результат одночасної стимуляції декількома джерелами смакових відчуттів. Одночасний вплив розчинів двох хімічних сполук, що виклика-

ють різні смакові відчуття, складне психофізіологічне явище. Розчини впливають на хеморецепторну систему не ізольовано один від одного: залежно від природи розчинених речовин вони або взаємно придушують смакові відчуття, або посилюють їх.

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. Так, суміш кухонної солі і хініну (що володіє гірким смаком) має не кислий і не солодкий, а гірко-солоний смак.

Смак до відомої речовини може посилюватися по контрасту зі смаком іншої, речовини, що заздалегідь подіяла. Так, смак вина посилюється попереднім вживанням сиру і, навпаки, притупляється і псується після всього солодкого. Якщо спочатку пожувати корінь касатику (*Iris pseudacorus*), то кава і молоко здадуться кислими. Такий вплив одних смаків на інші може залежати як від чисто хімічних процесів на язиці, так і від змішування в нашій свідомості сліду, залишеного попереднім смаковим відчуттям, з новим смаковим збудженням. 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.

Відомо, що рецептори смаку – смакові клітини, смакові цибулини, сосочки та смакові нервові волокна – активуються водорозчинними речовинами, які переходять у розчин під дією слини. Крім здатності до сприйняття розчинених у воді хімічних компонентів, зумовленої наявністю спеціалізованих детекторів смаку, порожнина рота виявляє здатність і до сприйняття такої шкіряної і гаптичної інформації, як інформація про відносне місцеположення, об'єм, текстуру і температуру речовин. Тобто смакові відчуття тісно пов'язані з нюховими, дотиковими і термічними.

Аромат готових кулінарних виробів обумовлений присутністю різноманітних речовин, які, як містяться у продуктах, так і утворюються в процесі теплової обробки.

Людина спроможна розрізнити до 17000 ароматів. В теперішній час в харчових продуктах ідентифіковано понад 2500 сполук, що приймають участь у формуванні аромату. В конденсатах запаху майже завжди присутні кислоти, спирти, складні ефіри, сірковмісні сполуки, аміни, альдегіди, кетони, лактони, феноли, вуглеводні та інші сполуки.

Умовно всі фактори, що беруть участь в утворенні аромату кулінарної продукції можна поділити на групи (рис. 21).



Рисунок 21 – Речовини, що формують аромат харчової продукції

Багатьом продуктам надають аромат так звані ключові речовини, що утворюються під час їх вирощування. Натуральні продукти, як правило, мають дуже багатий склад летких компонентів (наприклад, в концентраті летких речовин полуниці знайдено біля 300 сполук, в каві – більше 1000), але не всі леткі сполуки, присутні в продукті, є важливими для формування його запаху. Наприклад, запах полуниці, головним чином, зумовлює етил-метил-2-фенілгліцидат, малини – р-оксибензилацетон; ананасу – алілфеноксіацетат.

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. 22.

Хвильові теорії запаху почали з'являтися наприкінці минулого століття, слідом за теоріями кольору і звуку. В. Огле (1870) вважав, що пахучі молекули випромінюють хвилі високої частоти, що впливають на нюхові клітини. Його прихильники наводили як приклад феноменальну здатність деяких комах розрізняти запахи на великих відстанях. Але зараз від цієї теорії практично відмовилися, оскільки речовина з запахом повинна бути леткою, а запах не може поширюватися в безповітряному середовищі.

Потім з'явилася оригінальна теорія Мильса і Бека. Вони представляли орган нюху у вигляді інфрачервоного спектрофотометра, що випромінює інфрачервоне світло і вимірює його поглинання молекулами, що знаходились у самому органі нюху. Якщо вважати цю теорію вірною, то речовини з запахом, запаяні в поліетилен і поміщені в ніс, повинні викликати нюхові відчуття, оскільки поліетилен пропускає велику частину інфрачервоного випромінювання. Експериментально показано, що за таких умов запах не відчувається. Оскільки інфрачервоне випромінювання – теплова енергія, поглинання його молекулами пахучої речовини буде відбуватися тільки в тому випадку, якщо його температура нижче, ніж температура тіла людини.

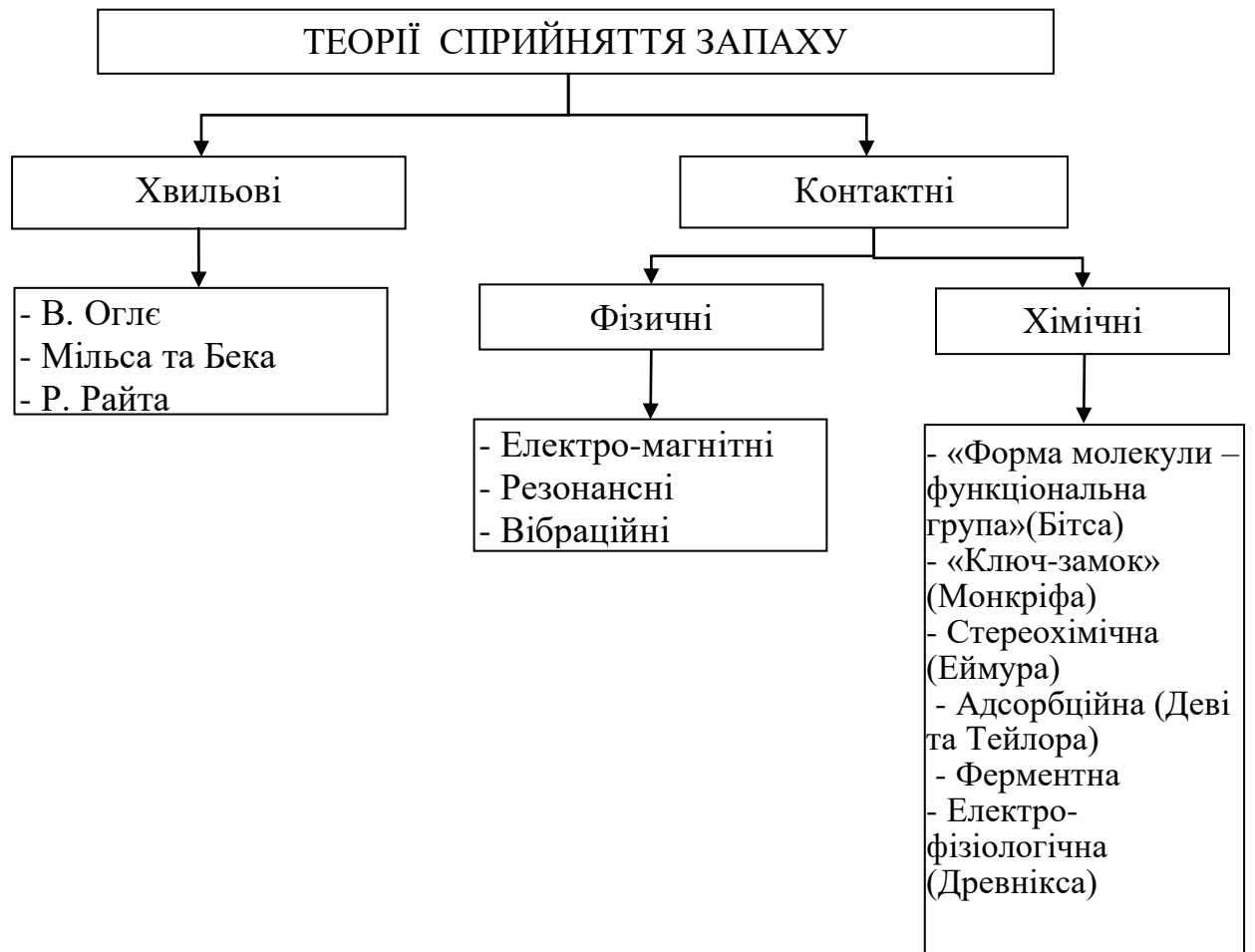


Рисунок 22 – Основні теорії сприйняття запаху

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. Дана теорія недосконала, тому що її спростовує твердження про те, що ізотопні молекули мають однаковий запах, хоча їхні коливальні частоти дуже відрізняються.

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 приходить на $3500 - 1400 \text{ см}^{-1}$. Він вважав, що фізична основа запаху визначається не розмірами, формою або реакційною здатністю пахучих молекул, а технічними коливальними рухами останніх. Дайсон вважав, що область $3500 - 1400 \text{ см}^{-1}$ – це частоти, чуттєві для нюхової зони. Однак надалі не були виявлені зв'язки

між коливаннями в цій області і явищем відчуття запаху. Послідовником електромагнітної теорії, але в зміненому вигляді став канадець Р. Райт (1964) – автор *сучасної хвильової теорії*. За основу була узятая теорія Дайсона. Однак Райт зтверджував, що він неправильно вибрав інтервал частот, і припустив, що нюхова зона лежить у зоні інфрачервоних частот – від 500 до 50 см⁻¹. На думку Райта, усередині носа є тільки одне джерело порушення молекулярних коливань: зіткнення молекули пахучої речовини з молекулами азоту або кисню повітря. Коливальні частоти визначають якість запаху, леткість – здатність до адсорбції (поглинання), а розчинність – його інтенсивність. Сила зіткнення пропорційна температурі. Як відомо, у порожнині носа температура складає 30-35°C, тобто енергії, що виділилася, вистачить тільки на порушення саме носоглоткових коливань з частотою від 500 до 50 см⁻¹.

В основу *хімічних теорій* покладено твердження про те, що запах виникає під час безпосередньої дії молекул на клітини нюхового епітелію. Але згодом прихильники хімічних теорій сформувавши два напрямки. Одні вважають, що більше значення має розчинність ароматичних речовин, адсорбція і дифузія в нюховому епітелії, інші віддають перевагу хімічній структурі.

Запитання для самоперевірки:

1. Відчуття кольору.
2. Теоретичні аспекти сприйняття смаку та запаху - основних органо-лептичних показників якості продукції.

ЛЕКЦІЯ 2.3 ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЧОВИН, ЩО НАДАЮТЬ КОЛЬОРУ, СМАКУ ТА ЗАПАХУ ХАРЧОВИМ ПРОДУКТАМ

1. Характеристика речовин, що надають кольору, смаку та запаху харчовим продуктам.

Рекомендована література для вивчення теми: [1, 14]

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*. Деякі з цих пігментів є вітамінами, провітамінами, або вітаміноподібними речовинами. Так, деякі фла-

віни відносяться до групи вітамінів В, ряд каротиноїдів є провітамінами А, а флавоноли виявляють Р-вітамінну активність.

До групи *каротиноїдів* відносяться речовини, забарвленні в жовтий або рожевий колір. Вони відіграють велику роль в обміні речовин рослин, беруть участь у процесі фотосинтезу. Всі натуральні каротиноїди є похідними лікопіну – каротиноїду, який знаходиться у помідорах, а також в деяких ягодах і фруктах.

Хлорофіли – це фотосинтетичні пігменти, що надають рослинам зелене забарвлення. В харчових продуктах рослинного походження зустрічається хлорофіл двох видів: хлорофіл А та хлорофіл В. Молекула хлорофілу містить 4 з'єднаних між собою залишків піролу, що утворюють порфінове ядро, яке зв'язано двома основними та двома додатковими валентностями з розташованими у центрі молекули атомом магнію. Хлорофіл знаходиться у рослинах лише в особливих органелах клітки – хлоропластах. У самих хлоропластах хлорофіл розподілено нерівномірно – він міститься у плоских, витягнутих мембранах різної довжини, які пронизують хлоропласт вздовж і називаються ламеллами.

Антоціани, флаволи, флавоноли відносяться до найбільш широкої групи фенольних з'єднань $C_6-C_3-C_6$ – 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*. Найбільш відновлені сполуки – катехіни, найбільш окислені – флавоноли.

Флавоноїди присутні в харчових продуктах і мають вплив на якість рослинної сировини і готової продукції. Зокрема колір багатьох харчових продуктів встановлюється наявністю в них антоціанів, флавонів, флавонолів. В утворенні кольору, а також смаку та аромату готової страви приймають участь продукти окислених перетворень катехінів та лейкоантоціанідів, в той час як самі катехіни та лейкоантоціанідіни являються безбарвними речовинами.

Антоціани визначають червоний та фіолетовий кольори харчових продуктів, містяться у яблуках, винограді, червоних овочах та ягодах тощо.

Катехіни містяться в багатьох харчових продуктах рослинного походження: плодах (яблук, груш, слив, персиків та ін.), ягодах (полуниці, смородини, малини та ін.). Особливо багато катехінів міститься у молодих пагонах чайного листа, какао-бабах, ягодах винограду.

Катехіни – безбарвні сполуки, які легко окислюються та набувають різного кольору. Наприклад, різний колір чаю (чорний, червоний, жовтий, зумовлений ступенем окислення катехінів, що їх містить чайний лист).

Антоціани мають фіолетовий колір, флаволи та флавоноли – жовтий. Але з іонами металів К, Na, Fe та ін. антоціани дають сполуки синього кольору, а з кислотами (фосфорною та ін.) – червоного. Тому залежно від рН клітинного соку колір антоціанів може змінюватися.

Лейкоантоціани, будучи зазвичай безбарвними сполуками, можуть за певних умов (під дією світла та ін.) набувати відповідного кольору.

Усе це слід враховувати вибираючи умови зберігання та, особливо, консервування плодів та овочів, щоб не допустити погіршення їх кольору.

З усіх названих сполук найбільш поширені антоціани. Це глюкозиди, в яких залишки цукрів (глюкози, галактози та ромнози) зв'язані з забарвленими аглюконами, що належать до групи антиціанідинів. Останні за будовою належать до флавоноїдів. Серед антиціанідинів вирізняють пеларгонідин. Присутністю того чи іншого антоціану зумовлена основна забарвленість плодів. Найбільш поширеним пігментом плодів виявився антоціан-ціанід. Він знайдений у яблуках, сливах, суниці та інших плодах.

У деяких плодах антоціани знаходяться лише в скоринці (виноград, слива), у інших – у скоринці та м'якоті (смородина, малина, черниці).

Флавори – барвники жовтого кольору вони знайдені в деяких харчових продуктах: апігенін у петрушці, винограді і плодах кислого апельсину, лютеолін у винограді.

Флавори добре розчиняються у спирті, гірше – у воді.

Смакові якості речовин насамперед залежать від їх хімічної природи. Як правило, кислим смаком володіють речовини, що є по своїй хімічній будові і властивостям кислотами. Кислий смак пропорційний концентрації іонів H^+ . У органічних кислот на відчуття кислого смаку впливає аніон, за рахунок чого можуть виникнути комбіновані смакові відчуття, аніон впливає на інтенсивність кислого смаку. Однак не всі речовини, що є по своїй будові і хімічним властивостям кислотами, мають кислий смак (наприклад, деякі амінокислоти і сульфонові кислоти солодкі). Відчуття солоного смаку викликають такі аніони, як Cl^- , Br^- , J^- , а також солі амонію, однак хлорид цезію має гіркий смак. 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, нікотин і кокаїн. За солодкий смак відповідальні такі сполуки і групи, як $R-OH$, R_2NH , R_3CH , $C-C1$, $-SO_2$ та ін. У невеликих концентраціях солодкий смак має і синтетичний безкалорійний сахарин, який не засвоюється організмом, хлороформ, ацетат свинцю, під назвою «свинцевий цукор», і солі берилію (перша назва берилію – «глюциний», що в перекладі з латини означає «солодкий елемент»).

Оскільки в основному харчові продукти – це багатокомпонентні системи, то вони спричиняють складне смакове відчуття. Кислі і солодкі речовини можуть спричинити кисло-солодке відчуття, властиве багатьом сортам яблук або фруктовим напоям. На смакове відчуття кислот в плодах і овочах, крім кількісного їх вмісту, впливають концентрація водневих іонів в клітинному соці, вміст цукру, дубильних речовин. Якщо цукор маскує відчуття кислого смаку, то дубильні речовини навпаки його підкреслюють. Приклад кисло-солоного відчуття – смак огіркового розсолу. Гірке і солодке поєднується слабо, але гірке какао в суміші з цукром викликає своєрідне поєднання відчуттів, властиве шоколаду. А ось поєднання гіркого з солоним і особливо гіркого з кислим не відбувається зовсім. Суміші гірких і солоних, гірких і кислих речовин надто неприємні на смак.

На явищах контрасту смаків, їх компенсації і слідів заснована вся будова гастрономії, яка має ту фізіологічну цінність, що гарний, приємний смак їжі

сприяє їй кращому засвоєнню, посилюючи виділення травних соків і викликаючи настрій, сприятливий для нормального протікання всіх процесів в організмі.

Під час дегустації за допомогою органу смаку можна розрізнити лише чотири основних смаки – солодкий, солоний, кислий та гіркий, а також їх суміш. Але у процесі споживання харчових продуктів приймають участь рецептори усіх органів відчуттів (навіть больових).

Тісний зв'язок, існуючий між диханням і нюхом, дозволяє передбачити, що канал, по якому поступає інформація про запахи, постійно відкритий, і пояснює незмінну готовність організму до сприйняття запахів. На відміну від здатності до сприйняття інформації з повітря, здатність до сприйняття інформації з рідин обмежена ротовою порожниною і язиком. Крім здатності до сприйняття розчинених у воді хімічних компонентів, зумовленої наявністю спеціалізованих детекторів смаку, ротова порожнина виявляє здатність і до сприйняття такої шкіряної і гаптичної інформації, як інформація про відносне місцеположення, об'єм, текстуру і температуру речовин. Тобто 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*. Відомо, як ослаблюються смакові відчуття за виключення нюху, наприклад під час нежиті. Ті сторони смакових відчуттів, які визначаються такими словами, як терпкий, пекучий, клейкий зумовлені дотиковою реакцією. Смак свіжості, наприклад, від м'яти або ментолу, можливо пояснюється домішкою термічних відчуттів (локальним охолодженням через швидке випаровування). Іноді стверджується, що смакові відчуття можуть бути викликані механічним впливом, просто кажучи, дотиком або тиском струменя повітря, а також зміною температури. Але в першому випадку все ускладнене хімічною взаємодією, у другому – власне теплообміном, охолодженням за рахунок випаровування і, можливо, зміною вологості поверхні. Сукупність даних типів впливів знайшла відображення в такому терміні як «*flavour*», що характеризує комплекс нюхових, дотикових і смакових властивостей харчових продуктів. У залежності від перерахованих впливів (дотикових, температурних, больових або механічних) в ротовій порожнині виникають різні відчуття смаку.

Запах продуктів формують леткі органічні сполуки. В табл. 21 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. Наприклад, в формуванні солодкого смаку бере участь не тільки цукор, доданий за рецептурою, але і продукти інверсії сахарози, що володіють більшою солодкістю (варка киселів, варення, запечення яблук). Під час нагрівання крохмалевмісних продуктів в присутності кислот має місце кислотний гідроліз крохмалю з утворенням мальтози (варка соусів з доданням кислот). Мальтоза утворюється за умови ферментативного гідролізу крохмалю під час бродіння дріжджового тіста.

Таблиця 21 – Характеристика первинних запахів

Камфорний	Борнеол
	трет-Бутиловий спирт
	D-Камфора
	Цинеол
	Пентаметилетиловий спирт
Квітковий	Бензилацетат
	Гераниол
	α - та β - Іонони
	Фенілетиловий спирт
	Терпінеол
Різкий	Оцтова кислота
	Аліловий спирт
	Ціан
	Формальдегід
	Мурашина кислота
	Метилізотіоціанат
М'ятний	трет-Бутилкарбінол
	Циклогексан
	Ментон
	Піперитол
	1,1,3-Триметилциклогексанон-5
Ефірний	Ацетилен
	Чотирихлористий вуглець
	Хлороформ
	Пропіловий спирт
Мускусний	Андростанол-3 α (сильний)
	Циклогексадеканон
	17-Метиландростанол-3 α
	Пентадеканолактон
	Мускон (3-метилциклопентадеканон)
Гнильний	Амілмеркаптан
	Кадаверин (пентаметилендіамін)
	Сірководень
	Скатол

Карамелізація цукру істотно впливає на смак продуктів. Як правило, інтенсивність солодкого смаку цукрів за карамелізації знижується. Це є наслідком зменшення частки цукрів у системі за рахунок виникнення полімерних

сполук, що менш солодкі, а також деструкції цукрів. Нагромадження в системі нових речовин за рахунок деструкції притупляє сенсорні відчуття солодкого та збагачує гамму смаків, і тому під час споживання карамелі не виникає у споживачів відчуття приторного солодкого смаку.

Велике значення в формуванні смаку і аромату термічно оброблених продуктів має реакція меланоїдиноутворення. Субстрати цієї реакції, у свою чергу представлені карбонільними сполуками та редукуючими цукрами (полігідроксикарбонільні сполуки).

Присутні також інші сполуки, які мають карбонільні групи, наприклад аскорбінова кислота, ортофеноли, природні ароматичні сполуки (цинамові альдегіди та ваніль), продукти окислення ліпідів. Ці сполуки обумовлюють специфічні органолептичні показники смажених м'яса та картоплі, термообробленого зерна, м'ясних екстрактів, карамелі та ін.

У формуванні смаку і аромату вареного м'яса вирішальну роль відіграють екстрактивні речовини, деякі з яких мають певний смак. Крім того, вступаючи в різні реакції вони утворюють нові смакові і ароматичні речовини. Вільні амінокислоти, що містяться в м'ясі мають різний смак. Так, серину, аланіну, гліцину і триптофану властивий в більшій або меншій мірі солодкуватий смак, тоді як тирозину, лейцину і валіну – гіркуватий. Ангідрид креатину – креатинин володіє гіркуватим смаком. Органічні кислоти, особливо молочна, додають кислуватий присмак м'ясу. Цукор, що міститься в м'ясі (глюкоза, фруктоза, рибоза), додає солодкий смак. З вільних амінокислот м'яса особливо важливе значення мають глютамінова кислота і її натрієва сіль, які в значних кількостях додають продукту смак, близький смаку вареного м'яса.

Під час нагрівання м'яса відбувається перетворення речовин в нові сполуки, які безпосередньо беруть участь у формуванні специфічного м'ясного смаку і аромату. За таких перетворень велика роль відводиться таким речовинам, як вуглеводи (глюкоза, рибоза, фруктоза), білки, амінокислоти, нуклеотиди, ліпіди. Внаслідок взаємодії цих речовин, їх перетворень під час нагрівання утворюються сполуки, що в комплексі зумовлюють появу характерного запаху, а саме альдегіди, кетони, сполуки, що містять сірку, летючі кислоти та інші.

Глютамін (амід глютамінової кислоти), що міститься у м'язовій тканині, під час нагрівання зазнає дезамінування з утворенням глютамінової кислоти і аміаку. Накопичення глютамінової кислоти під час варки посилює м'ясний смак м'яса і бульйону.

Характер і інтенсивність запаху і смаку м'яса залежать також від тривалості і температури теплової обробки. Для формування бажаних смаку і аромату м'яса необхідно певний час, який для різних частин м'яса неоднаковий.

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. Під впливом ферментів крохмаль перетворюється в глюкозу, сахароза розщеплюється на глюкозу і фруктозу, зменшується вміст дубильних речовин, що позитивно впливає на смакові властивості плодів і овочів. Для деяких овочів такі зміни небажані, наприклад для картоплі, тому для попередження різних біохімічних і фізичних процесів необхідно суворо дотримуватись режимів зберігання та використовувати нові прогресивні методи зберігання харчових продуктів.

Таким чином, на смак та аромат харчових продуктів впливають такі чин-

ники, як хімічний склад початкової сировини, технологія переробки даної сировини, добавки в продукти натуральних або штучних смаково-ароматичних речовин, а також характер хімічних, ферментативних і мікробіологічних процесів, що протікають в продуктах під час технологічної обробки і зберігання.

Зпитання для самоперевірки:

1. Характеристика речовин, що надають кольору, смаку та запаху харчовим продуктам

ЛЕКЦІЯ 2.4 ВИКОРИСТАННЯ БАРВНИКІВ, АРОМАТИЗАТОРІВ ТА СМАКОВИХ ДОБАВОК У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

1. Використання барвників, ароматизаторів та смакових добавок у харчовій промисловості.

Рекомендована література для вивчення теми: [4]

Ключові слова: барвники, ароматизатори

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. Для отримання натуральних барвників використовують й сировину тваринного походження.

Серед каротиноїдів у технології харчових продуктів широко застосовується β-каротин (E 160 a), який отримують синтетично або з природних джерел, наприклад крилю, лікопін (E 160d), аннато (E 160b) – водний екстракт з коренів Віха *orellana* L. Для забарвлення маргарину, вершкового масла, майонезу, рибних виробів, імітованої ікри застосовують каротиноїди з моркви (α-, β-, γ-каротини), плодів шипшини, перцю, а також отримані мікробіологічно. Масло-смоли паприки (E 160c) – екстракти з червоного перцю *Capsicum annum* L. з характерним гострим смаком та кольором від жовтого до оранжевого застосовують під час виробництва копчених виробів, соусів, сирів тощо.

Також поширеним жовтим барвником є куркума (E 100ii), яку отримують з рослин сімейства імбирних (*Curcuma longa*), та шафран (E 164), який застосовують у кондитерській, хлібопекарній, лікерогорілчаній промисловості.

Джерелом отримання зелених барвників хлорофілів (E140) є такі рослини, як кропива, шпинат, морква, доннік та ін. Практичне значення також мають мідні комплекси хлорофілів (E 141) та їх натрієві й калієві солі (E141i).

Сировиною для отримання червоних барвників антоціанів слугують відходи чорної смородини, вишні, чорниці, бузини, журавлини, суниці, малини, шипшини та ін.

Антоціани (E 163) є поширеними водорозчинними барвниками, характер забарвлення яких змінюється залежно від рН середовища, здатності утворювати комплекси з металами, температури, дії світла. Найбільш стійке забарвлення мають за рН 1,5...2 та за рН 3,4...5 забарвлення стає червоно-пурпурним, за рН 6,7...8 – синім, синьо-зеленим, за рН 9 – зеленим.

Представником натуральних червоних барвників є речовина тваринного походження – *кармін* (E 120), який отримують з кошенилі (комахи, що мешкає на кактусах Африки та Південної Америки).

Для забарвлення алкогольних та безалкогольних напоїв широко використовують натуральні барвники – сахарний колір та карамель (E 150).

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. Синтетичні барвники поділяють на групи:

- азобарвники – тартразін (E 102); жовтий «сонячний закат» (E 110), кармазін (E 122), понсо 4R (E 124), діамантовий чорний PN (E 151);
- триарилметанові – синій патентований V (E 131), діамантовий синій FCF (E 133), зелений S (E 142);
- хінолінові – жовтий хіноліновий (E 104);
- індігоїдні – індігокармін (E 132).

Перелічені синтетичні барвники дозволені до використання в Україні та застосовуються під час виробництва безалкогольних напоїв, кондитерських виробів, молочних продуктів, морозива, соусів, копчених рибопродуктів тощо. 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;
- підсолонувачі;
- 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.

Найпоширенішими підсилювачами смаку та аромату є *глутамінова кислота* та її калієві, натрієві, магнієві й кальцієві солі. Також використовуються нуклеотиди, мальтол, гліцин, гуанілова кислота, інозинова кислота та їх солі.

Підсолоджувачі – речовини нецукрової природи, які надають харчовим продуктам солодкий смак. Як правило, підсолоджувачі застосовуються під час виготовлення харчових продуктів, що мають низьку енергетичну цінність, а також у спеціальній дієтичній продукції, призначених для осіб, яким рекомендується обмежувати споживання цукру за медичними показниками, оскільки підсолоджувачі не вимагають для свого засвоєння інсуліну.

До переліку замінників цукру, що дозволені до застосування в Україні, включено сахарин, аспартам, ацесульфам-К, сорбіт, ксиліт, мальтїт, лактит, сахрол, сукралоза, стевіозид та ін.

Під *ароматизаторами* або *ароматичними речовинами* розуміють всю гамму речовин (натуральні екстракти, настої, плодово-ягідні соки, сиропи, прянощі, окремі запасні речовини), що мають певний запах (аромат) та спеціально вносяться до харчових продуктів. У поєднанні з іншими речовинами, що входять до складу харчових систем, вони надають готовому продукту специфічний (звичний або особливий) аромат.

Натуральні ароматизатори отримують фізичними способами (пресуванням, екстракцією, дистиляцією) з сировини рослинного або тваринного походження. З різних причин виробництво харчових продуктів з використанням тільки натуральних ароматизаторів ускладнене, по-перше, через високу вартість початкової сировини, по-друге, через обмеженість природних сировинних ресурсів, по-третє, через недостатню стабільність існуючих натуральних ароматів.

Ідентичні натуральним ароматизатори за складом основних ароматичних компонентів та хімічною структурою ідентичні натуральним ароматизаторам. До того ж частина компонентів або навіть весь ароматизатор цілком отримують штучним шляхом. Хімічним синтезом отримують, наприклад, ванілін, *n*-оксіфеніл-3-бутанон (основний ароматичний компонент для ароматизатора малини). Для більшості ідентичних натуральних ароматизаторів характерна висока стабільність, інтенсивність та цінова доступність.

Синтетичні ароматизатори містять щонайменше одну штучну речовину, якої в природі не існує, яку отримують хімічним синтезом. Синтетичні ароматизатори також відрізняються високою стабільністю, інтенсивністю і доступністю за ціною. Наприклад, штучним ароматизатором є арованілон (етилванілін), який широко використовується у харчовій промисловості.

Ароматизація практично не ускладнює процес виробництва харчових продуктів. Ароматизатори можна вводити в продукти нерозбавленим (наприклад, порошок екстракту спецій під час виробництва ковбасних виробів) або у вигляді концентрованого розчину (суспензії) у відповідному розчиннику. Розчинником може бути вода, масло, спирт, невелика частина самого продукту або його компонент. У виробництві виробів, які піддають тепловій обробці, для зменшення витрат ароматизатора під час нагрівання рекомендується ароматизувати наприкінці технологічного процесу. Важливим є ретельне перемішування продукту після внесення смако-ароматичних добавок.

Запитання для самоперевірки

1. Використання барвників, ароматизаторів та смакових добавок у харчовій промисловості

ЛЕКЦІЯ 2.5 СЕНСОРНЕ ТА АНАЛІТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КОЛЬОРУ, СМАКУ ТА ЗАПАХУ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

1. Сенсорне та аналітичне визначення кольору, смаку та запаху харчових продуктів.

Рекомендована література для вивчення теми: [1]

Ключові слова: колір, смак, запах

Колір є першою ознакою, за якою оцінюється якість харчових продуктів, їх придатність до споживання, а також їх смак. Люди уникають вживання пошкоджених фруктів з коричневими плямами, зів'ялих овочів, тьмяних завітраних м'ясних виробів та інших продуктів, які втратили своє природне забарвлення, оскільки погіршення зовнішнього вигляду продукції складає враження, що смакові якості також змінилися не кращим чином.

За кольором можна зробити висновки про стиглість та смак фруктів: зелені, на наш погляд, нестигли та кислі, а червоні нам здаються більш стиглими та солодкими. Колір впливає на наше відчуття солодкого. Доведено, що солодкість полуничного напою, що нами відчувається, збільшується на 2...12% у зразках, забарвлених в червоний колір, в порівнянні з безбарвним контрольним зразком.

Колір також має важливе естетичне значення, навіть самий збалансований та корисний харчовий продукт не буде купуватися, якщо у нього непривабливий колір. Під час приготування продуктів в домашніх умовах ми також прагнемо зберегти і навіть покращити їх природній апетитний зовнішній вигляд, який змінюється в процесі приготування чи обробки. Так, пироги змазують яйцем, щоб їх шкоринка була свіжою та підсмаженою, нарізані фрукти змочують лимонним соком, щоб вони не потемніли на повітрі. Харчові продукти, які виробляються промислово, повинні виглядати не менш апетитно, ніж страви домашнього приготування.

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. Під час змішування хроматичного і ахроматичного кольорів колірний тон, або відтінок визначається хроматичним кольором, а насиченість – ахроматичним. Сірі тони не мають насиченості і розрізняються лише за яскравістю.

Яскравість кольору характеризується термінами: темний, світлий, яскравий, тобто його щільність, що не міняє відтінку. Враження яскравості залежить також від того, на якому фоні розглядається об'єкт.

Найкраще освітлення під час органолептичного аналізу – природне (сонячне) розсіяне. Для меншої стомлюваності даний предмет повинен знаходитися на відстані 25 см від очей. Відстань від лампи до зразка продукту близько 0,6 м.

Яскравість освітлення впливає на відчуття кольору. Наприклад, за умови

зменшення освітленості жовтий колір може сприйматися як коричневий.

Треноване око людини розрізняє за колірним тоном від 100 до 200 кольорів, за насиченістю – до 25, за яскравістю – до 65. При недостатньому освітленні розпізнавальна здатність ока різко знижується.

Колірне відчуття залежить від спектрального складу випромінювання: візуальне сприймання відмінності кольорів може або посилюватися, або слабшати. Під час жовтуватого освітлення лампами розжарювання, наприклад, сині і зелені колірні тони важче розрізнити, ніж червоні і оранжеві.

Під час проведення візуальних оцінок продуктів слід враховувати вплив джерела освітлення на сприйняття колірних відчуттів ока. Штучні джерела світла бідні короткохвильовими променями. Наприклад, за сонячного освітлення об'єкт сприймається синім, а в світлі від лампи розжарювання здається майже чорним.

Існує поняття константного сприйняття, яке характеризує здатність ока правильно визначати колір незалежно від змінних умов освітлення. Поправка на освітленість проводиться несвідомо. Колір головним чином визначається природою речовини і у меншій мірі – спектральним складом світла.

Сприйняття кольору залежить від суб'єктивних чинників, а саме фізіологічних особливостей дегустатора, віку, кваліфікації, порушення колірного зору, мети дегустації. Якщо в сітківці ока є генетичні відхилення, наприклад, відсутні фоторецептори певних ділянок спектру, то око не розрізняє відповідні кольори.

Вплив різних чинників на зорові сприйняття необхідно враховувати під час організації дегустаційного контролю якості продуктів.

Приміщення для дегустацій рекомендується розташовувати з північного боку будівлі. Оптимальна площа вікон повинна складати близько 35% поверхні підлоги. Приміщення повинне бути добре освітлене, переважно розсіяним денним світлом без проникнення прямих сонячних променів. Освітленість робочих місць повинна бути рівномірною і складати не менше 500 лк. З штучних джерел світла перевагу віддають люмінесцентним лампам. Загальне стельове і індивідуальне освітлення для дегустаторів повинно забезпечувати достатню інтенсивність світла. Крім того, в кожній кабіні дегустатора слід мати лампу розжарювання середньої потужності, забезпечену фільтрами з кольорового скла. Стіни лабораторії слід забарвлювати в білий, кремовий або світло-сірий колір, меблі повинні бути забарвлені в білий колір.

Дегустаторові для точного опису візуальних відчуттів необхідно володіти номенклатурою кольорів. Розроблені різні варіанти систематики кольорів. У системі Ньютона кольори розташовані аналогічно веселці. Перші раціональні класифікації кольорів створені у Франції у вигляді альбому кольорів і в Англії у формі словника кольорів, який містить близько 380 кольорів і відтінків.

Вважають, що існує від 7 до 10 млн колірних відмінностей. Словарний запас містить декілька тисяч найменувань, але лише декілька десятків з них можна виразити окремими смисловими словами, наприклад червоний, синій, зелений, коричневий, вишневий та ін. Декілька сотень назв кольорів є словосполучення кольору, відтінку, насиченості, яскравості, наприклад, яскраво-зелений, яскраво-синій і так далі.

Для позначення кольору використовуються або спеціальні терміни, наприклад, чорний, білий, жовтий, синій, або асоційовані із знайомими об'єктами: морквяний; малиновий; рожевий; смарагдовий; золотистий; сріблястий та ін.

Кольори, що створюються змішуванням пігментів, називають, комбінуючи відповідні терміни, а саме жовто-коричневий, оранжево-жовтий, синьо-зелений. У ряді випадків для характеристики відповідного відтінку застосовують назви знайомих предметів, наприклад солом'яно-жовтий, золотисто-жовтий, медово-жовтий, оливково-зелений, смарагдово-зелений, яблучно-зелений.

Деякі кольори позначають словами іноземного походження. Наприклад, термін оранжевий походить від французького слова «оранж», що означає апельсин, фіолетовий – від слова «віолет» (фіалка), ліловий, – від «лила» (бузок).

Для стандартизації кольорів зазвичай використовуються еталонні зразки. Але нерідко проводилися спроби заміни цієї системи шифрами або кодами з цифровим або буквено-цифровим позначенням. Колірні ж відмінності продуктів доцільно характеризувати описовим методом.

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.

З наведених фактів ясно, що об'єктивне визначення кольорів є досить важким, що дозволяє поставити питання: а чи потрібно за таких складностей займатися такими методиками. Слід, по-перше, відмітити, що труднощі визначення кольорів не є надуманими, а лише відображають дійсність, яка полягає в роздвоєнні, що існує між фізичним визначенням та суб'єктивним сприйняттям. Вся складність методів і виходить із завдання об'єднати ці показники. За останні роки ці методикали набули істотного значення під час визначення стиглості помідорів, мандарин, капусти, яблук, груш. Але ще більшого значення ці показники набувають за умови швидких темпів розвитку галузей харчової промисловості, які займаються масовим виготовленням однотипної продукції, що є обов'язковою умовою процесу, який об'єднується загальним поняттям – індустриальні методи виготовлення харчових продуктів. Це важливо, насамперед, з тих точок зору, що споживач, обґрунтовано або ні, надає перевагу тим, чи іншим забарвленням продукту. У цьому випадку *колір інтерпретується, як показник якості* (наприклад колір томатного соку та пасти, які визначають колір багатьох видів кулінарної продукції, сухе пюре картоплі, вершкове масло, колір сирів, колір макаронних виробів), або *як признак індивідуальності* (колір карамелі, напоїв, колір бобових та овочів в заморожених напівфабрикатах, колір чаю, кави, шоколаду, глазурей, соусів типу майонез, кетчупів, сиропів та припасів, олії рослинної та ін).

Сприйняття смаку і аромату є результатом складних психофізіологічних процесів, механізми яких до цього часу достовірно не з'ясовані. Однак численні дослідження, проведені в області сприйняття смаку і аромату, дозволили вченим встановити основні закономірності рецепції хімічних стимулів, що викликаються різними речовинами. Хімічні сигнали є посередниками в передачі без-

перервного потоку інформації, завдяки чому і відіграють роль могутніх спонукальних мотивів, що викликають миттєві біологічні реакції та реакції поведінки. Отже, здатність людини до хеморецепції потрібно розглядати як результат тривалого еволюційного розвитку, зумовленого життєво важливою потребою реагувати на динамічні і виключно інформативні хімічні чинники.

В основі смакових відчуттів і нюху лежить хімічна стимуляція та між цими відчуттями існує й функціональний зв'язок і разом вони є джерелом єдиного сенсорного враження. Відомо, що запах і смак їжі тісно пов'язані між собою. Якщо чутливість до запахів з якої-небудь причини знижується або зникає, як наприклад, під час сильної нежиті, людині здається, що вся їжа має однаковий смак.

Методи визначення смаку продуктів відносяться до методів *органолептичної (або сенсорної) оцінки* харчових продуктів. Термін «органолептичний» пішов від грецьких слів «organon» (знаряддя, інструмент, орган) і «lepticos» (схильний брати або приймати) і означає «той, що виявляється за допомогою органів чуттів». Термін «сенсорний» також означає «той, що відчуває» і походить від латинського слова «sensus» (почуття, відчуття). У зарубіжній літературі переважно поширений термін «сенсорний». Одне з тлумачень англійського слова «sense» означає «почуття».

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.

Для складання описів «flavour» продукту проводять ідентифікацію окремих властивостей, що формують загальне враження від продукту і оцінюють їх інтенсивність. 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 (наприклад, більш або менш солодкий), і коли важливо встановити, чи існує перевага між двома зразками, що оцінюються.

Трикутний метод застосовується під час виявлення слабовиражених відмінностей між зразками продуктів, які можуть стосуватись всього комплексу ха-

рактик або якої-небудь окремої властивості зразка (смаку). Особливо цей метод підходить для випадків, коли кількість експертів є обмеженою, і коли не виникає проблеми, пов'язаної з втотою органів почуттів випробувачів. Згідно з даним методом, експертам повинні одночасно представлятися три зразки, два з яких однакові, а експертам необхідно визначити який із зразків відрізняється.

Метод «А» – «не А» використовується в органолептичному аналізі для випробувань на відмінність, на пізнавання, на сприйняття для конкретних стимулів. Цей метод тестування передбачає попереднє знайомство експертів зі стандартним зразком, а потім його ідентифікація в порівнянні з іншими зразками продуктів.

3. Методи з використанням шкал і категорій використовуються для бальної оцінки органолептичних показників якості продукції. Дані методи застосовні для оцінки, як всього комплексу органолептичних характеристик, так і якої-небудь однієї характеристики. Після попереднього обговорення між керівником і експертами з питання присвоєння балів контрольному зразку, випробувачі приступають до оцінки характеристик зразка з використанням певної шкали. Під час визначення значущості окремих показників якості в загальній оцінці продукту на оцінку смаку і запаху відводять 40...50% всіх балів, оскільки вони є найважливішими. Також обов'язково встановлюють обмежувальний бал або суму балів, нижче за яку продукт вважається недоброякісним, в тому числі за смак і запах окремо. Головним чином, використовують 10-бальні, 35-бальні (вино) та 100-бальні (вершкове масло) шкали.

Запитання для самоперевірки

1. Сенсорне та аналітичне визначення кольору, смаку та запаху харчових продуктів

МОДУЛЬ 3 ХАРЧОВІ ДИСПЕРСНІ СИСТЕМИ

ЛЕКЦІЯ 3.1 КЛАСИФІКАЦІЯ ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

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: [5, 7, 8, 9]

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**.

На відміну від істинного розчину молекулярного або іонного, що одержують в результаті самочинного розчинення в розчиннику речовини є гомогенною системою, у дисперсній системі часточки дисперсної фази складаються не з окремих молекул, а з їх конгломератів, що мають термодинамічні властивості фази.

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

$$D = 1/a,$$

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

Чим менші розміри часток, тим більша дисперсність і питома поверхня фази. Очевидно, що основною умовою існування дисперсних систем є нерозчинність або слабка розчинність речовини дисперсної фази в дисперсійному середовищі. Широкий спектр компонентів дисперсної системи за хімічними і фізичними властивостями, за розміром, конфігурацією і концентрації часток дисперсної фази в дисперсійному середовищі і т.ін. ускладнює класифікацію дисперсних систем за якою-небудь однією ознакою, внаслідок чого єдина класифікація дисперсних систем відсутня.

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

За ступенем дисперсності системи поділяють на:

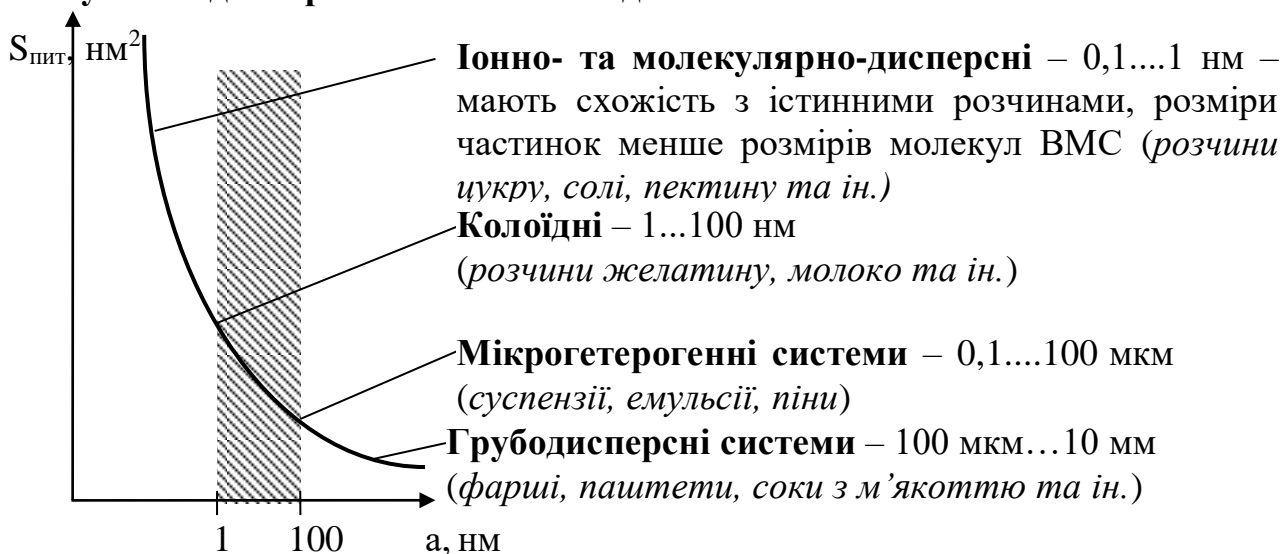


Рисунок 23 – Залежність величини питомої поверхні від розміру частинок

Розчини за ступенем дисперсності поділяються на три види (рис. 24).

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.

До *молекулярно-дисперсних належать* розчини неелектролітів. Серед харчових речовин – це, наприклад, спирт, цукор. Розчинена речовина розпадається на окремі кінетично самостійні молекули. Якщо агрегати і утворюються, то їх кількість обмежена 2-3 молекулами.

До іонно-дисперсних систем належать розчини електролітів, наприклад хлориду натрію. Розчинена речовина знаходиться у вигляді окремих гідратованих іонів у деяких рівноважних кількостях.

Справжні розчини досить часто виконують роль технологічного середовища, справжні розчини гомогенні та характеризуються високими дифузійними характеристиками.

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. Але у них є ознаки, які зближують їх із колоїдними розчинами, – рух молекул, аналогічний до броунівського, низька швидкість дифузії, нездатність до діалізу, підвищена здатність до комплексоутворення.

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. Вони здатні за певних умов до седиментації, слабо дифундують, на відміну від справжніх розчинів, не діалізують. Колоїдні розчини, як і справжні, прозорі у проникному світлі, але, на відміну від справжніх, у відбитому світлі проявляється опалесценція.

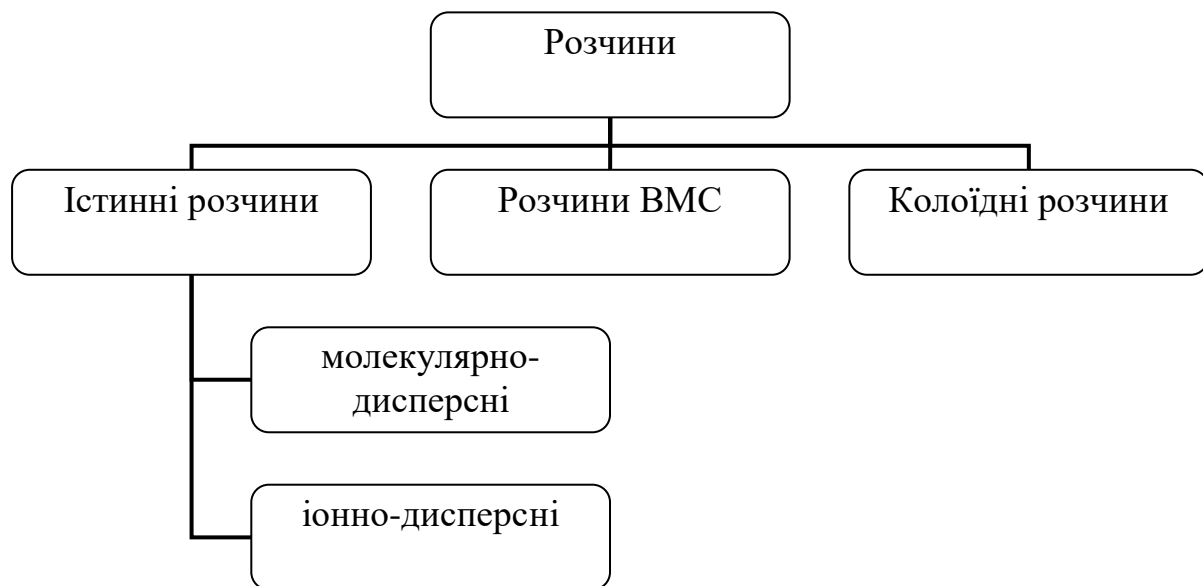


Рисунок 24 – Класифікація розчинів за ступенем дисперсності

Найбільш відома класифікація запропонована В. Освальдом (табл. 22), заснована на відмінності в агрегатному стані дисперсної фази і дисперсійного середовища.

Таблиця 22 – Класифікація типів дисперсних систем за В. Освальдом

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, безе, 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

Наведена класифікація дозволяє охопити практично всі дисперсні м'ясні і молочні продукти, сировину і напівфабрикати на всіх проміжних стадіях виробництва за винятком однієї системи типу Г/Г оскільки гази в звичайних умовах утворюють гомогенну систему.

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.

Вільно дисперсні системи можуть переходити у зв'язанодисперсні. Типовими прикладами переходу вільнодисперсних систем у зв'язанодисперсний стан

є гомогенні ковбасні фарші, підготовлені до фризеравання суміші для морозива. І в першому і в другому прикладах перехід систем з одного стану в інший обумовлений фактором термічного впливу. Структурно-механічні властивості їх залежать від компонентного і кількісного складу, чинників технологічного впливу.

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

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

Назви ці походять від слова ліос – середовище (розчинник) і характеризують сильну або слабку взаємодію між молекулами середовища і дисперсної фази.

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. Таким чином, поверхнево ліофільні харчові системи подібні такими ліофобним системам, де ліофобні частки як би покриті ліофільними плівками.

Прикладами ліофобних систем можуть служити емульсії олії у воді. Окремими випадками ліофобності і ліофільності є гідрофільність і гідрофобність, що характеризують відношення дисперсної фази до води, і олеофільність і олеофобність – до олії.

Ліофільні системи стійкі, тобто стабільні в часі, ліофобні системи нестійкі і поступово руйнуються, виділяючи дисперсну фазу в результаті коагуляції – укрупнення її часток під дією молекулярних сил зчеплення. Це може відбуватися, як за термічного так і за біохімічного впливу.

Під час приготування різних видів кулінарної продукції, внаслідок коагуляції-розшарування (верхній шар-вершки, нижній шар-осад) можуть утворюватися коагелі (слабоконцентровані денатуровані білки яєць або кислого молока), ліогелі, або гелі які відрізняються тим, що зберігають однорідність дисперсної системи в результаті молекулярного зчеплення під час зростання концентрації дисперсної фази.

На рис. 25 представлена загальна класифікація дисперсних систем харчових продуктів за ознаками, що визначають поведження цих систем в умовах основного виду впливу на них у технологічних процесах – механічних впливів.

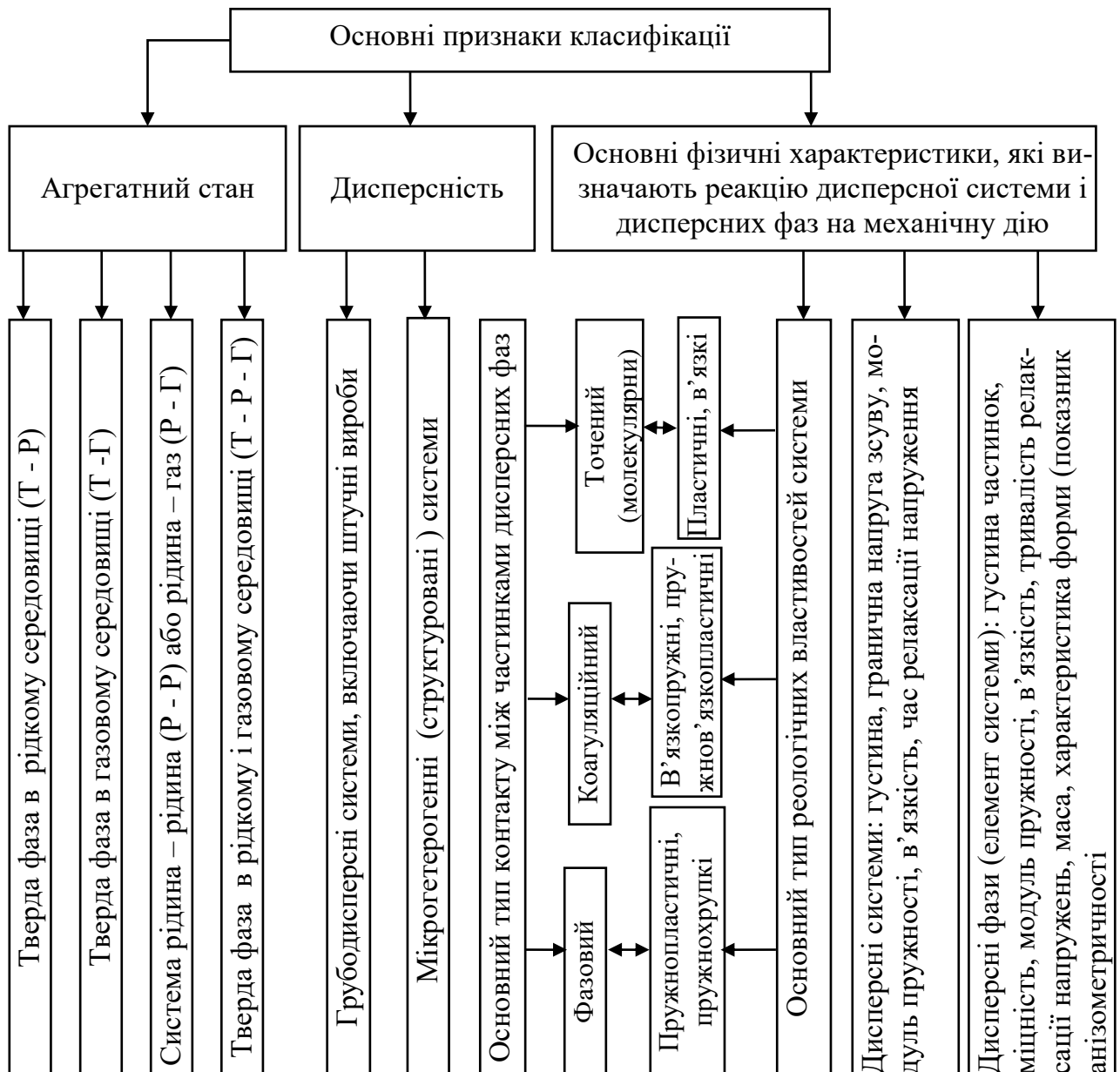


Рисунок 25 – Класифікація дисперсних систем та матеріалів залежно від поведінки їх в технологічних процесах

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. За своєю природою порошки є вільнодисперсними системами без дисперсійного середовища з дисперсними частинками різного розміру і форми. У деяких випадках, особливо на певних стадіях технологічного процесу в порошки вводять рідкі компоненти, але в кількостях, які не порушують їх сипучість.

Подрібнення речовин, у тому числі і органічних, призводить до порушен-

ня кристалічної структури поверхневих шарів твердих тіл. Деструкція (решітки) супроводжується утворенням на нових поверхнях некомпенсованих валентностей - тобто вільних радикалів. На поверхні частинок під час подрібнення харчових продуктів утворюється аморфний шар, наслідком чого є активізація фізико-хімічних властивостей твердих тіл, таких як адсорбційна активність в тому числі води і пару та розчинність. Під час збільшення ступеня подрібненості зростає питома поверхня порошоків. Питома поверхня обернено пропорційна розмірам частинок порошку. Але під час подрібнення і виготовлені порошокоподібних продуктів в результаті збільшення питомої поверхні вони легко втрачають кристалічну воду, тобто підсихають, або, навпаки швидко відсирівають, якщо вони гігроскопічні. Підсилюється негативний вплив кисню, повітря, вуглекислого газу, світла, вологи. Порошки одночасно втрачають притаманний їм запах але одночасно набувають сторонніх запахів. Ці небажані зміни можна загальмувати, якщо дотримуватися необхідних умов зберігання.

Роль порошокоподібних продуктів у вигляді порошоків, або брикетованих у технології постійно підвищується. Це стимулюється двома шляхами – по-перше, завдяки індустріалізації виготовлення їжі, а по-друге, за рахунок децентралізації та роздрібненості підприємств. Ці обидві, обставини спонукають розвиток індустрії харчових порошоків.

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.

Більшість твердих речовин, які розчиняються у воді мають кристалічну структуру. Процес розчинення кристалічних речовин складається із двох одночасних процесів: сольватації (у даному випадку гідратації) частинок та руйнування кристалічної структури. Зрозуміло, що для ефективності розчинення ду-

же важливо, щоб сили щеплення між молекулами розчинника і молекулами розчинної речовини були більшими за сили взаємного притягання цих частинок між собою. Вода, як розчинник, характеризується великою полярністю і має найбільше значення діелектричної постійної. Цим і пояснюється її висока іонізаційна здатність і її руйнівна сила на кристалічні решітки багатьох полярних сполук.

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.

Рідини по відношенню одна до одної мають різну здатність до змішування, тобто до розчинення, починаючи з повної взаємної нерозчинності і закінчуючи повною розчинністю в будь-яких концентраціях.

2. Розчини високомолекулярних сполук (біополімерів)

В технологічних процесах часто використовують водні розчини ВМС. Вони також утворюються в процесі технологічної обробки речовини (наприклад перехід колагену в глютин під час варки м'яса), також під час розчищення ВМС (наприклад розчинення гідроколоїдів у воді). Досить часто виникають в технологічному процесі комбіновані технологічні системи, складовою частиною якої є розчин ВМС.

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:

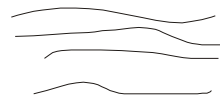
- нейтральні;
- заряджені (аніонні, катіонні та амфолітні).

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. Також як і істинні розчини низькомолекулярних сполук, розчини ВМС є гомогенними і рівноважними системами, термодинамічно стійкими. Вони утворюються самочинно, агрегативно стійкі без введення третього компоненту, і, як дійсно рівноважна система, мають властивість зворотності. Так, наприклад, якщо 0,1...3% розчин желатини випарити (без гідролізу), а потім знову розбавити водою до стартових концентрацій, то властивості нового розчину (в'язкість, осмотичний тиск, електропровідність) будуть ідентичні попереднім.

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

Розчини ВМС характеризуються невеликим по величині вираженим осмотичним тиском. Вони характеризуються високою в'язкістю і здатністю до тиксотропії, тобто вони здатні до структурування.

Причиною набухання є більша різниця у швидкостях дифузії молекул полімеру в розчинник і молекул розчинника у високомолекулярну речовину. Оскільки молекули розчинника більш рухливі, то спочатку відбувається, головним чином, їх дифузія в полімер. Це супроводжується збільшенням об'єму останнього, і коли зв'язки між макромолекулами ослаблюються, вони також починають дифундувати в розчинник, і утворювати однорідний розчин.

У найпростішому випадку, коли енергетична взаємодія між молекулами речовини, що розчиняється, і розчинника незначна або практично дорівнює нулю набухання й розчинення носять чисто ентропійний характер.

Якщо ж молекули розчинника енергетично взаємодіють із молекулами ВМС (як, наприклад, під час розчинення желатини у воді), то механізм розчинення ускладнюється. Процес набухання ВМС необхідно розглядати як процес протікаючий у дві стадії. У цьому випадку на першій стадії відбувається сольватація макромолекул у результаті дифузії розчинника у ВМС. Ця стадія характеризується виділенням тепла й упорядкуванням розташованих молекул розчинника біля макромолекул, у результаті чого ентропія системи, як правило, навіть знижується. Значення цього етапу зводиться до руйнування зв'язків між окремими макромолекулами, внаслідок чого ланцюги стають вільними й здатні здійснювати тепловий рух у цілому.

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 далеко не завжди кінчається розчиненням. Дуже часто після досягнення відомого ступеня набухання процес припиняється. Причина такого явища полягає у тому, що ВМС і розчинник здатні змішуватися обмежено. У результаті такого обмеженого набухання в системі утворюються дві фази – насичений розчин полімеру в розчиннику (власне розчин) і насичений розчин ро-

зчинника в полімері (гель). Прикладом обмеженого набухання є набухання за кімнатної температури желатини й целюлози у воді.

Обмежене набухання під час зміни умов часто переходить у необмежене. Так, наприклад, желатин і агар-агар, що набухають обмежено в холодній воді, у теплій воді набухають необмежено.

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

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

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

Визначаючи ступінь набухання через задані проміжки часу, можна одержати криві, що характеризують кінетику набухання.

Швидкість набухання різних біополімерів можна порівнювати за нахилом дотичних, проведених до початкової ділянки кривих, а здатність біополімерів до набухання варто характеризувати за граничним ступенем 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. Стійкість колоїдних систем також покращується за рахунок виникнення навколо частинок сольватних шарів із молекул розчинника.

Оскільки колоїдні розчини є нерівноважними системами, вони не мають властивостей зворотності. Якщо колоїдний розчин випарити і знову долати воду, то колоїдний розчин не утвориться. На відміну від істинних розчинів колоїдні розчини з плином часу старіють.

За рахунок великих розмірів вони розсіюють світло, і у відбитому світлі для них характерна або опалесценція, або висока мутність, крізь напівпроникні мембрани колоїдні частинки не проходять.

Дифузійні процеси у колоїдних розчинах слабо виражені. Так як розміри колоїдних частинок на декілька порядків більші за розміри молекул, то зрозуміло, що в одиниці об'єму за рівних вагових концентрацій їх буде настільки ж менше. Тому й осмотичний тиск їх дуже малий.

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 по-

лімолекулярного агрегату колоїдних розмірів з певними фізичними властивостями (кінетичною рухомістю, електричним зарядом та ін.), а являє собою складне утворення, яке отримало назву міцела.

На рис. 26 зображено будову міцели утворену молекулами білка $\text{H}_2\text{N} - \text{Protein} - \text{COOH}$, які знаходяться в розведеному розчині NaOH .

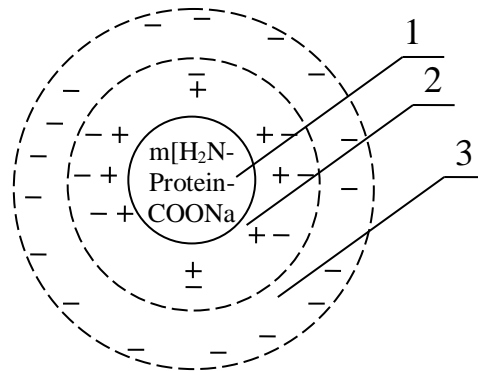


Рисунок 26 – Будова міцели білка в лужному середовищі

Міцела має вигляд $[\text{H}_2\text{N} - \text{Protein} - \text{COO}^-\text{Na}^+]$. 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:



де m – кількість молекул протеїну натрію.

На поверхні ядра міцно адсорбовано іони, які визначають характер заряду частинки (потенціалвизначаючі іони), це іони $n\text{Na}^+$.

За шаром потенціалвизначаючих адсорбованих іонів слідує і шар протиіонів. У нашому випадку це іони OH^- . Із загальної кількості n (що дорівнює кількості потенціалвизначаючих іонів) більша їх частина ($n-x$) протиіонів розташована на відстані, яка дорівнює середньому іонному радіусу. Ця кількість протиіонів разом з $n\text{Na}^+$ 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 проти іонів $x\text{OH}^-$ розташована поза зовнішньою частиною міцели, і завдяки тому, що вони здатні до проникнення (дифузії) в інтраміцелярну рідину, цю частину міцели називають *дифузійною оболонкою* (сферою).

Особливо слід підкреслити, що міцела в цілому електронейтральна, тоді як гранула завжди заряджена. Завдяки поліамфотерності білка в лужному середовищі міцела буде заряджена негативно. Протиіони в адсорбційній оболонці настільки міцно зв'язані електростатично і адсорбційно з потенціалвизначаль-

ними іонами, що в електричному полі, незважаючи на негативний заряд (у нашому прикладі), рухатимуться разом з ядром до катода. Щодо протиіонів, які знаходяться в дифузійній оболонці, то завдяки, ослабленню з відстанню кулонівських та адсорбційних сил, ці іони відносно вільні та в електричному полі будуть рухатися до анода. На кордоні адсорбційної та дифузної сфер подвійного шару під час руху рідини виникає дзета-потенціал.

В технологічних процесах складність використання колоїдних розчинів пов'язана з їх високою лабільністю і, як наслідок, термодинамічної нестійкості в золях самочинно протікає коагуляція з розшаруванням системи і випаданням осадів-коагулятів. Дуже чутливі золі до значень рН та наявності електролітів, зміни температури, складу дисперсійного середовища, механічних впливів.

Природнім колоїдним золем, що широко використовується в технології кулінарних виробів є молоко. Частина речовин, які є у молоці знаходяться у міцелярному стані. Серед гідрофільних речовин це, насамперед, казеїн, а також фосфат кальцію.

Як відомо, молоко за певних умов агрегативно нестабільна система. Зсід значень рН, додаванням солей полівалентних металів, підвищення температури призводять до агрегації ядер і розшарування системи.

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 гелеуюрною 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.

Термічно зворотні гелеутворювачі:

Желатин. Гель утворюється під час охолодження. Перехід від клубків молекул до спіралей з наступною їхньою агрегацією.

Агар. Гель утворюється під час охолодження. Перехід від клубків молекул до спіралей з наступною їхньою агрегацією.

Капа-карагінан. Гель утворюється під час охолодження за наявності солей калію. Перехід від клубків молекул до спіралей з наступною їхньою агрегацією. Іони калію зв'язуються зі спіралями. Солі знижують електростатичне відштовхування між ланцюгами, тим самим, сприяючи агрегації.

Йота-карагінан. Гель утворюється під час охолодження за наявності солей кальцію. Перехід від клубків молекул до спіралей, з наступною їхньою агрегацією. Солі знижують електростатичне відштовхування між ланцюгами, тим самим сприяючи агрегації.

Низькоетерифікований пектин. Гель утворюється за наявності солей кальцію і низькому рН (3...4,5). Катіони викликають міжмолекулярну зшивку. Низькі значення рН знижують міжмолекулярне електростатичне відштовхування.

Геланова камедь. Гель утворюється під час охолодження за наявності солей. Перехід від клубків молекул до спіралей з наступною їх агрегацією. Солі знижують електростатичне відштовхування між ланцюгами, тим самим сприяючи агрегації. Полівалентні іони викликають зшивку ланцюгів. Геланова ка-

медь з низьким рівнем ацетилювання дає термічно зворотні гелі за низьких концентрацій солі й термічно незворотні за більш високих концентрацій солі (> 100 мМ), особливо за наявності двовалентних катіонів.

Метилцелюлоза й гідроксиоксипропілметилцелюлоза. Гель утворюється під час нагрівання. Молекули асоціюють за умови нагрівання внаслідок гідрофобної взаємодії метильних груп.

Ксантанова камедь і камедь ріжкового дерева або конжаковий манан. Гель утворюється під час охолодження сумішей. Після утворення спіралей ксантану, ксантанові й полімананові ланцюги асоціюють. При асоціюванні камеді ріжкового дерева задіяні ділянки з низьким вмістом галактози.

Термічно незворотні гелі:

Альгінат. Гель утворюється за умови додавання полівалентних катіонів, особливо кальцію за низького рН (< 4). Молекули зшиті полівалентними іонами. Залишки гулуранової кислоти формують вигнуту конформацію, що забезпечує ефективно зв'язування катіонів (модель яєчної упаковки).

Високоетерифікований пектин. Гель утворюється за наявності легко розчинних сухих речовин (наприклад, 50% цукру) і за низьких значень рН ($< 3,5$).

Конжаковий манан. Гель утворюється за умови додавання лугів. Луг видаляє ацетильні групи, розташовані уздовж полімерного ланцюга, що призводить до асоціації ланцюгів.

Камедь ріжкового дерева. Гель утворюється під час заморожування. Асоціюють ділянки з низьким вмістом галактози.

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. 27.

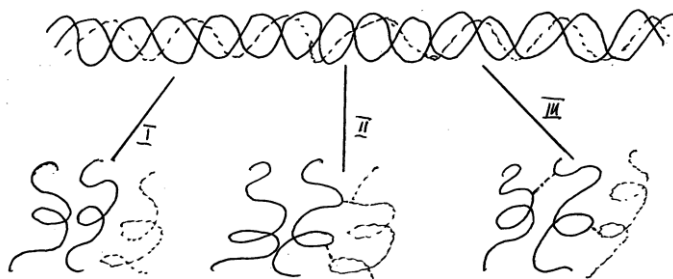


Рисунок 27 – Схематичне зображення варіантів переходу тропоколагену в желатин різного типу (передбачається, що розрив пептидних зв'язків не відбувається).

Упорядкована й зафіксована за допомогою водневих зв'язків конфігурація мономерної молекули колагену легко руйнується під час нагрівання монодис-

першого колагенового розчину до 40°C в присутності кислоти. Повний і різкий перехід здійснюється у вузькому температурному інтервалі протягом декількох хвилин. *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 признаки вторинної структури, але три ланцюги не можуть, роз'єднається, і зберігаються в розчині як єдине ціле.

Желатина складається з довгих ланцюгів амінокислот, з'єднаних пептидними зв'язками. У водних розчинах за високих температур пептидні ланцюги желатину приймають конфігурацію безладно згорнутого клубка.

Кислотні й функціональні основні групи амінокислотних бічних ланцюгів додають желатини властивості поліелектроліту та беруть участь у регулюванні взаємодії молекул желатини між собою і молекулами розчинника визначаючи в'язкість системи.

Підвищення температури й зміна рН середовища сприяє переходу макромолекул желатини з колагеноподібної спіралі у форму статистичного клубка (незалежно від стану гелеутворювача чи розчинника).

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.

Желатина має здатність утворювати гель зі зв'язуванням великої кількості води, що є важливим технологічним фактором під час використання желатини для приготування продуктів харчування.

Структуроутворення 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. 28). Окремо молекулярні сили дуже

слабкі, але разом вони утворюють стабільний поперечний зв'язок, який є непостійними, а вільними (безупинно розривається й утворюється знову).

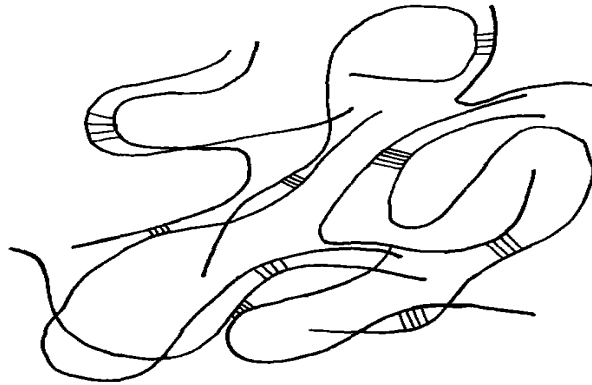


Рисунок 28 – Принципова схема каркаса гелю: заштриховані ділянки представляють перехідні зони.

Під час охолодження водних розчинів желатини нижче 40°C спостерігаються характерні зміни, а саме питоме обертання площини поляризації стає більш негативним, приведена в'язкість зростає залежно від концентрації желатини. Рентгенівський дифракційний аналіз вказує на утворення локально упорядкованих областей (кристалітів).

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. Драглеутворення включає утворення сегментів з колагеновою конформацією і міжсегментною стабілізацією водневими зв'язками. Міжланцюгові водневі зв'язки утворюються між асиметричними ланцюговими елементами, які володіють внутрішньою упорядкованістю, і забезпечують міцні міжланцюгові контакти, що призводять до утворення тривимірної сітки гелю.

У результаті охолодження розчину желатина спочатку відбувається внутрішньомолекулярна перебудова, частини пептидних ланцюгів у колагенову

складчастість. Після цього інша частина пептидного ланцюга повільно приймає форму спіралі.

Більш повільним процесом під час охолодження розчинів желатину є утворення агрегатів, що призводять до збільшення в'язкості і наприкінці до виникнення твердих гелів. У високогідратованих желатинових системах навіть за низької температури існує досить вільний тепловий рух сегментів ланцюга, що підтверджується поступовим збільшенням кристалічності гелів під час старіння, крім цього, передбачається, що вода відіграє важливу роль у стабілізації колагенової складчастості.

Диполі, що мають відповідну довжину і розподіл зарядів, притягаються, стають орієнтованими. Це 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. 29.

Весь процес гелеутворення розділяють на етап затвердіння й етап ущільнення. Сітчасті системи, стабілізовані вторинними силами, наприклад, водневими зв'язками, виявляють сильну залежність від розчинника і температури системи. У них встановлюється рівновага між взаємодіями желатина - розчинник і желатина - желатина.

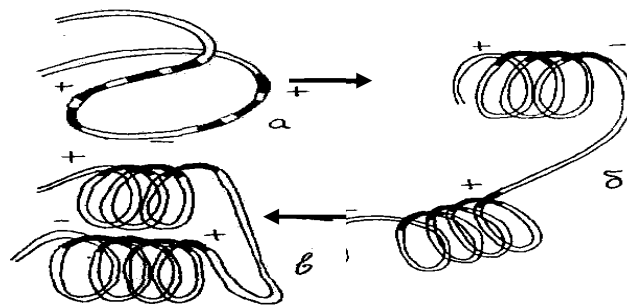


Рисунок 29 – Схема утворення колагенової складчастості в одноланцюгових желатинах при охолодженні: де а – сегмент статистичного клубка (желатина) з неполярними областями, багатими піролідиновими залишками; б – статистичний клубок з нестабільними ділянками полі-L-проліна; в – спіраль (стабільна форма складки колагену).

Гелеутворення процес кінетичний і швидкість наростання міцності гелів тим більше, чим вище концентрація білка в системі. Швидкість гелеутворення желатини найбільша в ізоелектричному стані і зменшується за умови переходу в кислу чи лужну область. Швидкість структуроутворення і величина граничної міцності гелів желатини збільшується за зниження температури.

Швидкість охолодження визначає міцність желатинових гелів, так швидке охолодження призводить до утворення тонких ланцюгових сітчастих структур тобто утворення слабких чи менш організованих розгалужених областей, а повільне утворення гелю сприяють виникненню більш стійких поперечних зв'язків за рахунок більш слабких. Процес гелеутворення у водних гелях желатини

тини за 20°C практично закінчується через 7 діб. До того ж на 75-85% цей процес відбувається вже через 24 години.

Структурування в системах, що містять полісахариди

У водних розчинах біополімери існують у вигляді безладних спіралей. Під час охолодження подвійні спіралі створюють ділянки з'єднання полімерних ланцюгів. Подальше охолодження сприяє агрегуванню цих ділянок і утворенню сітки гелю. При цьому спіральні структури утворюються з двох полімолекулярних ланцюгів, тому що спіралі з одного витку нестабільні.

Для утворення подвійних молекулярних спіралей необхідна висока регулярність структури полісахаридних ланцюгів, важлива довжина ділянок молекул, що знаходяться в просторовій відповідності один до одного і численній взаємодії, що забезпечує гелеутворення.

Рушійною силою агрегації подвійних молекулярних спіралей у надмолекулярні структури в гелях агароїду може бути результуючий електростатичний ефект. Загальна схема структури гелів представлена на рис. 30. Проце гелеутворення і розплавлення гелю та температурні інтервали наведено на рис. 31.

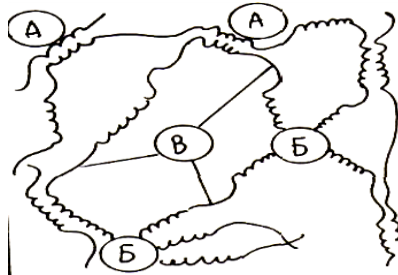


Рисунок 30 – Загальна структура гелів: де А – вузли сітки гелю, що складаються з подвійних молекулярних спіралей; Б – вузли сітки гелів, що складаються з агрегатів спіралей макромолекул; В – ділянки макромолекул, що знаходяться в конформації клубка.

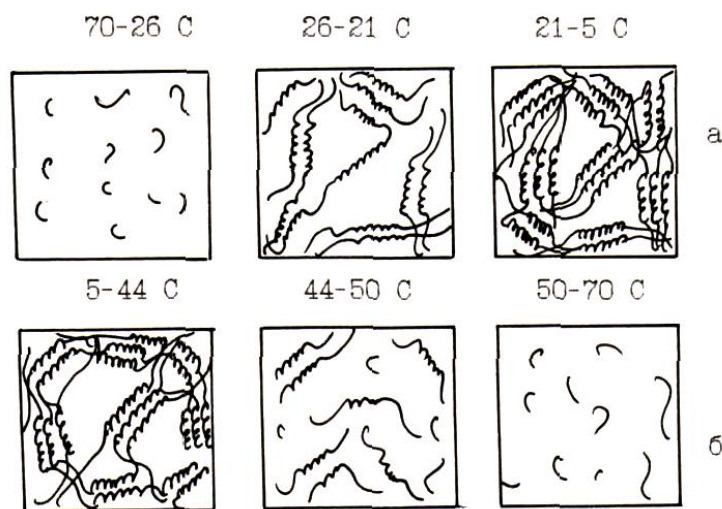


Рисунок 31 – Зміна просторової структури макромолекул під час гелеутворення розчинів полісахаридів (а); плавлення гелів (б).

Цукор сприяє утворенню подвійних молекулярних спіралей і знижує енергетичний ефект їхньої агрегації в надмолекулярні структури. Зі збільшенням концентрації цукру в гелях накопичуються подвійні молекулярні спіралі як основний елемент системи. Температура початку молекулярного переходу клубок-спіраль і закінчення молекулярного переходу спіраль-клубок зміщується в присутності цукру в область більш високих температур. Збільшення вмісту цукру підвищує температуру плавлення і гелеутворення системи, а різниця між ними зменшується.

Полісахариди, як і білки, мають полярні групи, що можуть взаємодіяти з полярним розчинником. Важливою формою взаємодії полісахаридів з водою є водневий зв'язок з цукровими гідроксильними групами.

Завдяки іонному характеру макромолекул, на процес гелеутворення впливає присутність електролітів. Посилення сил електростатичного відштовхування призводить до утворення переважно молекулярної структури. Поява агрегатів макромолекул, що утворюють надмолекулярну структуру обумовлена послабленням електростатичного відштовхування. Таким чином, саме дифузійно-зв'язана вода є чинником стабільності гелів.

Гелеутворююча здатність, будучи важливою технологічною характеристикою полісахаридів, обумовлена особливостями хімічної будови макромолекул, їхньою здатністю до агрегації, природою і якістю міжмолекулярних зв'язків.

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 порошоків 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.

Харчові продукти у вигляді суспензій повинні бути достатньо стійкими. Це означає, що частинки в них повинні осідати з дуже малою швидкістю. В суспензіях, на відміну від золь, немає дифузії, осмотичного тиску та кінетичної стійкості, які нерозривно пов'язані з самочинним хаотичним рухом частинок. Тому всі суспензії

будуть седиментувати з швидкістю, яка буде залежати від ступеню дисперсності та деяких інших чинників.

У загальному вигляді швидкість седиментації знаходить відображення в формулі Стокса. Але для нас важливою характеристикою є не швидкість осідання, а, навпаки, стійкість. Тому, виходячи із формули Стокса, стійкість буде визначатися за формулою:

$$U = \frac{1}{V_T} = \frac{187}{d^2(\rho_T - \rho_P) \cdot g}$$

Видно, що стійкість суспензії обернено пропорційна квадрату діаметра частинки, різниці густини частинки (ρ_T) і рідкого дисперсійного середовища (ρ_P), прискорення вільного падіння та прямо пропорційно в'язкості дисперсійного середовища. Для інженера-технолога аналіз наведеної формули говорить, що на стійкість суспензії можна впливати регулюванням деяких технологічних параметрів. Для цього технологічно потрібно прагнути до максимального зменшення розмірів частинок дисперсної фази (d), та по можливості, підвищити в'язкість (η) дисперсійного середовища, щоб сила тяжіння протидіяла в'язкості середовища. В технологічному плані особливо відчутно впливає зміна величини розміру частинок (d).

Так, наприклад, за умови $\rho_P = 1$ (вода), $\rho_T = 2,7$ та $\eta = 0,015$ (вода) частинка радіусом 10 мкм осідає на глибину 1 см за 31 сек, радіусом 1 мкм – за 52 хвилини, радіусом 0,1 мкм - за 86 годин.

З точки зору колоїдних взаємодій зрозуміло, що формула Стокса не враховує і не відображає явища, які проходять на межі розділу фаз, які залежать від того, чи характеризується частинка легким змочуванням водою, тобто є гідрофільною, або є погано змочуваною – тобто гідрофобною. З точки зору дисперсії білкових речовин, то вони в неденатурованому вигляді (нативні) більш стійкі до осідання, оскільки значно більш гідрофільні, ніж денатуровані.

З технологічної точки зору є багато шляхів дня стабілізації суспензій. У водному дисперсійному середовищі **частинки дисперсної фази можуть бути стабілізовані електролітами**, які утворюють на межі розділу фаз дзетапотенціал певного знаку і заряду. Але кількість доданих електролітів повинна бути чітко обґрунтована, так як за їх надлишку навпаки спостерігається коагулююча дія.

Другим шляхом стабілізації є **стабілізація за допомогою ВМС**. Стабілізуюча дія їх полягає в підвищенні в'язкості дисперсійного середовища рис. 32.

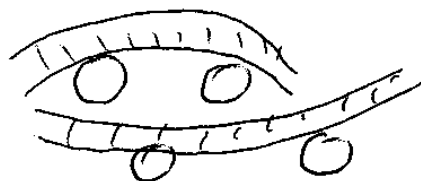


Рисунок 32 – Стабілізація суспензій розчинами ВМС

В результаті такої взаємодії частинки суспензії зв'язуються в ланцюгоподібні агрегати у вигляді структурних сіток, завдяки чому вони не можуть зближитися одна із другою. Завдяки такому механізму захищаються ліофобні колоїди. Типовим прикладом в технології є введення молочних соусів в протерті супи-пюре. Але і тут повинні бути експериментально обґрунтовані співвідношення фаз і характеристика дисперсійного середовища. Це важливо як з точки зору органолептичних властивостей, так і з точки зору текстурності «тривалості життя» суспензії. За умови завищення порогу стабілізуючої дії вказаних сполук може відбуватися типовий процес гелеутворення. За малих добавок цих сполук може мати місце дестабілізація, тобто втрата суспензією своєї стійкості. Цей випадок у технології настає тоді, коли ВМС у розчині недостатньо, щоб покрити і захистити всю поверхню частинок, але при цьому їх достатньо для того, щоб відняти шляхом адсорбції у останніх іони які їх стабілізують. Тобто, з технологічної точки зору якістю суспензії можна в певній мірі керувати. Необхідно наголосити на близькості між суспензіями та колоїдними розчинами. Суспензії можуть переходити в золь в результаті диспергації агентів. Суспензії також можна розглядати як проміжну стадію коагуляції ліофобних частинок, які злипаються, характерних для суспензії.

Третім шляхом стабілізації суспензій є **стабілізація за допомогою ПАР**. Стабілізуюча дія їх полягає в утворенні захисних адсорбційних шарів на поверхні частинок суспензії

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.

Емульсії широко поширені в харчових продуктах (молоко, сметана, вершки, вершкове масло, маргарин, майонез, креми масляні та ін.).

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 прями м/в (майонез, сметана, вершки, молоко та ін.);
 - другого роду або зворотні в/м (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. 33).

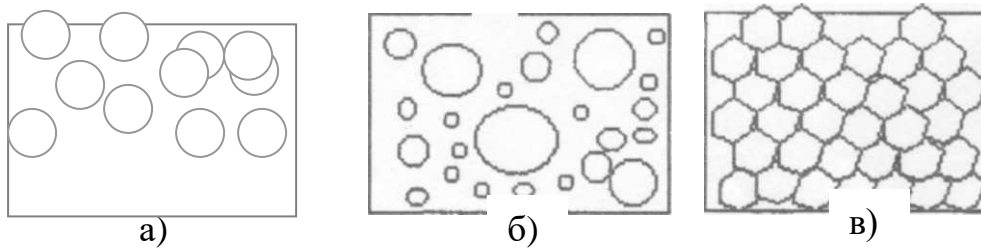


Рисунок 33 – Види емульсій: а – монодисперсні емульсії; б – полідисперсні емульсії; в – висококонцентровані емульсії

Монодисперсні емульсії (а) (м/в) мають жирові кульки однакового розміру, їх щільна упаковка без деформації можлива за вмісту жиру до 74% (високожирні вершки вторинної сепарації, пастеризовані вершки містять 71-82,5% жиру).

Для полідисперсних емульсій (б), що містять краплі різного розміру, ця межа вища, оскільки в них маленькі краплі можуть розміщуватися між великими.

У висококонцентрованих емульсіях (в) крапельки дисперсної фази взаємно деформуються і набувають форми многогранників (полієдрів). Унаслідок щільної упаковки крапельки не здатні до седиментації і характеризуються механічною міцністю (схожі з властивостями гелів).

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). Диспергування однієї рідини в іншій може бути здійснено двома способами – завдяки механічній енергії, яка може бути передана системі різними пристроями, що перемішують (мішалки різних конструкцій, насоси, вібратори) і гомогенізуючими (щілинні гомогенізатори, колоїдні млини, статорно-роторні й ультразвукові апарати), а також за допомогою фізико-хімічної енергії спеціальної речовини – емульгатора. На практиці, як правило, застосовується комбінація обох видів енергії.

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 нестабільною:

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

Практично в системах одночасно відбуваються два або більше процесів, один з яких, як правило, домінує протягом визначеного періоду часу.

Агрегативна стійкість – це стійкість проти коагуляції, тобто властивість часточок протистояти злипанню в агрегати. Стосовно емульсій, крім седиментаційної (кінетичної) і агрегативної стійкості, розрізняють стійкість проти коалесценції або здатність крапель протистояти злиттю, причиною якого є прагнення системи до мінімуму міжфазної вільної енергії.

Розшаровування, 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. Результатом інверсії є перехід прямої емульсії в зворотну. В технології це реалізовано в отриманні масла з вершків.

Дозрівання за Освальдом представляє собою ріст більш великих крапель за рахунок більш дрібних у полідисперсній емульсії. Це відбувається під час масопереносу речовин дисперсної фази через безперервну фазу в результаті різниці хімічного потенціалу для крапельок різного розміру. Процес дозрівання за Освальдом можна зупинити збільшенням в'язкості безперервної фази за допомогою використання стабілізаторів.

Процес стабілізації емульсій має дуже складний характер унаслідок того, що в ньому бере участь низка факторів, стабілізуюча дія кожного з яких проявляється за певних умов. Таким чином, **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. Для стабілізації системи поряд з високою в'язкістю і міцністю адсорбційна плівка повинна бути легко рухлива і швидко відновлюватися під час випадкових розривів;

– **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. Даний механізм стабілізації, очевидно, ефективний у низькоконцентрованих системах і в системах, що містять емульгатори з довгими рухливими ланцюгами, орієнтованими до дисперсійного середовища;

– **електростатичний чинник**, в основу дії якого покладена теорія, розвинута незалежно один від одного Дерягінін, Ландау, Фервеем, Овербеком (ДЛФО). За даною теорією на поверхні частинок дисперсної фази утворюється подвійний електричний шар іонів, що обумовлює існування енергетичного (силового) бар'єру електричної природи. Останній перешкоджає зближенню одної меншою заряджених часток на відстані, де діють інтенсивні молекулярні сили притягання. З позицій електростатичного фактора не завжди можна пояснити стійкість емульсійних систем і, особливо, стабілізованих неіоногенними емульгаторами;

– **ефект Марангоні-Гіббса**, що виявляється в кінетичній стабілізуючій дії адсорбційних шарів, пояснює зтоншення двосторонніх плівок рідини з їх руйнуванням. Це відбувається внаслідок стікання рідини під дією сили тяжіння та усмоктування її в більш товстій ділянці плівки. Присутність ПАР в адсорбційному шарі обумовлює виникнення різниці двомірних тисків, завдяки яким у плівці виникають струми рідини. Ефект Марангоні-Гіббса є слабким чинником стійкості і не може бути відповідальним за стабілізацію високостійких емульсій;

До числа основних умов, що визначають стабільність емульсій відносяться:

- механічні умови створення емульсій;
- властивості поверхнево-активних речовин;
- ступінь дисперсності й однорідності розмірів часток 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 м/в, а гідрофобні - емульсії в/м.

Ефективність емульгатора характеризують спеціальним числом – гідрофільно-ліпофільним балансом (ГЛБ).

ГЛБ	Властивості
4 – 6	емульгатори в/м
7 – 9	змочуючі агенти
8 – 18	емульгатори м/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, яечний порошок, продукт яечний сухий гранульований, яечний жовток сухий, яйце свіже, жовток свіжий, заморожені яйця, заморожені жовтки, солоні пастеризовані жовтки.

Завдяки дифільній структурі емульгатори є ПАР. Хімічна структура ПАР визначає його здатність (орієнтуючись на поверхні розділу фаз) знижувати поверхневий натяг і тим самим полегшувати роботу диспергування однієї рідини в іншій. Орієнтування ПАР в емульсіях додержується правила урівнення полярностей Ребіндера, полярні групи ПАР звернені до полярної фази, а неполярні радикали – до неполярної. В залежності від типу ПАР (іоногені, неіоногені) крапельки емульсії здобувають відповідний заряд, або на їх поверхні виникають адсорбційно-сольватні шари.

7. Піни

Піна є дисперсною системою, 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.

Піни, у яких дисперсійним середовищем є тверда речовина, утворюються під час затвердіння розчинів або розплавів, насичених яким-небудь газом. Рідкі або тверді плівки, що розділяють пухирці газу, утворюють у сукупності плівковий каркас, що є основою піни.

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. Пухирці піни приймають форму, близьку до сферичної, у тому випадку, якщо об'єм газової фази перевищує об'єм рідини не більш ніж у 10 - 20 разів. У таких пінах плівки пухирців мають відносно велику товщину. Пухирці пін, для яких співвідношення об'ємів газової і рідкої фаз складає декілька десятків і навіть сотень, розділені дуже тонкими рідкими плівками, їхні пухирці являють собою багатогранники. У процесі старіння пін шароподібна форма пухирців перетворюється в багатогранну.

Вченим Плато сформульовані 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 $109^\circ 28'$.

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

- диспергаційним;
- конденсаційним.

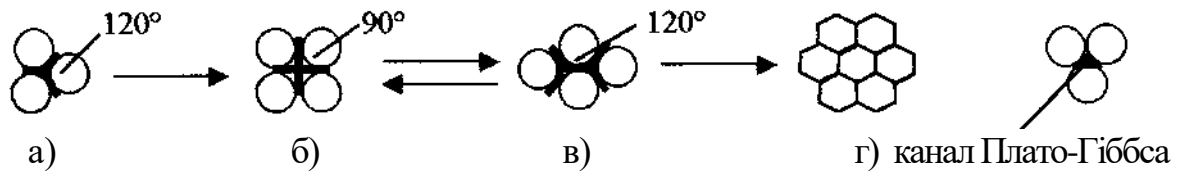


Рисунок 34 – Форма та області контакту газових пухирців:

- а) рівноважне положення трьох пухирців;
- б) нерівноважне положення чотирьох пухирців;
- в) рівноважне положення чотирьох пухирців,
- г) моношари поліедричної піни з однакових пухирців.

При диспергаційному способі піна утворюється в результаті інтенсивного спільного диспергування розчину, що піноутворює і повітря. Технологічно диспергування здійснюється під час проходження струменя газу через прошарок рідини (у барботажних або аераційних установках), під час дії пристроїв, що рухаються, на рідину в атмосфері газу або при дії рідини, що рухається, на перепону (у технологічних апаратах під час перемішування мішалками, струшуванні).

Конденсаційний спосіб одержання пін заснований на зміні параметрів фізичного стану системи, що призводить до пересичення розчину (робочого середовища) газом. До цього ж засобу відноситься утворення пін у результаті хімічних реакцій і мікробіологічних процесів, що супроводжуються виділенням газоподібних продуктів. Пересичення розчину газом і в результаті цього вспінювання відбуваються за умови створення зниженого тиску в апараті з розчином, за підвищення температури розчину (під час випарювання розчинів, дистиляції та ін.), під час введення в розчин речовин, що зменшують розчинність газів.

Одержання пін може бути обумовлено дією декількох чинників піноутворення одночасно. Так, деякі технологічні процеси проводять під час аерації і перемішування. Під час мікробіологічного синтезу, крім аерації і перемішування, утворення піни обумовлено виділенням газоподібних продуктів метаболізму (рис. 35).

Механізм утворення бульбашок піни полягає у формуванні адсорбційного шару на міжфазній поверхні газоподібної або пароподібної фази в рідкому середовищі, що містить ПАР. Швидкість формування цього шару визначається швидкістю дифузії молекул ПАР із глибини розчину до поверхні фази. Під час виходу бульбашок на поверхню розчину він оточується подвійним шаром орієнтованих молекул.

Процес піноутворення складний через спільний вплив численних фізико-хімічних, фізико-технічних і інших чинників. Закономірності, якими характеризується процес утворення піни, істотно залежать від умов проведення конкретного технологічного процесу або експерименту. Множина перемінних параметрів які не завжди піддаються урахуванню, практично виключає можливість математичного опису процесів, що протікають.

Одним із можливих способів узагальнення експериментальних даних про властивості пін є використання теорії подібності, що дозволила знайти рівняння подібності, яке описує процес піноутворення в барботажних апаратах.

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.

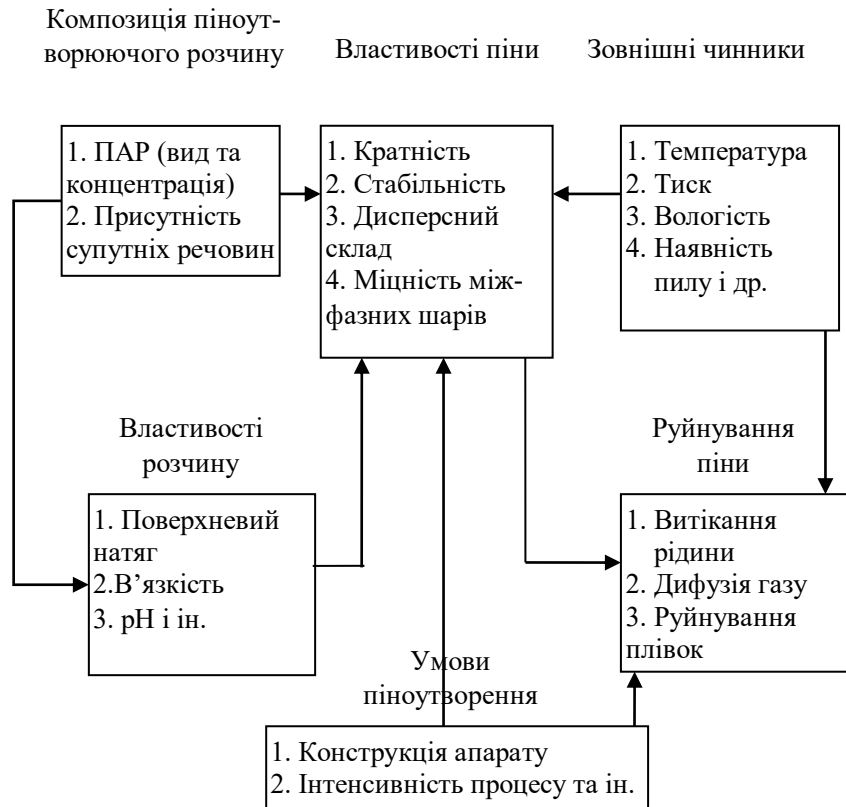


Рисунок 35 – Умови одержання пін, чинники, що впливають на її властивості

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:

$$\beta = V_{\text{п}} / V_{\text{р}},$$

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.

Для одержання стійких пін рідка фаза повинна містити ПАР, що спроможні адсорбуватись на міжфазній поверхні. Поверхневий натяг такої двохкомпонентної системи визначається кількістю адсорбованої розчиненої речовини:

Адсорбція (Γ) визначається за формулою (1.31):

$$\Gamma = -\frac{d\sigma}{RT} \times \frac{dc}{dc},$$

де c – об'ємна концентрація;

$d\sigma/dc$ – поверхнева активність розчиненого компоненту;

R – універсальна газова стала;

T – температура.

Поверхневий натяг визначається за формулою (1.32):

$$d\sigma = -\sum_{i=1} \Gamma_i \times d\mu_i,$$

де Γ_i – поверхневий надлишок i -го компоненту;

μ_i – хімічний потенціал i -го компоненту.

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.

Порівнювати літературні дані про піноутворюючу здатність ПАР різноманітних класів важко, що пояснюється різними умовами проведення експериментів і використанням різноманітних методів визначення цієї властивості. Усе ж можна відзначити деякі закономірності. Так, аніоноактивні ПАР мають більшу піноутворюючу здатність чим неіоногенні. Це може бути пов'язане з розходженням швидкостей утворення адсорбційного шару для аніонних ПАР. Така особливість властивостей неіоногенних ПАР пояснюють впливом гідрофобних груп їхніх молекул на гідрофільно-ліпофільний баланс, а також великими розмірами гідрофільної частини молекули.

Найчастіше для одержання пін використовуються наступні ПАР:

– білки (ячний 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 плавало, збільшується до максимального значення, потім залишається практично постійним аж до межі розчинності даного ПАР або знижується. Це пов'язано із міцелоутворенням, оскільки при досягненні критичної концентрації міцелоутворення (ККМ) спостерігається максимальний

об'єм піни. Крім того, в області ККМ відбувається завершення формування адсорбційного шару з максимальною механічною міцністю. За подальшого збільшення концентрації ПАР у розчині (вище ККМ) швидкість дифузії молекул у поверхневий шар зменшується, чим і пояснюється, очевидно, деяке зниження піноутворюючої здатності;

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

– **pH** – білкові розчини виявляють максимальну піноутворюючу здатність, як правило, у ізоелектричній точці. Розчини желатини і лактальбуміну мають максимальне піноутворення за $pH=4,5$. У сильнокислому середовищі pH 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. Піни з розчинів піноутворювачів першого роду швидко розпадаються по мірі витікання міжплівкової рідини. Стабільність пін збільшується з підвищенням концентрації піноутворювача, досягаючи максимального значення до насичення адсорбційного шару, і потім знижується майже до нуля.

2. **Піноутворювачі другого роду** (колоїдні ПАР) утворюють у воді колоїдні системи, піни які мають високу стійкість. Витікання міжплівкової рідини в таких метастабільних пінах у визначений момент припиняється, а пінний каркас може зберігатися тривалий час за відсутності руйнуючої дії зовнішніх чинників (вібрація, випаровування, й ін.). Такі системи мають потенційний енергетичний бар'єр, що протидіє руйнації і забезпечує системі стан рівноваги.

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 Пано-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 технологічна реалізація;
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.

МОДУЛЬ 4 СПОСОБИ ОБРОБКИ СИРОВИНИ

ЛЕКЦІЇ 4.1-4.5 СПОСОБИ ОБРОБКИ СИРОВИНИ: ТЕПЛОФІЗИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ, ОХОЛОДЖЕННЯ ТА ЗАМОРОЖУВАННЯ СИРОВИНИ ТА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ, МАСООБМІННІ СПОСОБИ ОБРОБКИ СИРОВИНИ ТА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ, МЕХАНІЧНІ ТА ГІДРОМЕХАНІЧНІ СПОСОБИ ОБРОБКИ СИРОВИНИ ТА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ, ХІМІЧНІ СПОСОБИ ОБРОБКИ СИРОВИНИ ТА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

1. Теплофізичні характеристики продуктів.

Рекомендована література для вивчення теми: [1, 10]

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 температуропроводності розраховуються теоретично по формулах, але здебільшого визначаються експериментально.

При вивченні теплофізичних характеристик необхідно враховувати структуру матеріалу, взаємодію його із зовнішнім середовищем, а також молекулярну і хімічну взаємодію вологи з матеріалом (форми зв'язку вологи) і умови переміщення її в матеріалі.

Для характеристики властивостей харчових матеріалів використовують загальні закони теплопровідності. Лінійна залежність між тепловим потоком і температурним градієнтом виражається законом теплопровідності Фур'є у вигляді

$$q = - \lambda \cdot \text{grad } T$$

де q – щільність теплового потоку, Вт/м²; λ – теплопровідність, Вт/(м·К); $\text{grad } T$ – температурний градієнт, К/м.

У законі Фур'є мінус означає, що в напрямку потоку теплоти температура зменшується. Теплопровідність характеризує здатність тіла проводити теплоту. Для харчових матеріалів різної структури механізм передачі теплоти різний.

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. Можна вважати, що для дисперсних харчових матеріалів теплопровідність є величиною умовною (уводиться поняття ефективної теплопровідності λ_{ef} на відміну від істинного λ).

Тепло-інерційні властивості харчових матеріалів і визначається за формулою:

$$a = \frac{\lambda}{c\rho},$$

де c – питома теплоємність матеріалу, Дж/(кг·К); ρ – густина матеріалу, кг/м³.

Коефіцієнт температуропровідності характеризує швидкість вирівнювання температури у різних точках температурного поля. За інших рівних умов швидше нагріється або охолоджується те тіло, що має більший коефіцієнт температуропровідності.

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.

Термічна обробка є одним із основних заходів в технології виробництва більшості харчових продуктів. Її тривалість і температура можуть бути різні в залежності від мети проведення та швидкості змін параметрів процесу. *За призначенням* термічну обробку поділяють на:

- **попередню термічну обробку;**
- **основну термічну обробку.**

Попередній тепловій обробці піддають овочі, фрукти, ягоди, м'ясо, рибу, бобові, крупи, макаронні вироби та інші. Вона спрямована на підготовку сировини до основних видів перетворень (подрібнення, пресування, стерилізації тощо).

Залежно від мети застосовують такі групи методів теплової обробки:

- поверхнева тепла обробка – ошпарювання, обпалювання, обжарювання, пасерування;
- нагрівання з метою досягнення певної міри готовності продукту – бланшування, варіння, запікання, уварювання, смажіння, 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 ґріюче 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 (варіння ковбасно-кулінарних виробів, стерилізація консервів, випікання хліба) або істотно змінюються властивості сировини і вона переходить з одного якісного стану в інший (витоплювання жиру, гідротермічна деструкція колагену тощо).

До *допоміжних* способів теплової обробки відносяться такі, при яких оброблювана сировина не піддається істотним змінам: ошпарювання, обпалювання, підігрівання, підсушування та інші.

Як правило, ці способи обробки застосовуються перед основними, тому що вони сприяють наданню сировині специфічних властивостей, необхідних для виготовлення відповідного продукту.

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 (води, бульйону, вологої пари або суміші насиченої пари та повітря). Таку обробку проводять у більшості випадків при температурі 75...100 °С

Вологі способи широко застосовують при виробництві як рослинних, так і м'ясопродуктів при витоплюванні жиру та в інших технологічних процесах.

До вологих способів теплової обробки відносять: *варіння у воді, на парі; стерилізацію, пастеризацію, тиндалізацію, обробку в електромагнітному полі струмів НВЧ* та інші. Вони мають ряд різновидів, обумовлених видом оброблюваної сировини, технологічним обладнанням, параметрами процесу та іншими факторами.

Варіння – найбільш поширений спосіб теплової обробки. Його використовують як один з проміжних процесів технологічної обробки сировини і як завершальний етап виробництва продукції з метою доведення до стану кулінарної готовності, яка характеризується визначеною консистенцією, запахом, смаком і кольором продукту. Гріючим середовищем при варінні може бути гаряча вода, пароповітряна суміш або металева поверхня (варіння в формах). У всіх цих випадках відбувається вологе нагрівання (при варінні у формах — за рахунок утворення бульйону). Теплова обробка парою найбільш поширена через менші втрати маси і можливості отримати продукт більш соковитий, ніж при варінні у воді. Варіння виробів проводять до досягнення в центрі продукту температури 68...72°С.

Надто висока температура та тривалість варіння викликає усаджування м'яса і шпику, зниження виходу готового продукту та погіршення його органолептичних показників. При низькій температурі або недостатній тривалості процесу не досягається кулінарна готовність, погіршуються органолептичні показники готового продукту та зниження стійкості при зберіганні.

Стерилізація в широкому розумінні означає теплову обробку консервів, що проводиться з метою знищення мікробів при будь-яких температурах. У більш вузькому розумінні стерилізація це теплова обробка консервів при 100°С і вище.

Стерилізація, яка проводиться при температурі нижче 100°С, носить назву *пастеризації*. Ця термінологія не являється строгою. В літературі частіше зустрічаються визначення, згідно з якими стерилізацією називають процес теплової обробки консервів тільки при температурах вище 100°С, а пастеризацією до 100°С.

Гаряче фасування окремий випадок пастеризації. Це термічна обробка кислотних продуктів до (або) в момент фасування їх у велику тару ($> 3 \text{ дм}^3$), яка забезпечує одержання промислово стерильних консервів за рахунок високої температури фасованого продукту та довгого остигання.

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. Тиндалізація відрізняється від звичайної пастеризації більш м'яким режимом. Обробку проводять або при традиційній для пастеризації температурі, але з меншою тривалістю або при традиційній тривалості, але при більш помірній, ніж потрібно для даного виду консервів, температурі. Сумарний же ефект режиму гарантує визначену стабільність консервів при зберіганні.

При такому чергуванні помірного нагрівання і охолодження початкова консистенція сировини змінюється мінімально, тому якість консервів краща, ніж при звичайній пастеризації і стерилізації. Так, якщо, наприклад, тричі стерилізувати при 100 °С, всього по 5 хв компоти у великій консервній тарі з інтервалами між варками за добу, то плоди не розварюються, як це нерідко буває при звичайній одноразовій 40...50 хвилинній тепловій обробці; вони мають пружну, щільну консистенцію.

Деякі делікатесні м'ясні консерви (наприклад шинкового типу) піддають подвійній стерилізації при 100°C, а не при підвищених температурах (115...120°C), як це потрібно було б робити згідно з класифікацією за активною кислотністю. Після першої термообробки консерви охолоджують і залишають при кімнатній температурі на 20...28 годин до другої термообробки.

Мікробіологічна стабільність при багатократній обробці забезпечується тим, що при першій обробці гине більшість вегетативних клітин бактерій. Частина ж з них встигає перетворитися в спорову (більш стійку) форму. Протягом добової витримки при кімнатній температурі спори проростають і утворені вегетативні клітини гинуть при повторній обробці.

Дробова стерилізація новий варіант повторної стерилізації, запропонований для консервів із гідробіонтів, відрізняється від класичної умовами витримки. Спосіб передбачає двостадійну стерилізацію при традиційній температурі і проміжною витримкою продукту між обробками протягом 1,5 і 0,5 год, відповідно при температурі 30 і 50°C.

Використання запропонованого способу дозволяє зменшити теплове навантаження на продукт при забезпеченні мікробіологічної стабільності продукту і підвищити якість консервів.

Задача стерилізації, полягає в знищенні тих форм мікроорганізмів, які можуть розвиватися в звичайних умовах зберігання і викликати при цьому псування консервів або створювати небезпечні для здоров'я людини продукти своєї життєдіяльності. Деякі ж мікроорганізми, наприклад сінна чи картопляна палички, в консервах не розвиваються і є в цьому розумінні нешкідливими. Домагається їх знищення нема потреби, тим більше, що вони дуже термостійкі, і спрямування процесу стерилізації на їх знищення призвело б тільки до зайвого посилення режиму і погіршення якості харчового продукту.

Таким чином, у процесі стерилізації необхідно досягати не абсолютної, а тільки так званої «промислової» стерильності, при якій в консервах повинні бути відсутніми збудники псування харчових продуктів або патогенні і токсикогенні форми і можуть зустрічатися мікроорганізми, які не здатні розвиватися і викликати псування консервів у звичайних умовах зберігання.

Головними параметрами, які характеризують процес стерилізації, є *температура*, яку необхідно досягти і підтримати в стерилізаційному апараті, і *час*, протягом якого консерви піддаються нагріванню. Ці два параметри можна назвати мікробіологічними, оскільки саме ними визначається загибель мікроорганізмів. Недотримання цих параметрів призводить до виникнення різних видів біологічного браку консервів (газоутворення з бомбажем тобто підняття кришок, пліснявіння та ін.), які виявляються, як правило, через декілька днів, а іноді й тижнів після стерилізації.

Якщо процес стерилізації проводять при температурах вище 100°C, то в апараті необхідно створювати відповідний термодинамічний тиск. Так як без цього тиску неможливо одержати потрібну температуру стерилізації. Певній температурі стерилізації повинно відповідати певне значення тиску. Тому такий тиск не є третім параметром процесу.

Але в багатьох випадках стерилізацію доводиться проводити під тиском, величина якого перевищує пружність гріючої пари, необхідну для забезпечення заданої температури стерилізації. Цей додатковий «над паровий» тиск створюють за допомогою стисненого повітря або води. Так роблять тоді, коли внутрішній тиск, який виникає в консервах при стерилізації, загрожує викликати незворотну деформацію жерстяних банок або зірвати кришки скляних банок. Цей внутрішній тиск слід врівноважити зовнішнім, не підвищуючи температури гріючого середовища в апараті. У таких випадках з'являється третій параметр процесу стерилізації *тиск*. Він не впливає на знищення мікроорганізмів і є чисто фізичним параметром, але дотримуватись його потрібно, інакше також з'являється виробничий брак продукції.

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:

- малоокислотні (рН 4,2 і більше);
- кислотні (рН менше 4,2).

Першу групу стерилізують при температурах вище 100°C, як правило, в інтервалі 112...120°C, хоча іноді користуються і більш високими температурними рівнями 125...130°C. Другу групу стерилізують при 100°C або при більш помірних температурах, але не нижче 75...80°C. До першої групи відносяться всі м'ясні, рибні, молочні та овочеві консерви, а до другої всі плодоягідні консерви, варення, джеми, соки.

Після визначення оптимальної температури стерилізації визначають тривалість процесу стерилізації. Загальний час стерилізації залежить від двох складових: теплофізичної і мікробіологічної

Тому для того, щоб в'яснити фактори, від яких залежить загальний час стерилізації, необхідно розглянути окремо фактори, які визначають смертельний час (мікробіологічну складову) і час проникнення тепла в центр банки (теплофізичну складову).

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 інших компонентів хімічного складу консервів найбільший вплив на летальний час справляють антибіотичні речовини рослинного походження — *фитонциди*. Вони зменшують летальний час так само як значний вміст солі. За низького вмісту солі вмісту цукру та жиру летальний час збільшується.

З урахуванням усіх вказаних факторів встановлюють формулу стерилізації, під якою розуміють умовний запис даних, що характеризують режим процесу. Формулу схематично записують у вигляді:

$$\frac{A+B+C}{t} \cdot P$$

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. Бланшування є дуже важливою попередньою операцією, від якої у значній мірі залежить якість продукту і втрати у виробництві. Але 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.

Так, при виготовленні варення в плодах протікають протилежні за напрямком дифузійно-осмотичні процеси, в результаті яких з плодів назовні видалається волога, а в клітини проникає цукор з сиропу. Згідно з вимогами до готової продукції плоди після варіння повинні зберегти початковий об'єм і не бути зморщеними, а співвідношення між плодами і сиропом повинне знаходитися на рівні 1:1. Виходячи з цих вимог, варення необхідно варити так, щоб видалена при варінні волога (W) компенсувалась цукром, що проник у плоди (C), тобто відно-

шення W/C повинне бути близьким до одиниці. Якщо плоди попередньо на бланшувати то вони стають зморщеними. Якщо ж плоди до варіння піддати бланшуванню, то клітинна проникність їх зростає і при наступному зануренні в сироп одночасно відбувається осмос і дифузійне проникнення цукру до плодової клітини через пошкоджену цитоплазматичних мембран. Але для цього потрібно створити перепад тиску по обидві сторони мембран (чергування нагрів — охолодження), тому що і загибла клітина працює як осмотична система;

- *запобігти втратам речовин* з сировини підчас подальшої їх термообробки шляхом створення коагуляційного шару на поверхні;

- *інактивувати ферменти*;

- *зниження вмісту сторонніх речовин*. Видалення нітритів та нітратів, видалення летких сірчистих сполук, які входять до складу білків і які надають продукту неприємний запах при бланшуванні видаляються речовини (глюкози-ди), які надають деяким видам сировини неприємного гіркуватого присмаку (чорноплідна горобина, баклажани, спаржа і т.д.), руйнується поверхневий восковий шар плодів з утворенням дрібних тріщин на шкірці, що запобігає утворенню великих тріщин, сповзанню шкірочки і розтріскуванню (сливи, виноград, деякі сорти яблук), покращується смак терпких плодів (терен).

Обварювання – короткочасна обробка поверхні об'єкта гарячою водою або паром при температурі нижче 100°C . Мета ошпарювання – послабити зв'язок між частинами, які потрібно видалити під час обробки (волосняний покрив, щетину, роговий башмак, пір'я), а також зменшення механічної міцності шарів (епідермісу, слизової оболонки), що видаляються.

Наприклад, ошпарювання рубців великої рогатої худоби, сичугів свиней та великої рогатої худоби проводять для послаблення зв'язку слизистої оболонки зі стінкою шлунка при $62\dots 65^{\circ}\text{C}$. Язика ошпарюють для послаблення зв'язку між сполучною оболонкою (шкірою) та тілом язика при $75\dots 80^{\circ}\text{C}$.

Розварювання сировини проводиться в киплячій воді або паром для руйнування структури тканини і полегшення протирання при виготовленні фруктового або овочевого пюре, соків з м'якоттю, повидла, консервів для дитячого і дієтичного харчування. При розварюванні в сировині проходять ті ж фізико-хімічні зміни, що й при бланшуванні. Але ступінь деяких змін дещо інша, тому що теплова обробка триває довше. Тривалість розварювання складає від 15 до 25 хв при температурі $100\dots 110^{\circ}\text{C}$.

Уварювання – видалення вологи з продукту при кипінні, широко застосовується при виготовленні томатної пасти, томатного пюре, згущених фруктових та ягідних соків, повидла і джему. При концентруванні продуктів шляхом уварювання підвищується харчова цінність продуктів, створюються умови для тривалого зберігання, зменшується потреба в тарі, полегшується їх перевезення.

На відміну від випаровування, яке відбувається при температурі, що нижча температури кипіння розчину, уварювання відбувається при кипінні, тобто в умовах, коли тиск пари над розчином рівне тиску у робочому об'ємі апарату. Уварювання широко використовують у кондитерському, цукровому, консерв-

ному, молочному та ін. виробництвах. Найбільш доцільним способом уварювання є уварювання під вакуумом точка кипіння розчину знижується, і це дає змогу використовувати для обігріву вакуум-уварювальних апаратів пар низького тиску. При низьких температурах кипіння і короткочасному впливові тепла більш повно зберігаються цінні компоненти продукту і властиві йому колір, смак і запах, все це підвищує якість готової продукції.

По методу ведення процесу розрізняють періодичне та непереривне уварювання. При періодичному процесі вихідний розчин може загрузатися за один раз або порціями. Після досягання необхідної концентрації згущений розчин вигружають та апарат загрузають новою порцією вихідного розчину.

При непереривному процесі уварювання безперервно підводять гріючу пару та початковий розчин та безперервно відводять уварений розчин, вторинну пару та конденсат гріючої пари.

Сухі способи теплової обробки. Характерною особливістю сухих способів теплової обробки продуктів є проведення процесу при незначному парціальному тиску пари в гріючому середовищі. В результаті продукти набувають специфічного запаху і аромату жарених, копчених або запечених із золотистою кірочкою. До таких способів відносять смажіння, запікання, копчення, сушіння, та інші.

Смажіння. Смажінню піддають картоплю, овочі, м'ясні та рибні кулінарні вироби. Його здійснюють різними способами:

- у невеликій кількості жиру або без жиру (*основний спосіб*);
- у фритюрі;

Застосовують також комбіноване смажіння, коли використовуються одразу декілька способів передачі тепла (наприклад, конвекція і безпосередній вплив теплових променів, конвекція і контактний спосіб та інші).

Температурний режим смажіння може бути як постійний, так і змінний.

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. В обох випадках нагрівання ведуть до досягнення в центрі продукту температури 70°C.

Специфічними особливостями процесу запікання є те, що в результаті прямого контакту виробів з гріючим середовищем відбувається інтенсивне короткочасне випаровування вологи, що приводить до утворення поверхневого ущільненого шару, який перешкоджає подальшому виходу вологи (як у вигляді пари, так і у вигляді бульйону) із продукту. При цьому вихід готової продукції стає більшим. Втрати при запіканні проходять майже виключно за рахунок випаровування вологи і витікання невеликої кількості витопленого жиру. Отже, при запіканні всі інші складові частини продукту практично повністю зберігаються.

Але при запіканні коефіцієнт тепловіддачі менший, тому температуру гріючого середовища підтримують на більш високому рівні.

Запікання застосовують при виробництві кулінарних виробів, ковбас, м'ясних хлібів, солених м'ясних, рибних продуктів та інших.

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. Коптіння можна розглядати в певній мірі як комбінований спосіб обробки продукту, якість якого залежить від хімічного складу коптильного середовища — повітряно-димової суміші, яку одержують у результаті спалювання деревини і тирси при традиційних способах коптіння або від коптильних препаратів (рідин) при бездимному коптіні.

Дим являє собою аерозоль, який складається з твердих і дрібнокраплинних частинок, завислих у газовій фазі. Частинок дисперсної фази складаються переважно із сажі і смол і відіграють другорядну роль у наданні продукту специфічного присмаку, а першочергова роль належить паровій фазі, що містить кислоти, альдегіди і фенольні сполуки, які мають бактерицидні властивості, при таманні диму з деревини. Недоліком димового коптіння є те, що до складу диму входять канцерогенні поліциклічні ароматичні вуглеводні, із яких найбільш активним є *3,4 - бензпірен*.

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. Параметри процесу залежать від виду, розміру виробу та юнструкш, обжарювальної камери. Тривалість 0,5...2,5 год при температурі від 60...110°C, відносній вологості повітря 10...15 %. швидкості руху повітря – 2 м/с.

Процес проводять у дві фази:

- I фаза – підсушування оболонки при 50...60°C;
- II фаза - власне обсмажування при максимальних температурах.

У кінці обсмажування температура у центрі батона повинна сягати 40..45°C для виробів малого діаметра і 30...35°C для м'ясопродуктів більшого діаметра.

Гаряче коптіння. Гаряче коптіння при температурі 35...50°C на протязі 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 при температурі 70...80°C на протязі 1...2 год, вторинне, після їх варіння і охолодження – при температурі 30...35°C на протязі 48 год, а при 40...55°C – 24 год. При тривалому гарячому коптіні в тканинах сирих продуктів з помітною швидкістю проходять ферментативні зміни, в результаті яких виріб стає придатним в їжу без додаткової кулінарної обробки.

У деяких випадках власне коптіння органічно поєднується з термічною обробкою виробів – запіканням. При коптінні продуктів відносно вологість повітряно-димової суміші доцільно підтримувати на рівні 40...45 %, щоб одночасно проходило їх сушіння. Використовують при виробництві копчено-запечених ковбас, м'ясних рулетів.

Холодне коптіння здійснюється при температурі 18...22°C на протязі 2...3 діб застосовують при виготовленні сирокочених виробів з м'яса та риби з метою збільшення випуску копчених виробів без пониження їх якості. Коптіння можна провести на протязі 20...22 год при температурі 26...28°C.

З метою виключення попадання канцерогенних речовин диму, а також для запобігання забрудненню навколишнього середовища у багатьох вітчизняних та зарубіжних технологіях використовують коптильні препарати (рідини), що складаються із суміші хімічних речовин. Одержують ці препарати декількома способами: з конденсату диму, з конденсату парової фази від сухої перегонки деревини, з водного розчину суміші хімічних речовин ідентичних тим, що містяться у коптильному диму, та ін.

Залежно від виду коптильного препарату та можливостей виробництва застосовують декілька способів їх використання: введення в фарш; зрошування поверхні продукту перед тепловою обробкою; занурювання продукту у розчин коптильної рідини; розпорошування в обжарювальній камері; електростатичне нанесення дрібно розсіяних частинок коптильного препарату.

При використанні коптильних препаратів ковбасні вироби обжарюють без використання диму у камерах за звичайних режимів.

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. Це складний технологічний процес, який часто є вирішальним етапом виробництва.

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. Спосіб складний, тому що зв'язаний з готуванням і регенерацією порівняно дорогих поглиначів. Застосовується для осушки газів;

тепловими – випарювання і конденсація. Ці способи застосовують у разі потреби найбільш повного видалення вологи з матеріалу.

В основі механічних і фізико-хімічних способів лежить принцип видалення з продуктів вологи без зміни її агрегатного стану, тобто у виді рідини.

Теплові способи мають інший принцип, а саме: волога перетворюється в пароподібний стан і видаляється у вигляді водяної пари. Цей метод сушіння зв'язаний з витратою тепла, що витрачається на зміну агрегатного стану вологи – перетворення води в пару.

Механічне видалення вологи з продуктів є більш простим і недорогим способом, ніж теплове сушіння. Унаслідок цього при дуже великій вологості

матеріал піддають спочатку механічному зневоднюванню (пресуванню).

Теплове сушіння роблять наприкінці технологічного процесу обробки вологих продуктів, коли необхідно видалити міцно зв'язану з ними вологу.

Процес зневоднювання продуктів шляхом переведення вологи в пароподібний стан і видалення водяної пари, що утворилася, у навколишнє середовище називається тепловим сушінням.

Розрізняють *природне теплове сушіння і штучне* (рис. 36).

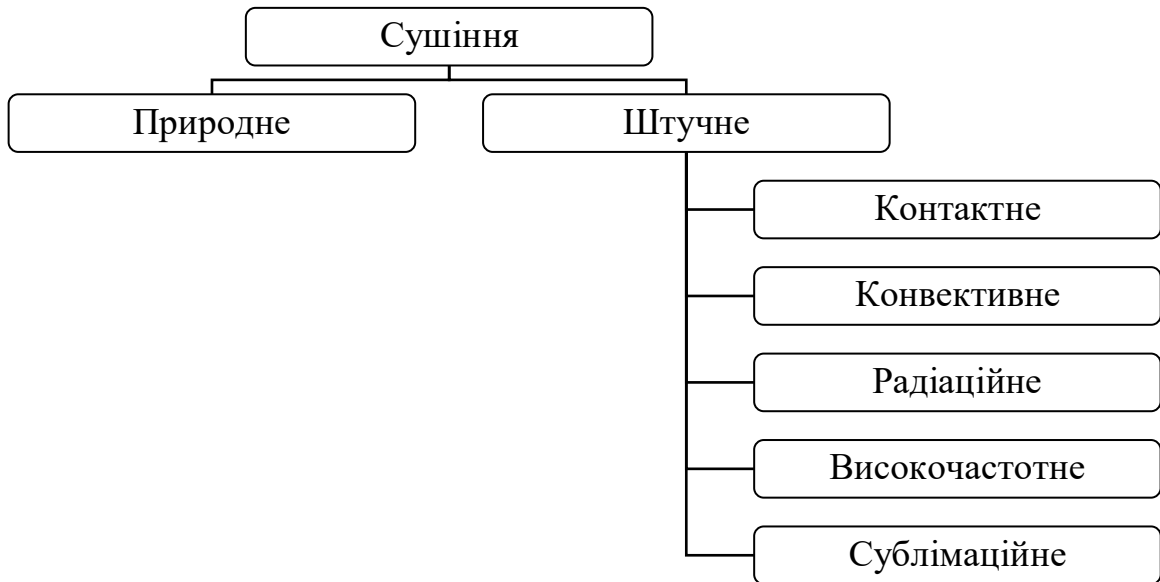


Рисунок 36 – Класифікація видів сушіння

Природне сушіння проводять на відкритому повітрі без додаткового нагрівання. Процес відрізняється великою тривалістю, не регулюється, висушений матеріал має порівняно високу залишкову вологість. Цим способом сушать зерно на току.

Штучне сушіння здійснюється за допомогою нагрітого сушильного агента – димових газів або повітря, – які безпосередньо контактують з матеріалом, нагріваючи його і поглинаючи вологу. На цей процес затрачається багато теплової енергії. Однак цей спосіб є єдиним для повного видалення з харчових продуктів міцно зв'язаної вологи.

Штучне теплове сушіння може бути *контактним, конвективним, радіаційним, високочастотним і сублімаційним*.

Контактне сушіння здійснюється при нагріванні матеріалу теплоносієм через стінку, що проводить тепло. Нагріте повітря, димові гази або водяна пара проходять через нижню частину сушильної камери, відділеної від верхньої частини суцільною стінкою, на якій міститься вологий матеріал. Завдяки контактowi з нагрітою стінкою, продукт прогрівається і висушується. Водяна пара видаляється із сушарки через штуцер.

Контактним способом сушать молоко, дріжджі, пастоподібні продукти (овочеві і фруктові пюре, а також пасти).

Конвективне сушіння протікає при безпосередньому контактi нагрітого сушильного агента з вологим матеріалом.

Сушильний агент (повітря) нагрівається в калорифері. Потім він надходить у сушильну камеру, де знаходиться вологий матеріал, що піддається висушуванню. При такому сушінні продукт обтикається струменем повітря, що, поглинувши вологу і віддавши тепло, відводиться із сушильної камери вентилятором.

Цим способом, найбільш розповсюдженим у сушильній техніці, сушать хлібні вироби, цукор-рафінад, кондитерські вироби (мармелад, пастилу).

До конвективного відноситься сушіння сипучих матеріалів (зерна, комбікормів) у «киплячому» шарі, де відбувається інтенсивний тепло- і вологообмін, унаслідок чого ефективність процесу сушіння збільшується.

Радіаційне сушіння здійснюється шляхом опромінення продукту інфрачервоними променями. Цим способом сушать бісквіти, тонкі шари тіста, печиво.

Джерелом інфрачервоних променів служать спеціальні електричні лампи потужністю ~ 500 Вт, що направляють промені на продукт, що висушується. Інфрачервоні промені легко проникають на значну глибину в продукт.

Вологий продукт під дією теплових інфрачервоних променів швидко прогрівається, у той час як повітря в просторі між лампами і матеріалом майже не нагрівається. Таким чином, витрати тепла в навколишнє середовище при радіаційному сушінні незначні, і тривалість процесу дуже невелика внаслідок швидкого видалення вологи з продукту.

Сушіння в полі струмів високої частоти застосовуються для видалення вологи, міцно зв'язаної з продуктами, наприклад, какао-бобів, зерна й ін. В електричному полі виникає інтенсивне коливання молекул вологого матеріалу. Унаслідок тертя між молекулами виділяється тепло, завдяки якому матеріал швидко нагрівається і висушується. При цьому відбувається рівномірний прогрів його по всій товщині, у зв'язку з чим продукт сушиться рівномірно і швидко, і на його поверхні не з'являються пересушені скоринки.

Сублімаційне сушіння являє собою видалення вологи з матеріалу шляхом перетворення її в лід, а потім, минаючи рідкий стан, – у водяну пару.

Сублімація протікає у високому вакуумі – залишковий тиск в установці ($1 \cdot 10^{-2} \dots 1 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст.). Процес сушіння складається з двох стадій: заморожування при температурі нижче 0°C , коли уся волога в продукті замерзає, і випарювання вологи з льоду у вакуумі без його плавлення (сублімація).

Вологий продукт попередньо заморожують при температурі біля $-15 \dots -18^\circ\text{C}$. Сублімаційно висушені продукти, зберігають колір, смак, запах, поживні властивості і біологічну цінність (білки, вітаміни). До сухих способів допоміжної теплової обробки відносять *пасерування, піджарювання, 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). Метою цього процесу є надання продукту певних характеристик (консистенції, смаку, запаху, кольору). Темперування знайшло місце у технологіях виробництва багатьох харчових продуктів. Наприклад, у пивоварінні, виготовленні сиров'ялених ковбас, також у виробництві коньяків, вин сиру та ін. Для кожної технології виробництва продуктів харчування характерні свої параметри температуру, які залежать від бажаного результату.

Комбіновані способи теплової обробки, У технологічних схемах виробництва деяких продуктів іноді об'єднують декілька способів теплової обробки. Так, при тушінні спочатку сухий продукт обсмажують з усіх сторін в ємності з додаванням жиру або без нього до утворення золотистої кірочки, потім вологий продукт доводять до кулінарної готовності з додаванням бульйону в закритій ємності при температурі 95°C. При виробництві варено-копчених виробів об'єднують *коптіння і варіння*.

До комбінованих допоміжних способів теплової обробки відносяться: обпалювання, знежирювання, вологотеплова обробка мезги.

До термічної обробки відносять також процеси *охолодження та заморожування* сировини та харчових продуктів.

Сутність **охолодження** харчових продуктів полягає в зниженні їхньої температури за допомогою теплообміну з навколишнім середовищем, що не супроводжується льодоутворенням. При охолодженні уповільнюються біохімічні й мікробіологічні процеси, що є важливою умовою для збереження якості й продовження строків зберігання швидкопсувних продуктів.

Для продуктів, особливо чутливих до низьких температур (курячі яйця, ягоди, плоди, овочі), охолодження – це найбільш прийнятний засіб їхнього холодильного консервування в натуральному виді.

Процес охолодження повинен відбуватися як найшвидше, тому що це забезпечує найбільш ефективно гальмування біохімічних, мікробіологічних і інших змін, які скорочують можливу тривалість зберігання продуктів або знижують показники якості.

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. Розкрити закономірності цього процесу, що об'єднує в собі ряд теплофізичних явищ, досить складно.

Охолодження продуктів відбувається теоретично відповідно до закону Фур'є про теплопровідність твердих тіл при нестационарному режимі. Спочатку охолоджуються поверхневі шари, а потім охолодження поступово поширюється вглиб тіла.

Після закінчення деякого часу, що становить, тривалість охолодження продукту, температура усіх частин тіла вирівнюється й відповідає температурі зов-

нішнього середовища. Швидкість охолодження й кінцева температура охолоджуваних продуктів у багатьох випадках є визначальними для успішного холодильного зберігання, особливо продуктів рослинного походження.

Види охолодження. Основними параметрами при охолодженні є кінцева температура продуктів і швидкість їхнього охолодження. Швидкість процесу визначається, в основному, видом продукту, що охолоджується. Якщо швидкість недостатньо велика, то у продукті часто відбуваються небажані зміни внаслідок руйнівної дії мікробіологічних і ферментативних процесів, що можуть випереджати процес охолодження. Чим швидше та глибше охолодити свіжі продукти, тим краще збережуться їхні початкові показники якості та зменшаться витрати їх маси.

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. Для штучного охолодження може бути використаний будь-який фізичний процес, пов'язаний з вилученням теплоти (плавлення, сублімація, кипіння та інші).

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.

Повітряне охолодження. Повітря – найбільш розповсюджений холодоагент. Він не має запаху і на більшість харчових продуктів не виявляє шкідливого впливу (за винятком окислюючої дії кисню). До недоліків охолодження в повітрі можна віднести низький коефіцієнт тепловіддачі з боку повітря (до 58 Вт/(м²·К)), порівняно низька питома теплоємність (біля 1 кДж/(кг·К)), випаровування вологи з поверхні продукту, що супроводжується втратою їхньої маси за недостатньої вологості повітря.

Водне охолодження. Вода має більшу теплоємність і більш високі коефіцієнти тепловіддачі, ніж повітря. Для економії води і охорони навколишнього середовища вводиться система водообороту, що дає можливість різко скоротити споживання свіжої води. При цьому воду після теплообмінного обладнання охолоджують у градирнях за рахунок часткового випаровування в повітря, що рухається протитечією, і після очищення знову спрямовують на використання як холодоагенту. Вода використовується для охолодження в поверхневих і змішувальних теплообмінниках. В останні роки широко застосовують холодну (льодяну) воду (1...4°С) для охолодження тушок птиці до 4...6°С, розміщуючи їх в спеціальні ванни або зрошуючи через форсунки. Широко використовується льодяна вода для охолодження молока у пластинчастих охолоджувачах.

Охолодження льодом. Лід застосовують для одержання температури близько 0°С, бо за цієї температури він плавиться і віднімає теплоту від

продукту. У тих випадках, коли продукт, що охолоджується, рідкий, хімічно не взаємодіє з водою і для нього допускається розведення, лід вноситься в нього безпосередньо. При цьому лід нагрівається рідиною до 0 °С, а після цього плавиться, віднімаючи теплоту плавлення від рідини, що охолоджується. Тривалість охолодження льодом залежить від умов проведення процесу; вона зменшується зі зменшенням розмірів шматків льоду та зі збільшенням інтенсивності перемішування рідини.

Заморожування харчових продуктів – це процес повного або часткового перетворення в лід вологи, що міститься в них, внаслідок відводу тепла при зниженні температури нижче криоскопічної. Заморожування застосовують, якщо необхідно зберегти продукти протягом більш тривалого часу, чим це можливо для охолоджених продуктів, а також для підготовки їх до тривалого зберігання. При льодоутворенні дифузійне переміщення розчинних у воді речовин припиняється, отже, припиняється харчування мікроорганізмів і протікання біохімічних реакцій. Результативний ефект перетворення води в лід споріднений з ефектом зневоднювання. Таким чином, стійкість замороженим продуктам надає перетворення води з крапельнорідинного стану у твердокристалічний.

Тваринні й рослинні тканини містять клітинну рідину, яка є розчином солей, білків і вуглеводів і являють собою колоїдну систему. Характер замерзання колоїдних розчинів відрізняється від замерзання молекулярних сольових розчинів. Чистий сольовий розчин при замерзанні розділяється на дві фази: воду та сіль; при розмерзанні сіль знову рівномірно розподіляється у воді, утворюючи первісний розчин. Таким чином, процес замерзання сольового розчину є оборотним.

У колоїдних розчинах частки речовин, розподілені в розчиннику, значно крупніше в порівнянні з частками в молекулярних сольових розчинах. 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. Отже, у процесі заморожування значення концентрації як параметра розчину збільшується, у зв'язку із чим підсилюється коагулююча дія, солей на колоїди. У міру вимерзання води температура замерзання розчину, що залишився, безупинно знижується внаслідок збільшення в ньому концентрації солей.

Цей процес триває доти, поки розчин не досягне евтектичної концентрації, при якій він замерзає без відділення чистого розчинника при температурі, що називається евтектичною (t_e).

Евтектична температура харчових продуктів відповідає температурі, при якій вся рідина, що входить у їхній склад, перетворюється у твердий стан. Евтектична температура харчових продуктів знаходиться в межах -60...-65°С.

У холодильній технології воду, що перетворилася в лід при заморожуванні продукту, прийнято називати «вимороженою водою». Під цим терміном мають на увазі кількість льоду при даній температурі, віднесена до сумарної

кількості води й льоду, які містяться в продукті при цій же температурі, або до загальної кількості води в продукті.

До початку заморожування кількість вимороженої води дорівнює нулю, при евтектичній температурі кількість її досягає 100%. Проміжні значення цієї величини можуть бути обчислені на підставі закону Рауля, відповідно до якого зниження температури замерзання розчину пропорційно збільшенню його концентрації.

Кількість вимороженої води є тільки функцією температури і властивостей продукту і не залежить від способу, швидкості й умов заморожування.

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.

Заморожування охолодженим повітрям. При заморожуванні повітря служить передавачем теплоти продукту, що заморожується, до холодоагенту, що циркулює у середині (іноді на поверхні) теплообмінника-холодильника (морозильні камери і морозильні установки повітряного охолодження).

Заморожування в охолодженому розчині. Розсіл, що перебуває в ємності, охолоджується за допомогою випарника, і подається насосом у морозильну установку (найстаріший спосіб).

Безконтактне заморожування. При цьому способі заморожування продукт, покладений у металеву форму або у водонепроникну упаковку, занурюють в охолоджений розчин. Як такі розчини використовуються розчини солей. Умовою швидкого заморожування є ретельне розміщення продукту у формі, що виключає утворення повітряних подушок, які зменшують теплопередачу й знижують швидкість заморожування.

Заморожування продуктів у рідкому холодоагенті. Використовують безпечні холодоагенти (рідкий азот та ін.).

Замороження у глибокому вакуумі. Заморожування продуктів при зниженому тиску (адіабатичне охолодження) служить як основна операція при сублімаційному сушінні продуктів. Окремо процес не використовується але є перспективним для продуктів, у яких механічне пошкодження тканини привело б до погіршення їх показників якості, а також і для продуктів, які небажано піддавати тепловій обробці.

Розморожування харчових продуктів – це технологічний процес перетворення води, що міститься в них, із твердого стану в рідке й можливе відновлення їхніх природних властивостей. Розморожування, як і утеплення, є заключною ланкою холодильного ланцюга.

При розморожуванні необхідно, щоб харчові продукти зберегли первісні властивості з найменшими втратами показників якості й кількості.

Термін «розморожування» іноді заміняють термінами «відтавання», або

«дефростація», що не зовсім правильно. Дефростацією (defrostation) як правило називають видалення льоду й снігу тепловим способом з холодильних, поверхонь. Відтаванням (thawing) називають нагрівання заморожених продуктів.

При заморожуванні й холодильному зберіганні відбувається переміщення води із клітин у міжклітинні й міжволоконний простір. У період розморожування вода, що утвориться при таненні льоду, повинна переміщатися у волокна й клітини тканини, Тому при розморожуванні дуже важливо створити умови і режим для найбільш повного відновлення вихідного розподілу вологи між клітинами й міжклітинними просторами. Порушення його приводить до витікання соку із продукту, втраті поживних і смакових властивостей, зміні консистенції й кольору. Витікання соку при розморожуванні може відбуватися в результаті ушкодження тканин, клітин і волокон кристалами льоду, внаслідок чого їх здатність утримувати вологу різко знижується; часткової втрати здатності клітинних білків до набрякання; біохімічних змін у тканинах, які приводять до зміни реакції середовища, структури тканини, частковому розпаду складних речовин до більше простих, що мають меншу здатність до поглинання вологи.

В період розморожування біохімічні реакції у тваринних і рослинних тканинах підсилюються у бік гідролітичних реакцій, що також погіршує гідрофільність тканини й сприяє витіканню соку.

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.

Повітряне середовище доцільно застосовувати для розморожування дрібних продуктів; поле НВЧ – для кулінарних виробів; гарячу металеву поверхню – для напівфабрикатів; воду – для розморожування риби, птиці, плодів; пароповітряне середовище – для м'яса.

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, темперування. 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.*

МОДУЛЬ 5 БІОХІМІЧНІ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ

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: [1, 11, 12, 13, 14, 17]

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

ЛЕКЦІЯ 5.1 РОЛЬ ФЕРМЕНТІВ У ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ. ЗАКОНОМІРНОСТІ БІОХІМІЧНИХ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ (1 год.)

Ферменти – це специфічні білкові речовини, які синтезуються в живих клітинах рослин, тварин або мікроорганізмів і регулюють перебіг всіх важливих процесів організму.

Ферменти містяться у всіх клітинах живих організмів. Протягом десятиліть ряд науковців працювали з ферментами, вивчаючи їхні властивості, кінетику дії на субстрат, досліджуючи мікроорганізми, рослини, тваринні тканини на предмет виявлення в них ферментів або ж прояву їх дії. Було створено наукові основи одержання ферментних препаратів.

Ферментний препарат (ФП) відрізняється від ферменту тим, що крім активного білка містить різні баластові речовини. Часто такий препарат містить не один, а кілька ферментів.

Для одержання ферментних препаратів використовують деякі рослинні

організми або окремі органи рослин і тварин. Ферменти можуть бути отримані під час культивування спеціальних мікроорганізмів, які в процесі росту й розвитку залежно від умов можуть здійснювати спрямований синтез тієї або іншої групи ферментів і виділяти їх у середовище (*екзоферменти*) або накопичуватись в самій клітині (*ендоферменти*).

Промислове виробництво ферментних препаратів з рослинної й тваринної сировини лімітується обмеженістю сировинних ресурсів і відносно невеликим асортиментом ферментів, які з неї можуть бути отримані.

З огляду на це найбільш перспективне виробництво ферментів мікробного походження, тому що для такого виробництва сировинні ресурси невичерпні, а асортимент ферментів надзвичайно широкий.

Мікроорганізми в спеціально створених умовах здатні синтезувати значну кількість ферментів. Продуцентами їх можуть бути бактерії, гриби, дріжджі, актиноміцети.

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.

Останній спосіб найбільш перспективний, тому що процес створює кращі санітарно-гігієнічні умови праці, він легко піддається механізації, дозволяє автоматизувати його керування й регулювання.

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.

Амілоризін Пх – *Aspergillus oryzae* [ориз]

Амілосубтилін П2х *Bacilo subtilis* [субтилис]

Протосубтилін П10х

Ліпоризін Г20х

Індекс П або Г – поверхневе 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.

П2х, Г2х – рідкий концентрат розчинних речовин вихідної культури. Концентрація ФП одержаного поверхневим способом складає – 50%, а глибинного – 40%.

П3х, Г3х – сухі ФП, отримані висушуванням (розпиленням) екстракту з поверхневої культури або фільтрату культуральної рідини.

П10х, Г10х – широко застосовуються, це сухі ФП, отримані осадженням ферментів з водних розчинів (органічними розчинниками або солями). Як пра-

вило одержують із концентратів.

Індексами 15, 20, 25 позначають очищені ферменти, але тільки від балас-тових речовин, а не від інших ферментів.

Більше, ніж 25 ступенів очищення не застосовують. Оскільки це будуть у кристалічному вигляді чисті ферменти.

Ферменти як біологічні каталізатори.

Ферменти, або ензими – це біокаталізатори білкової природи, що володіють специфічною дією на субстрат.

В 1961 р. діючим комітетом з ферментів при Міжнародному біохімічному союзі була розроблена й рекомендована сучасна номенклатура й класифікація ферментів, що згодом доповнювалася. *В основу класифікації й номенклатури ферментів покладені три загальних 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.

На сьогоднішній день у списку ферментів більше 2 тисяч назв і він постійно поповнюється.

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.

Звичайно застосовуються більш дрібні одиниці: мікрокатал (мккат, 10^{-6}), нанокатал (нкат, 10^{-9}), пікокатал (пкат, 10^{-12}).

Оскільки ферменти є речовинами білкової природи, велику роль у прояві їх активності визначають величини рН і температури. Варто пам'ятати, що за умови зміни рН середовища відбувається зміна заряду білка, що викликає іноді істотну зміну конформації поліпептидного ланцюга.

Кожний фермент має оптимальну зону дії – рН і $t, ^\circ\text{C}$. Для більшості ферментів рН = 4,5...5,5 (слабко кисле середовище). Пепсин – рН 1,5...2.

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;

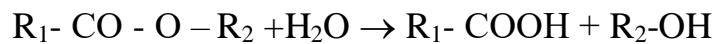
3) чисті ферментні препарати застосовують як аналітичний засіб у хімії й технології харчових продуктів – без виділення визначають кількість речовини в системі.

2. Гідролітичні ферменти

Гідролази каталізують розщеплення складних сполук на більш прості з приєднанням води.

Діляться вони на 11 підкласів. Ми розглянемо три підкласи – естерази, карбогідрази, протеази.

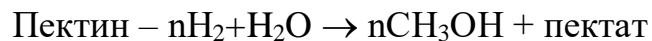
Естерази розщеплюють складноєфірні зв'язки.



Можуть каталізувати реакції розщеплення й синтезу. З ферментів цього класу велике значення мають ліпази, пектинестерази, фосфатази.

Ліпази каталізують розщеплення жирів. Їм належить важлива роль: у молоці ліпаза сприяє утворенню ароматичних речовин; ліпаза пшениці веде до прогіркання борошна; у крупах – до підвищення кислотності й зниженню якості.

Пектинестераза каталізує реакцію відщеплення метанолу від пектину.

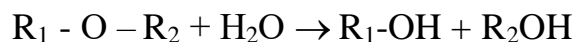


Високоактивний фермент, міститься в помідорах, апельсинах, люцерні, цвілевих грибах.

Фосфатази гідролізують складні ефіри фосфорної кислоти (нуклеотиди, фосфатиди).

Джерела цих ферментів – молоко, картопля, дріжджі. Фосфатази приводять до погіршення якості макаронних виробів, виготовлених з використанням яєць.

Карбогідрази каталізують гідроліз вуглеводів за рівнянням:



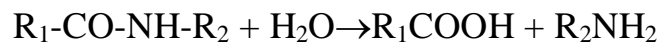
Розрізняють *гліконази*, каталізуючі розщеплення олігосахаридів і глікозидів, і *гліконази* діючі на субстрати з великим ступенем полімеризації.

Роль цих ферментів у технології харчових продуктів надзвичайно велика. У значній кількості вони перебувають у зерні злакових культур, особливо під час пророщення його (солод). Це використовується в технологіях бродильних виробництв (пивоваріння, технологія квасу, спиртове виробництво та ін.)

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
полігалактураназа	пектин, полігалактуранова кислота	
β-глюконази	клітковина, геміцеллюлози	целюлоза - 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:



У зв'язку з тим, що ці ферменти каталізують розщеплення пептидного зв'язку, їх називають пептидгідролазами.

Протеази розділяють на *протеїнази* й *пептидази*.

Перші здійснюють гідроліз білків, другі – поліпептидів і дипептидів.

Протеїнази: пепсин, трипсин, хімотрипсин, папаїн, катепсін, реннін, бромелін та ін.

Пепсин гідролізує зв'язки, утворені ароматичними амінокислотами – тирозином, фенілаланіном. Це травний фермент. У промисловості він використовується для осадження казеїну під час виготовлення сирів, замінюючи іноді реннін, у пивоварінні – для стабілізації пива, як медичний препарат.

Реннін 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.

ЛЕКЦІЯ 5.2 РОЛЬ 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.

Ферментні препарати дозволяють значно прискорити технологічні процеси, збільшувати вихід готової продукції, підвищити її якість, покращити умови праці на виробництві.

В технології харчових продуктів застосовують ферментні препарати з амілолітичною, протеолітичною, ліполітичною, оксидажною активністю. Вони використовуються в пивоварінні, виготовленні спирту, фруктових та овочевих соків, виготовленні дріжджів, сирів, м'ясопродуктів, рибодуктів, переробки крохмалю, виготовленні білкових гідролізатів, інвертного сиропу та ін.

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 гідролізатів 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 гідролізатів і освітлінні пива, а для запобігання загущуванню згущених рибних гідролізаторів. Перераховані ферменти використовуються як гідролізуючі засоби, у харчовій і фармацевтичній промисловості. На сьогоднішній день це основні області застосування протеаз.

Варто згадати й про такі способи застосування протеаз, де має місце бродіння або автолітичні процеси. До них відносяться дозрівання сиру або м'яса й виробництво східних приправ – соєвого соусу, місо, темпе й рибного соусу.

Чітко визначилася можливість застосування ферментів для гідролізу склеропротеїнів.

Папаїн, хімопапаїн. Фіцин. Бромелін. Найбільш широкого використання набув протеолітичний фермент папаїн. Він набагато частіше інших протеаз використовується як гідролізуючий засіб і для усунення білкового помутніння в пиві. Термін «папаїн» вживається як до неочищеного препарату з латексу папаї, так і до певних протеазних фракцій. У кристалічному стані папаїн був отриманий ще в 1937 році.

Фіцин за основними показниками подібний до папаїну і може бути використаний у тих же технологічних процесах. Папаїн використовується частіше, тому що він дешевший і більш доступний. Однак фіцин можна було б одержу-

вати в більшій кількості, скільки він має багато властивостей, відмінних від папаїну, використання цього ферменту цілком виправдане.

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 використовується для згортання казеїну молока й для розчинення білкового помутніння в пиві. Він знаходить деяке застосування як гідролізуючий засіб і включений у рецептуру тонізуючих засобів і жувальної гумки.

Реннін широко застосовується у виробництві сиру; найбільша його кількість додається під час приготування ренінного пудингу, структура якого залежить від методу осадження казеїну.

Каталаза знаходить застосування в харчовій промисловості в сполученні із глюкозооксидазою. Вона використовується, наприклад, для видалення надлишку перекису водню, під час обробки молока в сироварінні, та як консервант. Каталазу можна використати для контролю за вмістом кисню в аеробних бродіннях шляхом додавання зростаючих кількостей перекису водню у ферментер, що містить цей фермент але це характеризується низькими економічними показниками.

Мікробні протеази. Грибні протеази застосовуються в хлібопекарному виробництві для модифікації білків пшениці, для пом'якшення м'яса й в інших менш важливих процесах. Грибні й бактеріальні протеази застосовуються у виробництві особливих видів харчових продуктів, які вимагають глибокого гідролізу білків сої та риби.

Грибні протеази відіграють важливу роль у виробництві сирів. Добре відомі процеси бродіння, обумовленні *P. roqueforti* і *P. camemberti*. Гідроліз харчових білків (білок сої, риби та казеїн) захищає їжу від псування й застосуються для одержання гострих приправ.

Напрямки застосування ферментів у харчових технологіях наведено в табл. 23.

Таблиця 23 – 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				

Продукт	Ферменти	Призначення	Застосована форма	Допустима концентрація або час	
	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 Утворення допоміжного цукру для ферментації	Рідина	~ 0,1 % до СР	
			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	Рідина або порошок	0,002 % (маса/об'єм)	
	Глюкозооксидаза	Видалення кисню	Порошок/рідина	10...70 ГОК ⁻¹	
Виробництво кави					
Безалкогольні 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 терпєнів	Порошок/рідина	У купі з глюкооксидазою	
	Глюкооксидази	Стабілізація цитрусових терпєнів	Порошок/рідина	20...90 ГОК 1 ⁻¹	

Продукт	Ферменти	Призначення	Застосована форма	Допустима концентрація або час
Виробництво какао				
	Пектинази	Гідроліз лушпайок 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				
Продукти тваринництва	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
		Одержання рибного гідролізату	Рідина	~ 0,2 %
		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

Продукт	Ферменти	Призначення	Застосована форма	Допустима концентрація або час
	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 кліткових стінок	Рідина або порошок	0,5...2 % до СР
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 кожен завантажувач
Міжмолекулярна етерифікація				
	Ліпази	Одержання триацилгліцеринів із дешевої кормової сировини	Імобілізовані системи	~ 1...5 % ензим/ субстрат
СР – суха речовина; ГОК – глюкозидна одиниця				

ЛЕКЦІЯ 5.3 РОЛЬ ОКСИДОРЕДУКТАЗ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Ферменти, що входять у клас оксидоредуктаз, каталізують окислювально-відновні реакції. Субстрат, що окислюється, розглядається як донор водню або електронів.

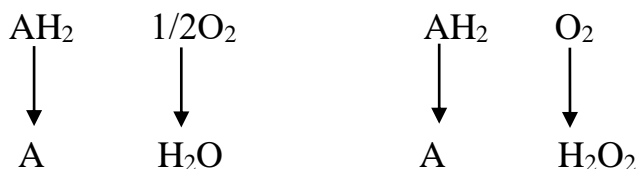
Оксидоредуктази діляться на 17 підкласів.

Провідне місце у даному класі ферментів займають *дегідрогенази*, які здійснюють реакцію дегідрування:



За механізмом переносу водню на акцептор дегідрогенази діляться на анаеробні й аеробні.

Аеробні дегідрогенази здатні передавати водень субстрату кисню повітря (з утворенням води або перекису водню).



Серед представників аеробних дегідрогеназ:

Глюкозооксидаза, що переносить H_2 від глюкози на O_2 з утворенням H_2O_2 . Цей фермент використовують для видалення O_2 із продуктів, колір або аромат яких погіршується в результаті окисних процесів (пиво, напої, соки, жировмі-

щуючі продукти). Для упакування жировміщуючих продуктів використовують синтетичні плівки, просочені глюкозооксидазою, глюкозою й буфером. Видалення невеликих кількостей глюкози бажано для запобігання реакції меланоїдиноутворення під час одержання яєчного й молочного порошку.

о-Дифенолоксидаза – (тривіальні назви тирозиназа, катехолаза, фенолаза, поліфенолоксидаза), фермент каталізує окислювання моно-, ди- і трифенолів.

Під час окислювання монофенола фермент діє біфункціонально. По-перше, відбувається зв'язування O_2 з ароматичним кільцем з утворенням о-дифенола, а потім H_2 відщеплюється від дифенола й переноситься на кисень із утворенням води. Дифеноли окисляються без сполучення з окислюванням монофенолів.

Темнозабарвленні продукти (флорафени, меланіни), виникають як наслідок дії ферменту під час чисто хімічної реакції конденсації двох хінонів, що утворилися.

Фермент знаходиться в картоплі, фруктах, листах рослин. У ряді випадків дія о-дифенолоксидази призводить до появи бажаного забарвлення й аромату харчових продуктів, наприклад, під час ферментації чаю.

У той же час, великий інтерес представляє вповільнення або запобігання побуріння рослинних матеріалів, фруктів, овочів, соків. Для цієї мети залучають інгібітори ферменту. Застосовують речовини, комплексуючі із о-хінонами, наприклад, мета- і тетраборати. Аскорбінова кислота сприяє відновленню о-хінонів, але потрібні їй високі концентрації.

Найчастіше під час переробки рослинного матеріалу для запобігання побуріння використовують у якості відновлювачів бісульфіт натрію й двоокис сірки. У ряді випадків варто враховувати, що за рН нижче 5 фермент інактивується, а також те, що він термолабільний. Тому бланшування (теплова обробка) дозволяє виключити дію розглянутого ферменту.

Аскорбатоксидаза каталізує окислювання аскорбінової кислоти.

Цей фермент знайдений у багатьох рослинах, відповідальний за руйнування вітаміну С. Є природні інгібітори цього ферменту: щавелева, лимонна, винна кислоти, пектин, флавоноїди, деякі білки.

Відокремлений від субстрату водень переноситься на другу молекулу перекису водню.

Препарати каталази з печінки або мікроорганізмів застосовують під час пастеризації й стерилізації молока.

Пероксидаза каталізує реакцію: $AH_2 + H_2O_2 \longrightarrow A + 2H_2O$

Для покращення умов зберігання харчових продуктів важливо інактивувати дію цього ферменту.

Під час ферментації чаю і тютюну пероксидаза поряд з фенолоксидазами сприяє утворенню забарвлюючих і ароматичних компонентів.

Ліпоксигеназа каталізує реакцію:

ненасичена жирна кислота + $O_2 \longrightarrow$ перекис ненасиченої жирної кислоти

Цей фермент міститься у пшениці, насінні олійних культур, бобових, особливо великий його вміст у соєвому борошні.

Дію ферменту необхідно уповільнювати, тому що його активність призводить до згіркнення жирів у продуктах, руйнування каротину.

Інгібітором цього ферменту є токоферол.

У той же час окислювання жирів пшеничного борошна в процесі замісу тіста призводить до зміцнення клейковини.

ЛЕКЦІЯ 5.4 ВИКОРИСТАННЯ БРОДИЛЬНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ В ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВАХ

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). Крім них, багато видів отримано методами селекції або штучно методами мутаційної генетики та генної інженерії. Їх називають «культурною» або «корисною» мікрофлорою. Якщо мікробіологічні процеси збуджуються банальною мікрофлорою і протікають самоплинно, їх називають природними (під час зберігання продовольчої сировини). 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*. В харчових виробництвах широко використовують бродіння, яке відбувається в середовищах, які містять цукристі речовини. В залежності від виду збудника і умов проведення бродіння може мати декілька шляхів і кінцеві продукти будуть різними. Розрізняють *спиртове, молочнокисле, малянокисле, оцтовокисле, лимоннокисле і пропіоновокисле бродіння*.

У харчовій промисловості існує цілий ряд виробництв, заснованих на бродінні. Це виробництво етилового спирту, пива, квасу, хлібопекарських дріжджів, гліцерину, органічних кислот, хліба, молочнокислих продуктів.

Бродіння у широкому розумінні цього слова можна назвати процесом обміну речовин, під час якого в органічному субстраті відбуваються зміни під дією ферментів мікроорганізмів.

У бродильних виробництвах застосовують різні мікроорганізми: бактерії, гриби.

Ці мікроорганізми розрізняються за будовою, розміром, способом розмноження, реакцією з вільним киснем, умовами росту, здатність діяти на різні субстрати. Але вони подібні в тому, що активно розвиваються й містять біокаталізатори – ферменти, за допомогою яких і каталізують різні реакції.

Живі клітки продукують 2 типи ферментів: екзоферменти й ендoferменти. Перші виділяються клітками й діють у середовищі, розщеплюючи білки, вуглеводи, жири. А другі утворюються й залишаються усередині клітин, здійснюючи процеси розкладання й синтезу речовин.

Дріжджі використовують у хлібопеченні, пивоварінні, виробництві етилового спирту, вин.

Бактерії – у виробництві оцту, молочної кислоти, житнього хліба, кис-

ломолочних 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. В залежності від виду продуцента і домінуючого метаболіту розрізняють спиртове, молочно-кисле, оцтовокисле, маслянокисле, лимоннокисле, ацетонобутилове та інші види бродіння.

Бродіння – це суцього мікробіологічний термін. Він характеризує енергетичну сторону способу існування декількох груп еубактерій, під час якого вони здійснюють в анаеробних умовах окислювально-відновні перетворення органічних сполук, яке супроводжуються виходом енергії, що ці організми використовують. Оскільки бродіння протікає без участі молекулярного кисню, всі окислювально-відновні перетворення субстрату відбуваються за рахунок його «внутрішніх» можливостей. Процес бродіння 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. У процесі бродіння, як правило, відбувається розщеплення вуглецевого каркасу молекули субстрату.

Спектр органічних сполук, які можуть піддаватися бродінню, досить широкий. Це вуглеводи, спирти, органічні кислоти, амінокислоти, пурини, піримідини. Хімічна речовина може бути піддана бродінню, якщо вона містить неповністю окислені (або відновлені) групи у молекулі. У цьому випадку є можливість для окислювально-відновних перетворень між молекулами (або усередині одного виду молекул), що виникають із субстрату. У результаті одна частина продуктів бродіння буде більш відновлена, інша – більш окислена в порівнянні із субстратом. Продуктами бродіння є різні органічні кислоти (молочна, масляна, оцтова, мурашина), спирти (етиловий, бутиловий, пропіловий), ацетон, а також CO_2 і H_2 . Зазвичай в процесі бродіння утворюється кілька продуктів. Залежно від того, який основний продукт накопичується в середовищі, розрізняють молочнокисле, спиртове, маслянокисле, пропіоновокисле й інші види бродіння.

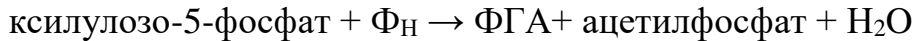
Отже, у кожному виді бродіння можна виділити дві сторони: окисну й відновну. Процеси окислювання зводяться до відриву електронів від певних метаболітів за допомогою специфічних ферментів (дегідрогеназ) і акцептування їх іншими молекулами, які утворюються з субстрату, що бродить, тобто в процесі бродіння відбувається окислення анаеробного типу.

У процесі гомоферментативного молочнокислого бродіння синтезуються 2 молекули (АТФ) на 1 молекулу глюкози; у процесі дихання за повного окислювання молекули глюкози утвориться 38 молекул АТФ. В обох випадках ефективність запасання енергії, що виділяється, у макроергічних зв'язках АТФ приблизно однакова.

Під час бродіння деякі реакції на шляху анаеробного перетворення субстрату пов'язані з найбільш примітивним типом фосфорилування – субстратним фосфорилуванням. До синтезу АТФ за механізмом субстратного фосфорилування ведуть катаболічні реакції, які залежно від своєї хімічної природи можуть бути розділені на два типи. Більшість віноситься до окислювально-відновних

реакцій.

Другий тип реакцій пов'язаний з розщепленням субстратів або проміжних продуктів, що утворюються з них. Каталізуються ці реакції ферментами, що відносяться до класу ліаз. Наприклад, у гетероферментативних молочнокислих бактерій високоенергетичний ацетилфосфат утвориться із ксилулозо-5-фосфату в реакції, що каталізуються фосфокетолазою:

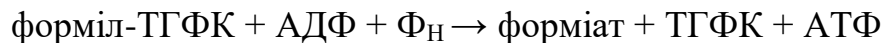


З інших високоенергетичних сполук важливе місце в енергетиці процесів бродіння належить фосфоенолпіровиноградній кислоті (ФЕП). Ці сполуки характеризуються тим, що вільна енергія, що вивільняється під час їх гідролізу, перебуває в області значень від 35 до 88 кДж/моль і за допомогою відповідних ферментів може бути перенесена на молекули АДФ.

Незважаючи на велику кількість вуглецевих субстратів, доступних для бродіння, кількість реакцій, що призводить безпосередньо до синтезу АТФ під час бродіння, 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 бродінню 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

За оцінками фахівців, близько 80% харчових виробництв так чи інакше пов'язані з використанням мікробіологічних процесів. Більшість традиційних та нових біотехнологій засновані на використанні процесів бродіння, гідролізу, синтезу. Особливо широкого розповсюдження набули бродильні виробництва: виробництво етилового спирту, виноградних та плодово-ягідних вин, пивоваріння, виробництво хліба, молочнопереробне та інші харчові виробництва, основу технології яких складає процес бродіння.

Щоб вибрати оптимальне середовище для вирощування культур мікроорганізмів і максимально використовувати їх продуктивність, необхідно знати механізм регулювання здійснюваних ними ферментативних процесів.

Умови середовища впливають на життєдіяльність мікроорганізмів як на рівні генетичного апарата (індукція й репресія), так і прямого пригнічення або активації ферментів клітини. Під дією факторів середовища може змінитися стан колоїдів протопласта й клітинних структур. Це призводить до загальних

або локальних змін їх фізико-хімічних властивостей, що, у свою чергу, також діє на активність і спрямованість ферментативних процесів, змінює функціонально-морфологічний вигляд 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.

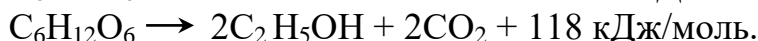
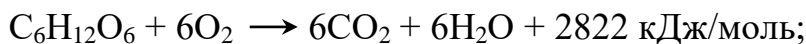
До фізичних відносяться: температура, енергія випромінювання, тиск, вологість та ін.

Біологічні фактори – це взаємодії між мікроорганізмами, що обумовлено одночасною присутністю в середовищі різноманітних видів. За таких умов характер взаємодії може бути різним, залежно від особливостей окремих мікроорганізмів взаємодіяти між собою (симбіоз, метабіоз, антогонізм). Умови культивування можуть забезпечити різний рівень метаболічної активності, а, отже, визначити склад і кількість речовин, що ними секретуються. Тому знання факторів, що впливають на обмін речовин мікроорганізмів і особливостей їхнього впливу на клітину дозволяє здійснювати регулювання процесів ферментації в бажаних межах і гарантувати високу якість одержаних продуктів.

Види ферментації, що застосовують для одержання продуктів харчування. Одним із видів ферментації, що найбільш широко використовується в харчовій промисловості є спиртове бродіння. Його збудниками є дріжджі.

Культурні дріжджі відносяться до сімейства сахароміцетів і називаються *Saccharomyces cerevisiae*.

Дріжджі є факультативними анаеробами. Вони піддають бродінню цукру залежно від наявності у середовищі O_2 за рівнянням:



Поряд із цими продуктами в результаті бродіння цукру дріжджами утворюються вторинні продукти спиртового бродіння, а також побічні продукти метаболізму клітин. Останні утворюються не із цукру, а з інших речовин. *Із вторинних продуктів* спиртового бродіння відомі гліцерин, оцтовий альдегід, оцтова кислота й інші органічні кислоти, ацетон, 2,3-бутиленгліколь, діацетил.

До побічних продуктів відносяться вищі спирти, відомі за назвою сивушні масла. У той же час побічні й вторинні продукти спиртового бродіння чітко розмежувати не можна.

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. Дріжджі верхнього бродіння пилоподібні, низового пластівчасті. За рахунок клейких оболонок низові дріжджі аглютинують (злипаються) і осаджуються.

До дріжджів низового бродіння відносяться більшість винних дріжджів і пивні дріжджі, а до верхнього – хлібопекарські, спиртові, деякі раси пивних дріжджів.

Різновиди дріжджів, що застосовуються у виробництві, відрізняються декількома особливостями. Їх називають штамами.

Для спиртового виробництва використовують штами: Г-67, Г-73, М-13.

У хлібопекарському виробництві застосовують штами: 11, 14, 28Ш, Г-176.

На пивоварних заводах використовують штами: 41, 44, і ін. У виноробстві використовуються штами:

– для приготування білих столових вин – Піно 14, Феодосія І9, Аліготе, Рислінг Анапский;

– для виробництва міцних вин – Масандра 3, Магарач 125;

– у шампанському виробництві – Кахурі 2, Шампанська 7, Судак 1-5;

– у плодово-ягідному виноробстві – Москва 30, Яблучна 7, Малинова 10, Сливовая 21 та ін.

ЛЕКЦІЯ 5.5 ВИКОРИСТАННЯ МОЛОЧНОКИСЛИХ МІКРООРГАНІЗМІВ В ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВАХ

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. Воно може збуджуватися як чистими культурами мікроорганізмів, так і природною (банальною) молочнокислою мікрофлорою, для якої створюють сприятливі умови розвитку. 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. Кращим субстратом є моносахариди. Проте молочнокисла мікрофлора легко гідролізує водорозчинні дисахариди до мономерів (глюкоза, фруктоза, галактоза) та засвоює їх. Характерною особливістю цієї мікрофлори є її здатність запасати надлишкові цукри у вигляді полімерних форм (манітол, декстран). Ці форми не можуть засвоюватися іншими мікроорганізмами крім молочнокислих.

Молочнокисла мікрофлора продукує ендоферменти, які залишаються і

діють в цитоплазмі мікробіальної клітини. Тому для протікання процесу бродіння необхідно, щоб субстрат знаходився в розчиненому стані і міг транспортуватися крізь оболонку клітин в цитоплазму. Виходячи з цього, для проведення бродіння сировину, яка не містить вільних цукрів, піддають попередній обробці. Частіше за все таким заходом є засолювання – додавання хлористого натрію, який викликає плазмоліз клітин сировини і вихід клітковинного соку.

В оптимальних умовах молочнокисла мікрофлора зброджує цукри до молочної кислоти за схемою реакції:



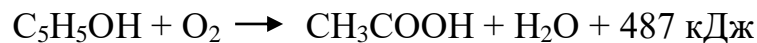
Молочна кислота, що накопичується в кількості 1...2% має виражену бактерицидну дію. В результаті її накопичення також відбувається зниження рН, утворюється кисле середовище. Все це разом створює несприятливі умови для інших видів мікроорганізмів, крім дріжджів та пліснявих грибів. Тому поряд з молочнокислим, як головним, домінуючим, видом бродіння, майже завжди мають місце супутні – спиртове, оцтовокисле, а також розвиток плісняви. Під час використання природної мікрофлори супутні види бродіння можуть викликати-ся різними видами і расами молочнокислої мікрофлори. Так, серед різновидів і рас молочнокислої мікрофлори є такі, що можуть зброджувати цукри з утворенням не тільки молочної кислоти, а й етилового спирту, оцтової кислоти, діоксиду вуглецю тощо:



Якщо субстратом бродіння є пентоза, то поряд з молочною утворюється оцтова кислота за схемою реакції:



За умови доступу кисню під дією супутної мікрофлори етиловий спирт зброджується до оцтової кислоти:



Отже, залежно від умов процесу крім основного продукту бродіння – молочної кислоти завжди утворюються супутні продукти: етиловий спирт, діоксид 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. Оптимальне значення реакції середовища в інтервалі рН 3,0...4,5 одиниці. Більшість видів молочнокислої мікрофлори, як і дріжджі, відносяться до факультативних анаеробів, тому для кращого перебігу процесу створюють анаеробні умови, що також сприяє пригніченню розвитку небажаної, шкідливої, аеробної мікрофлори.

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.

МОДУЛЬ 6 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАПОБІГАННЯ ПСУВАННЮ СИРОВИНИ ТА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ

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: [1, 2, 10, 13, 15, 18]

Ключові слова: сировина, фізико-хімічні процеси, біохімічні процеси, біологічні процеси, біоз, анабіоз, абіоз.

ЛЕКЦІЯ 6.1 СИРОВИНА ЯК ОБ'ЄКТ ЗБЕРІГАННЯ

Основними факторами, що визначають якість харчових продуктів, є властивості сировини, з якої вони виготовляється.

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%). До цієї групи сировини відносять молоко, м'ясо, овочі, фрукти. Наявність у ній жиру, білків, вуглеводів, вітамінів робить її предметом мікробного псування. У ній активно протікають хімічні та біохімічні процеси.

2) **Сировина тривалого зберігання** містить низький вміст вологи (10% і менше). До цієї групи сировини відносять зерно, борошно, крупи, цукор, рослинну олію.

3) **Сировина тривалого зберігання містить консерванти** або піддавалася термічній обробці. До цієї групи відносять варення, вина, консерви.

Зміни якості і втрати сировини під час зберігання залежать від спільної дії різних причин, від їх спрямованості й інтенсивності процесів, що протікають. У деяких продуктах на початку визначеного періоду під час зберігання показники

якості можуть поліпшуватися (вина, коньяки).

Створення умов зберігання, які б дозволили зберегти якість сировини і зменшити її втрати, потребують вивчення руйнівних процесів.

Режими зберігання сировини визначаються: температурою; відносною вологістю повітря; газовим складом атмосфери; освітленістю; повітрообміном та санітарним станом приміщення.

Температура є найважливішою умовою збереження продукту, вона впливає на інтенсивність усіх процесів, що протікають під час зберігання. З підвищенням температури підсилюється випаровування вологи, підвищується активність ферментів, мікроорганізмів і шкідників, що призводить до збільшення втрат.

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).

Під час зберігання харчових продуктів небажані температурні перепади, тому, що за таких умов підсилюються хімічні і мікробіологічні процеси в зв'язку з тим, що може формуватися краплинна волога на поверхні продуктів. Не виключена також корозія консервних банок і жерстяних кришок.

Небажані коливання температури під час зберігання заморожених продуктів, тому що це веде до перекристалізації води – розміри кристалів збільшуються, що призводить до розриву клітин і витікання клітинного соку; під час розморожування втрати різко збільшуються.

Вологе повітря, як носій вологи, характеризується абсолютною і відносною вологістю.

Абсолютна вологість визначається кількістю водяної пари в кг, що утримується в 1 м^3 вологого повітря (це маса 1 кг пару).

Відносною вологістю або ступенем насиченості повітря називається відношення маси водяної пари в 1 м^3 вологого повітря за даних умов, температури і загального барометричного тиску до максимально можливої маси водяних парів в 1 м^3 повітря за тих самих умов.

Оптимальна вологість повітря визначається вологістю продукту:

1) В продуктах з високою вологістю, тобто понад 40 % (наприклад овочі), 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 % (наприклад, сир, яйця), значна частина води знаходиться у зв'язаному стані. Вони зволожуються 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 %.

Нормальне газове середовище характеризується таким складом: кисень – 21 %; азот – 78 %; двооксид вуглецю – 0,03 %; інше – інертні гази.

Таке середовище не є бажаним для зберігання харчових продуктів, тому що має велику кількість кисню, що призводить до окисних процесів (згіркнення масла, зміна смаку і кольору вин). Необхідною умовою зберігання є зниження вмісту кисню в системі. В даний час для зберігання деяких продуктів застосовуються змінені газові системи (вводять у систему велику кількість азоту або інертних газів – дуже ефективно зберігання; іноді зберігають за умови високої концентрації двооксиду вуглецю).

Спосіб зберігання, за якого підтримується бажаний вміст компонентів газового середовища, називається зберіганням у регульованому газовому середовищі.

Світло прискорює багато процесів, що відбуваються в харчових продуктах. На світлі швидше руйнуються цінні харчові речовини, такі як вітаміни, поліфеноли, окислюються жири, вицвітають лікєро-горілчані вироби, прискорюється проростання овочів, зеленіють бульби картоплі (у них накопичується солонин – отруйний глюкозид). Більшість видів сировини необхідно зберігати в затемнених приміщеннях.

Однак світло не чинить негативну дію на якість консервів, макаронних і хлібобулочних виробів, тому їх зберігають у світлих складах. Необхідно враховувати, що ультрафіолетові промені мають бактерицидну дію. Тому іноді для знезаражування складських приміщень використовують ультрафіолетове випромінювання.

Вентиляція забезпечує створення рівномірного гідротермічного режиму, видаляє газоподібні речовини, що виділяють продукти.

За якістю сировини, що зберігається, необхідно стежити щодня. Зіпсовані продукти видаляють, з появою комах їх знищують механічним очищенням або зниженням температури нижче 3 °С, або підвищенням температури продукту до температури 45 °С, або проводять хімічну обробку.

ЛЕКЦІЯ 6.2 ВТРАТИ МАСИ ТА ВТРАТИ ЯКОСТІ СИРОВИНИ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ

Під час зберігання сировини завжди мають місце її втрати, що обумовлені властивостями сировини й умовами її зберігання.

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.

Кількісні втрати харчових продуктів підрозділяють на природне зменшення маси і нормовані втрати до реалізації.

Природна втрата – це зменшення маси сировини, що обумовлено проявом її властивостей.

Основними причинами виникнення природної втрати є усушка, розпилення, витікання, розкришування, розлиття.

Усушка зв'язана з випарюванням вологи і втратами летучих речовин. Величину усушки можна зменшити, використовуючи спеціальне упакування – паро- і водонепроникне, дотримуючись оптимального режиму зберігання.

Розпилення – це втрати маси продуктів, які тонко подрібнені. Вони виникають під час розтарювання, перевезення та під час зберігання продуктів.

Витікання – характерне для продуктів рідкої консистенції або для продуктів, що мають рідку фракцію. Цей вид втрат пов'язаний з витіканням із продукту жиру, що просочується крізь пакувальний матеріал. Він має місце під час витікання клітинного соку з тканини м'яса і риби, під час розморожування, зберігання в дерев'яній тарі квашених овочів, топленого масла, сметани.

Розкришування має місце під час розрубання і різання мороженого м'яса і риби.

Розлиття – тип втрат, що утворюються під час переливання продукту з однієї тари в іншу, за таких умов частина продукту залишається на стінках тари або пристроїв для переливання.

Природна втрата маси утворюється також за рахунок біохімічних процесів, а саме, дихання зерна, плодів і овочів.

Встановлені норми природного збитку диференційовані за групами товарів, термінами зберігання, порами року, кліматичними зонами, типами зберігання і видами тари. Враховують тип транспорту, відстань перевезень і пору року під час перевезення.

Втрати, нормовані до реалізації, утворюються під час підготовки сировини до використання або під час реалізації товарів (зачищення масла, перетарювання, нарізання та ін.). До цього ж виду втрат відносять витікання рідких продуктів під час розтарювання молока, вершків і ін.

ЛЕКЦІЯ 6.3 ЗАКОНОМІРНОСТІ ПЕРЕБІГУ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ

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. Можливе посилення мікробіологічних процесів.

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. Це відбувається внаслідок дифузії ароматичних речовин у навколишнє середовище або поглинання сировиною летучих речовин, що виділяються з товарів, що зберігаються поруч.

Тому під час розміщення сировини в складах треба дотримуватися прави-

ла товарного сусідства. Товари, що мають сильно виражений запах (сир, оселедець та ін) і легко віддають його в навколишнє середовище, не можна зберігати поруч із продуктами, що легко поглинають цей запах. Продукти, що містять ароматичні речовини, повинні бути упаковані в газо- і паронепроникну тару.

Причинами появи стороннього запаху можуть бути, наприклад, тара (шухляди з хвойного дерева), пакувальний папір, складське приміщення.

Під час зберігання деяких продуктів відбуваються процеси кристалізації (мед, цукор, сироп) – їх розвиткові сприяє температура; старіння біополімерної сировини (крохмаль, білки). Це призводить до змін реологічних властивостей сировини. Здатність полімерів до набухання і розчинення погіршує якість продуктів під час зберігання.

Значні зміни і втрати сировини відбуваються в результаті механічних ушкоджень продуктів і тари. За таких умов продукти піддаються мікробному псуванню. Втрати сировини зростають за рахунок забруднень.

Хімічні процеси протікають без участі ферментів і мікроорганізмів.

Згіркнення жирів – це окисне псування продукту під дією кисню повітря. За таких умов відбуваються складні перетворення, що супроводжуються накопичуванням у жирі різних шкідливих речовин, у тому числі і токсичних. На швидкість згіркнення впливають ступінь насиченості кислот, що входять до складу жиру, температура зберігання, присутність каталізатора, наявність антиоксидантів.

Іншим видом хімічного процесу, що протікає під час зберігання продуктів, є неферментативне потемніння, пов'язане з реакцією карамелізації цукрів і реакцією меланоїдиноутворення (це реакція між азотутримуючими речовинами і карбонільними сполуками). Ці процеси негативно впливають на харчову цінність продуктів, їхні органолептичні переваги. Змінюється колір, з'являється сторонній смак і запах. Сповільнює ці процеси зниження температури зберігання. Ефективним інгібітором є сірчиста кислота і її ангідрид.

Під час зберігання продуктів у металевій тарі відбувається розчинення металу і накопичення його в продукті, а це, в свою чергу, активізує хімічні процеси, які призводять до погіршення якості сировини.

ЛЕКЦІЯ 6.4 ЗАКОНОМІРНОСТІ ПЕРЕБІГУ БІОХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ

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. Особливо активно воно проходить у післязбиральний період у рослинній сировині. Процес дихання супроводжується втратою маси, виділенням тепла і вологи, зміною складу атмосфери.

Гідролітичні процеси протікають під дією гідролаз (це ферменти третьої групи). Відбувається гідроліз білків, жирів, вуглеводів і, як правило, ці процеси погіршують смак і запах продукту, є причиною значних втрат.

Автоліз (саморозчинення) – цей процес протікає в тканинах м'яса і риби, у клітинах дріжджів. У результаті автолізу відбувається амікаліз глікогену (тваринного крохмалю) з утворенням молочної кислоти і розщеплення білків м'язової тканини. Автоліз забезпечує післяубойне дозрівання м'яса, збільшує його ніжність і соковитість, поліпшує смак і запах. За умови глибокого автолізу відбувається розпад білків і жирів, з'являється кислий смак, збільшується виділення м'ясного соку. Риба придатна до споживання тільки в початковій стадії автолізу.

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. Спиртове бродіння викликається дріжджами роду *Saccharomycetes*, молочнокисло-гомоферментативними бактеріями, тобто тип продуктів розкладу (спирт або кислота) залежить від типу, виду і раси мікроорганізмів.

Гниття – це глибокий розпад білків і продуктів їх гідролізу. Процес збуджують гнилісні бактерії *Bas. subtilis*, *Bas. misimierins*. На початкових етапах відбувається розщеплення білка, дезалкірування декарбоксіамінокислот. Потім відбуваються зміни продуктів, що утворилися на першому етапі. До продуктів розпаду відносяться аміак, аміни, фенол, крезол. Вони мають неприємний запах і токсичні. Усе це робить продукт непридатним до вживання та використання.

Пліснявіння обумовлене розвитком пліснявих грибів, що утворюються на поверхні продуктів у виді пухнатою нальоту і цвілі різного кольору.

Пліснявінню сприяє висока відносна вологість повітря. Плісняві гриби розщеплюють білки, жири, вуглеводи. Продукти набувають неприємного смаку і запаху. В результаті утворюються афлоноксини, що є дуже шкідливими речовинами.

Процеси, що протікають у харчових продуктах, що зберігаються, взаємозалежні. Якість і втрати окремого продукту залежать від спільного впливу різних процесів, їх спрямованості й інтенсивності. Якість деяких продуктів під час зберігання протягом певного часу може поліпшуватися, що спостерігається під час дозрівання осінніх і зимових сортів яблук і груш, помідорів, бананів, під час дозрівання м'яса, витримці марочних коньяків і вин. Для інших товарів (круп, цукор, картопля, буряк та ін.) можна зберегти первісну якість, створивши оптимальні умови зберігання. Однак практично неможливо повністю виключити зниження якості й втрати продукту під час зберігання.

ЛЕКЦІЯ 6.5 ЗАКОНОМІРНОСТІ ПЕРЕБІГУ БІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ

Біологічні процеси – це процеси, обумовлені дією мікроорганізмів, що знаходиться в сировині.

Мікроорганізми – це живі організми, невидимі неозброєним оком. Вони

живуть скрізь і деякі з них корисні для людини. Певні мікроорганізми використовують під час виробництва харчових продуктів для забезпечення специфічної функції, наприклад, ферментації, і тому вони є корисними для продуктів. Інші мікроорганізми спричиняють псування продуктів, роблячи їх непридатними для споживання людиною. Патогенні мікроорганізми можуть стати дзеркалом захворювання людини.

Біологічними небезпечними чинниками, що спричиняють захворювання через харчові продукти, є бактерії, віруси та паразити. Ці організми зазвичай пов'язують як із забрудненням в процесі обробки продуктів, так і від сировини, що надходить на харчове підприємство. Багато з цих мікроорганізмів виникають природно в середовищі, в якому виробляють харчові продукти. Більшість з них знищується або інактивується завдяки кулінарному (термічному) обробленню.

Віруси можуть знаходитись у харчовому продукті, воді або передаватися харчовим продуктам людиною, тваринною чи в результаті інших контактів. На відміну від бактерій, віруси не здатні відтворюватися поза живою клітиною. Тому вони не можуть розмножуватися в харчових продуктах, а можуть лише переноситися ними.

Носієм паразитів частіше всього є організм тварини, але протягом життєвого циклу паразитів їхнім носієм може бути і людина. Паразитні інфекції зазвичай пов'язані з м'ясними продуктами, які не піддані належній кулінарній обробці, або із зараженими готовими до вживання продуктами. Паразитні інфекції в харчових продуктах можна вбивати за допомогою ефективних технологій заморожування.

Гриби включають плісняву та дріжджі. Гриби можуть мати сприятливу дію, що уможливорює їхнє використання у виробництві певних харчових продуктів (наприклад сиру). Проте деякі гриби виробляють токсичні речовини (мікотоксини), отруйні для людей і тварин і ці речовини слід вивчати як хімічні небезпеки через їхню хімічну природу.

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. Їхня небезпека полягає у здатності спричинити захворювання (у людей, тварин та рослин) і тоді їх класифікують як патогенні (які спричиняють інфекційні захворювання) або як токсичні (отруйні). Бактерії можуть спричинити псування харчових продуктів та пошкодження різних типів матеріалів. Проте вони можуть бути корисними для людини, сприяючи виробництву харчових продуктів, у сільському господарстві (наприклад, виробляючи азот або розкладаючи органічні матеріали) та медицині (виготовлення антибіотиків).

Розмноження бактерій, яке називають ростом, може створювати небезпеку для харчових продуктів. Деякі різновиди бактерій ростуть лише в повітрі (аеробні), тоді як інші можуть рости лише за відсутності повітря (анаеробні). Інша група бактерій може рости як за наявності, так і без повітря (факультативні). Вони зазвичай віддають перевагу оточуючому середовищу з малою кислотністю (рН від 4 до 9). Більшість бактерій розмножується за температури від

20°C до 45°C, але багато з них можуть рости за умови охолодження або за температури вище 45°C.

Росту бактерій, як правило, сприяє висока активність води (*Aw*).

Деякі бактерії утворюють всередині клітини стійку структуру – спору. У молодих бактерій спори не утворюються. Спороутворення відбувається у старіших клітинах, причому спори не є обов'язковою стадією життєвого циклу бактерій. Спори є стійкими до екстремальних температур, низької активності води, променевих та дезінфекційних агентів. Спори несуть у собі всю генетичну інформацію вегетативних клітин, від яких вони утворилися. За сприятливого навколишнього середовища спори виростають і утворюють нормальні (вегетативні) клітини. Спори не розглядають як процес росту тому, що кожна бактерія утворить лише одну спору від кожної вегетативної клітини. Спороутворюючими бактеріями, важливими у вивченні мікробіології харчових продуктів, зокрема, є бактерії роду *Bacillus* та *Clostridium*.

Існує багато чинників, які впливають на ріст бактерій та збільшують ризик захворювання харчовими продуктами. Ці чинники можуть бути пов'язані з характеристиками харчового продукту (внутрішні) або з навколишнім середовищем, в якому знаходиться продукт (зовнішні).

ЛЕКЦІЯ 6.6 ВНУТРІШНІ ТА ЗОВНІШНІ ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЗБЕРЕЖЕННЯ СИРОВИНИ

До **внутрішніх факторів** відносять: *водна активність (A_w)*, *кислотність рН*, *окисно-відновний потенціал (E_h)*, *хімічний склад харчових продуктів*, *присутність природних антимікробних речовин і конкурентноспроможна мікрофлора*.

Активність води (A_w). Добре відомо, що для росту мікроорганізмів у харчовому продукті потрібна вода. У мікроорганізмах міститься до 75...80% води, і всі поживні речовини для їх життєдіяльності надходять у клітину саме за рахунок води. Мікроорганізми можуть розвиватися у середовищах, вміст води в яких не опускається нижче певного рівня. Зі зниженням вологості інтенсивність росту мікроорганізмів зменшується і за досягнення певного вмісту води зовсім припиняється. Тому вологість харчового продукту – суттєвий чинник, який визначає розвиток мікрофлори. Проте, для розмноження мікроорганізмів має значення не абсолютне значення вологості, а доступність води, що міститься у субстраті, для розвинення життєдіяльності мікроорганізмів. Ця вода не пов'язана з іншими молекулами продукту.

Значення водної активності є основним чинником, який визначає стан мікроорганізмів у продукті, зокрема водна активність, впливає на здатність мікроорганізмів до розмноження, обміну речовин (що найважливіше з точки зору мікробіологічної безпеки виробництва продукції) та їхню опірність технологічному впливу, спрямованому на припинення росту або знищення мікрофлори. Для кожного виду мікроорганізмів існує оптимальне значення водної активності за якого відбувається швидкий ріст та розмноження. Більшість бактерій потребують високої водної активності, а саме бактерії групи кишкової палички, са-

льмонели 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.

Зменшення значення A_v можливе шляхом видалення або зв'язування води, що міститься у продукті. З цією метою використовують кухонну сіль, цукор, молочний білок та речовини здатні до зв'язування вологи.

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. За цією градацією харчові продукти поділяють на низько кислотні ($4,6 < \text{pH} < 7,0$) та кислотні ($\text{pH} < 4,6$) ці категорії встановлено на основі росту *Clostridium botulinum*. Тому підвищення кислотності харчових продуктів сприяє їх мікробіологічній стабільності (квашення, маринування).

Окисно-відновний потенціал (Eh). Процеси окиснення та відновлення пов'язані з обміном електронами між хімічними речовинами. Окисно-відновний потенціал може бути визначений як зданість деякої речовини отримувати (відновник) або віддавати (окисник) електрони. *Аеробні мікроорганізми* потребують вищого окисно-відновного потенціалу для свого розмноження. Ця група мікроорганізмів включає майже всі плісняви, дріжджі та більшість бактерій, що псують харчові продукти. *Анаеробні мікроорганізми* потребують нижчих значень E_h , ця група включає деякі патогенні бактерії (*Clostridium botulinum*)

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.

Складні вуглеводи (полісахариди) використовуються максимальною кількістю мікроорганізмів. Жири та олії використовуються ліполітичними мікроорганізмами, але багато мікроорганізмів не можуть рости в таких субстанціях. Амінокислоти є найважливішим джерелом азоту для мікроорганізмів. Для росту мікроорганізмів необхідна наявність вітамінів, найважливішими з яких є вітаміни групи *B*, біотин, та пантотенова кислота. Обов'язковим чинником росту мікроорганізмів є мінеральні речовини (натрій, калій, кальцій та магній).

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 ($\text{pH} 2,5 \dots 4,5$);
- гвоздика містить евгенол, що пригнічує діяльність бактерій (*Bacillus*, *S. aureus* та ін);
- кориця містить коричневий альдегід та евгенол, 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).

Конкурендноспроможна мікрофлора. Конкурендноспроможність мікрофлори харчових продуктів може позитивно або негативно впливати на деякі групи мікроорганізмів. Наприклад, молочні бактерії можуть виробляти молочну кислоту яка не дозволяє розмножуватись деяким патогенним мікроорганізмам в продукті. Бактерії подібні *S. aureus, C. botulinum* мають слабку конкурентноспроможність і не можуть рости в сирих продуктах (м'ясі, рибі, тощо) з великою кількістю 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. Температура впливає на скриту фазу росту, швидкість росту, харчові вимоги, хімічний та ферментний склад клітин. Серед патогенних мікроорганізмів *S. aureus* є найстійкішими до високих температур, вони здатні виживати за температури 60°C протягом 15 хв.

Відносна вологість безпосередньо впливає на водну активність *A_w* харчових продуктів. Якщо харчовий продукт з низькою активністю води зберігається в середовищі з високою відотною вологістю, то значення *A_w* такого продукту збільшиться, що може спричинити його псування мікроорганізмами.

Важливість комбінації відносної вологості та температури не слід недооцінювати. Загалом, чим вища температура зберігання, тим нижчою повинна бути відносна вологість і навпаки. Зміна атмосфери середовища може спричинити псування продукту без зменшення відносної вологості.

Склад атмосфери. Зберігання харчових продуктів у газовій атмосфері (подібно CO₂) за попередньо встановленого складу називають зберіганням у «керованій атмосфері». Така атмосфера використовується для зберігання фруктів (яблука, груші та ін) з метою уповільнення їх псування ниткоподібними грибами. Вуглецеві газові атмосфери використовують для збільшення термінів зберігання м'яса. Грамнегативні бактерії більш чутливі до CO₂, ніж грампозитивні. Атмосфери з CO₂ та O₂ ефективніші, ніж один вуглецевий газ. Деякі фрукти і овочі добре зберігаються в атмосфері O₃. Проте використання озону не рекомендується для харчових продуктів з високим вмістом ліпідів, тому, що він може прискорювати окиснення таких продуктів. Озон та вуглецевий газ ефективні для уповільнення поверхневих змін в м'ясі, яке зберігають тривалий час.

ЛЕКЦІЯ 6.7 РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДІВ БІОЗУ, АНАБІОЗУ, АБІОЗУ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ СИРОВИНИ ТА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Біоз. Цей метод полягає в зберіганні плодів і овочів у свіжому вигляді без будь-якої спеціальної обробки. Приймаються лише міри, спрямовані на підтримку нормальних життєвих процесів і деяке обмеження їхньої інтенсивності для того, щоб зменшити витрати поживних речовин за рахунок дихання й знизити втрати маси за рахунок випаровування вологи. До того ж підтримка нормальних життєвих процесів і обмеження їх інтенсивності зводиться до певного режиму складування й зберігання сировини.

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.

Насамперед стежать за тим, щоб під час укладання сировини на ньому не було механічних ушкоджень, відбраковують зіпсовані екземпляри, тому що ушкоджена ділянка плода, у якому сконцентровані ті бар'єри імунітету, про які говорилося вище, відмирає й на ньому починають розвиватися мікроорганізми. Процес псування, що почався на ушкодженій ділянці одного плода, може перекинутися на інші плоди й охопити все сховище.

Сировину укладають не дуже високим шаром, щоб доступ повітря до окремих плодів не був ускладнений, інакше процес нормального дихання порушиться й наступить так зване інтрамолекулярне дихання, що полягає в безкисневому розкладанні цукрів на спирт і діоксид вуглецю за схемою:



спирт, що утворюється, є отрутою для цитоплазми, отруєє рослинні клітини й призводить їх до загибелі. Тому сировина, особливо ніжні види, укладають у шухляди-клітини, залишаючи між окремими штабелями ящиків проходи. За такого зберігання є достатній доступ повітря, і дихання протікає нормально.

Інтенсивність процесів дихання й випаровування вологи суттєво зростає з підвищенням температури. Швидкість випаровування вологи залежить багато в чому від вологості навколишнього повітря.

Під час нагромадження в атмосфері складу великої кількості вуглекислоти, що утворилася в процесі дихання плодів, нормальне дихання сировини знов-таки припиняється з усіма звідси небажаними наслідками, що впливають. Тому доводиться стежити не тільки за вологістю атмосфери, але й за її газовим складом.

Нарешті, підтримка нормальних життєвих процесів у сировині вимагає створення умов, за яких сировина була б у меншому контакті зі збудниками псування. Для цього сховища необхідно тримати в чистоті, в окремих випадках плоди загортають у папір.

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 $10...15^{\circ}\text{C}$ нижче кімнатної температури, і не опускалася б нижче мінус $1...3^{\circ}\text{C}$, тобто нижче тієї температури, за якої сировина й харчові продукти заморожуються. Використання помірного холоду сприяє значному уповільненню біохімічних процесів, що протікають у рослинній сировині, а також зниженню активності мікроорганізмів, більшість із яких найкраще розвивається за температури 37°C .

Зниження біологічної й біохімічної активності плодів і мікроорганізмів за зниження температури пояснюється, з одного боку, відомою залежністю швидкості хімічних реакцій від температури, а з іншого боку – тим, що цитоплазма – носій життєвих функцій мікробних і рослинних клітин – знижує свою проникність під впливом холоду.

Це відбувається тому, що, прагнучи вловити залишки тепла з навколишнього середовища під час охолодження її, цитоплазма мимовільно збільшує площу своєї поверхні. А тому, товщина цитоплазменної мембрани зменшується, оболонка розтягується, пори затягуються й клітинна проникність зменшується. Через це падає інтенсивність обміну речовин, знижується надходження кисню ззовні через пори, що звузилися, цитоплазматичної мембрани, зменшується подача цукристого соку в капілярні канали оболонки, дихання уповільнюється, життєдіяльність клітини завмирає, не припиняючись зовсім, і клітина впадає в стан анабіозу.

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. Це пояснюється тим, що в заморожених харчових продуктах більша частина вологи перетворена у твердий стан. Тому мікроорганізми, харчування яких відбувається осмотичним шляхом – усмоктуванням рідких поживних середовищ втрачають можливість використовувати отверділі харчові продукти, що містять досить невелику частку вологи в рідкому стані.

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.

Необхідно мати на увазі, що під час використання методу заморожування сировини й харчових продуктів принцип анабіозу відноситься (але не повною мірою) тільки до мікроорганізмів, а плоди й овочі, як живий організм, гинуть. Причиною загибелі рослинної клітини під час заморожування може бути безпосередня дія низької температури, зневоднювання цитоплазми в процесі льодоутворення, отрутна дія підвищених концентрацій іонів, механічний тиск льоду на зневоднену цитоплазму. Хоча кожна із цих причин має певне значення, однак основною причиною загибелі клітини є остання, саме у результаті зневоднювання й зближення колоїдних міцел створюються сприятливі умови коагуля-

ції за будь-якого подразнення її, насамперед, викликаного механічним тиском льоду, що руйнує тканину цитоплазматичної мембрани, викликаючи коагуляцію складових її колоїдів, необоротне збільшення клітинної проникності й загибель клітини.

Живі об'єкти, які містять мало води, витримують, не гинучи, дуже низькі температури. Наприклад, сухі насіння рослин витримують температуру, близьку до абсолютного нуля (-271°C), а яйця деяких комах виживають за -190°C .

Багато вегетативних форм мікроорганізмів гинуть за низьких температур, спори ж, що містять набагато менше вільної вологи, виживають, упадаючи лише в анабіотичний стан. Низька температура, відсутність краплинно-рідкої вологи заважають здійсненню осмотичного харчування мікроорганізмів і сповільнюють біохімічні реакції в клітині. Тому харчові продукти можуть зберігатися в замороженому вигляді досить довго, приблизно 6...12 місяців.

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.

У якості осмотично діяльних речовин для консервування харчових продуктів застосовують цукор і сіль. Для того щоб надійно зберегти цим способом харчові продукти, варто викликати стійкий плазмоліз мікробних клітин, а для цього необхідні досить високі концентрації цих речовин, а саме не менше 60...70% цукру або 10...12% солі (по відношенню їх молекулярних мас 6:1).

Консервуюча дія цукру використовується під час виготовлення таких продуктів, як варення, джем, повидло. Ці продукти одержують шляхом уварювання підготовлених плодів із цукровим сиропом або із цукром. У процесі варіння в результаті дії високої температури рослинна сировина як живий організм гине. Гинуть і ті мікроорганізми, які перебували до варіння в сировині й цукрі. Принцип же анабіозу відноситься до тих мікроорганізмів, які можуть потрапити в готову продукцію під час зберігання її й не можуть там розвиватися через високий осмотичний тиск в навколишнім середовищі.

Консервуюча дія розчинів солі використовується для засолів рибних і м'ясних продуктів. Овочі кухонною сіллю не консервують, однак у деяких випадках під час фасування, наприклад, томатної пасти, що містить 30 % сухих речовин, у негерметичну тару у неї додають із метою консервування 10 % солі.

Сушіння також призводить до анабіозу мікроорганізмів. Пояснюється це тим, що їхнє харчування відбувається осмотичним шляхом, усмоктуванням поживних речовин, тому всі мікроби для свого розвитку вимагають певного вмісту води в навколишнім середовищі. Мінімум вологості, за якої можливий розвиток бактерій, становить 25...30 %, цвілевих грибів - 10...15 %. Потрапляючи в сухе середовище, мікробні клітини віддають осмотичним шляхом свою вологу, у результаті чого відбувається їх плазмоліз, і припиняється життєдіяльність.

Під час висушування вологість овочів і плодів доводять до 8...25 %, тобто до рівня, що перешкоджає розвитку мікроорганізмів. Плоди й овочі під час підготовки до сушіння й у процесі самого теплового сушіння проходять таку обробку, за якої вони як живий організм гинуть. Гинуть під час нагрівання й мік-

роорганізми. Коли говорять про принцип анабіозу стосовно сушіння, мають на увазі плазмоліз мікроорганізмів, які потрапили на поверхню сушених продуктів у процесі зберігання. Ці мікроби зберігаються тривалий час у стані анабіозу. Якщо висушений продукт зволожити, мікроби знову оживають, починають розмножуватися й викликають псування продукту.

Зберігання сировини в регульованій атмосфері також дозволяє реалізувати принцип анабіозу. Як уже було зазначено, за умови доступу повітря життєдіяльність плодів протікає нормально. Недозрілі плоди продовжують дозрівати. У процесі кисневого дихання цукри окислюються, перетворюючись в CO_2 і воду, і виділяється 674 ккал теплоти.

Якщо зберігати плоди в газонепроникному приміщенні, то кисень із атмосфери, що містить 79 % N_2 і 21% O_2 , буде витрачатися на дихання, а замість витраченого кисню в атмосферу буде виділятися рівний об'єм діоксиду вуглецю. Сума об'ємів O_2 і CO_2 є величина постійна, рівна 21 %. Якщо, наприклад, кисню в атмосфері сховища залишилося 16 %, значить діоксиду вуглецю накопичилось 5 %. Коли весь кисень буде витрачений, склад атмосфери сховища буде таким: азоту – 79 %, діоксиду вуглецю – 21 %. До того ж почнеться бескисневе дихання, яке супроводжується подальшим накопиченням вуглекислоти й утворенням спирту, чого допускати не можна, тому що повне припинення нормального дихання призводить рослинну клітину до загибелі.

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.

Під час виготовлення маринадів підготовлені плоди й овочі заливають розчином оцтової кислоти, що містить цукор і сіль (бувають маринади на основі молочної кислоти). Основним чинником, що консервує, за таких умов є оцтова кислота, вміст якої в різних маринадах коливається від 0,6 до 1,2%. Ці невеликі концентрації оцтової кислоти не можуть повністю перешкодити розвитку плісень, оцтовокислих бактерій і інших мікроорганізмів, що викликають псування плодів і овочів, тому маринування саме по собі не може зберегти продукт надовго. Для збільшення строку зберігання мариновані продукти фасують у герметично закупорювальну тару й пастеризують (або зберігають за знижених температур). До того ж змінюється самий принцип консервування, що у такому випадку зводиться вже не до анабіозу мікробів, викликаному дією кислоти, а до знищення мікробів за допомогою високої температури.

Квашенням називається такий процес обробки овочів і плодів, за якого в результаті дії молочнокислих бактерій наявний у сировині цукор зображується в молочну кислоту за схемою $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 - 2\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$.

Молочна кислота, що накопичується в процесі бродіння, і зберігає продукт від псування. Таким чином, на відміну від маринування, консервуючий компонент (молочна кислота) не вноситься в харчовий продукт, а утворюється з самої сировини шляхом молочнокислого бродіння.

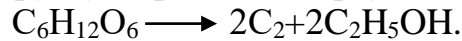
Термін «квашення» звичайно використовують стосовно до капусти. Відносно огірків і томатів користуються терміном «соління», а квашені яблука на-

зивають «моченими». Всі ці продукти, консервовані за допомогою молочнокислого бродіння.

Молочнокисле бродіння овочів викликається бактеріями видів *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus brevis*, *Pediococcus cerevisiae* і *Lactobacillus plantarum*. Напрямок процесу бродіння регулюється умовами середовища, кількістю й видом мікроорганізмів, санітарними умовами, концентрацією солі, температурою та покриттям поверхні продукту.

Спиртування застосовується як метод консервування плодівих соків. Спирт, однак, не має сильну дію, що консервує, і для того щоб зберігати харчовий продукт від псування, потрібні досить більші концентрації його. Так, дріжджі повністю припиняють свою життєдіяльність за вмісту спирту в середовищі не менше 16%.

Під час *спиртового бродіння* завдяки діяльності винних дріжджів, що були в епіфітній мікрофлорі сировини або внесених у вигляді чистої культури ззовні, відбувається розкладання цукру з утворенням спирту за схемою:



Спирт, що утворюється, зберігає продукт від псування. Таким чином, спирт не вноситься ззовні, а утворюється з «надр» харчового продукту за допомогою біохімічного процесу – спиртового бродіння.

Варто мати на увазі, що квашення й спиртове бродіння можна віднести до методів консервування плодів і овочів лише з певною умовністю, тому що в результаті процесів бродіння відбувається денатурація вихідної сировини й одержання зовсім нового продукту.

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 та ін.

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. Інактивуються під час теплової обробки й ферменти, що збереглися в продукті до початку стерилізації. Таким чином, збудники псування, що перебувають усередині консервних банок, під час теплової обробки знищуються, а, що перебувають у навколишньому середовищі завдяки герметичності тари усередину потрапити не можуть. Тому законсервовані цим способом харчові продукти можуть зберігатися протягом багатьох років.

Метод консервування тепловою стерилізацією є основним у промисловості й найбільш надійним серед всіх методів зберігання харчових продуктів. На ньому базується майже вся консервна галузь харчової промисловості.

Якщо визначити оптимальний режим стерилізації, хімічні зміни в харчовому продукті будуть мінімальними. Мінімальними будуть і зміни природних властивостей сировини, якщо не вважати деякого розм'якшення тканин. У цьому сенсі теплова стерилізація продуктів у герметичній тарі вигідно відрізняється від таких методів консервування, як посол, квашення, варіння із цукром і сушіння.

Готові консерви можуть зберігатися у звичайних складах і перевозитися на звичайному залізничному та автомобільному транспорті. У цьому – велика перевага стерилізації перед зберіганням у регульованому газовому середовищі,

охладженням і заморожуванням.

Принцип абіозу в цьому методі дотримується як відносно мікроорганізмів, так і відношень сировини, що консервується. Клітинна проникність рослинної тканини, характерна для загибелі клітини, досягається за температури 60...70°C за кілька хвилин, а за умови більш низьких температур (40...50°C) за рахунок подовження часу прогрівання.

Застосування електричного змінного току високої (ВЧ) і надвисокої частоти (НВЧ) являє собою один з особливих способів теплової стерилізації харчових продуктів. Якщо харчовий продукт помістити в електричне поле змінного току високої частоти, відбувається поглинання електричної енергії структурними елементами продукту, які в результаті змінної поляризації здобувають коливальний рух, утворений завдяки внутрішньому тертю в теплоту. Оскільки поглинання електричної енергії відбувається одночасно всім обсягом продукту, продукт розігрівається швидко й не від периферії до центра, як у звичайних способах передачі теплоти, а одночасно й рівномірно по всьому обсязі. Нагрівання продукту в полі ВЧ відбувається приблизно за 1,5...2 хв, у той час як звичайний спосіб нагрівання консервів вимагає десятки хвилин.

Під час застосування ВЧ-нагріву для стерилізації консервів використовується радіочастотний діапазон електромагнітних хвиль порядку 20...30 МГц. До того ж консервна банка міститься між двома металевими пластинами, відіграючи роль конденсатора в електричному коливальному контурі лампового генератора високої частоти.

Ще більш ефективний надвисокочастотне нагрівання. Застосування мікрохвильової енергії частотою 2400 МГц дає можливість здійснити безперервний процес стерилізації на конвеєрі в робочій камері, куди електрична енергія, що генерується магнетронами з обертовим магнітним полем, подається через хвилеводи без необхідності затискати продукт між обкладками конденсатора. Під час НВЧ-обробці фізичні властивості продукту, розміри банки й інші характеристики матеріалу, що обробляється, мало відображається на режимі роботи генератора мікрохвильової енергії. Потрібно, однак, відзначити, що впровадження процесів ВЧ- і НВЧ-обробки в практику консервування лімітується складністю устаткування, відносною дорожнечою процесу, труднощами контролю температурного режиму в банку під час обробки і т.д.

Підсумовуючи відомості про методи консервування, слід зазначити, що харчові продукти можна зберегти на більш-менш тривалій 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.*

ГЛОСАРІЙ

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, пропилоний 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, стабілізувальна 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).

Термополімеризація 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 олій, 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 (ессенціальних) 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 жирі, 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 жирі 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:

1. Теоретичні основи харчових технологій: підручник /А.Б. Горальчук, Є.П. Пивоваров, Т.В. Черемська, О.Ю. Рябець. Н.Г. Гринченко; за ред. П.П. Пивоварова. Харків, 2019. 320 с.
2. Калакура М.М. Теоретичні основи технологій харчових виробництв: навчальний посібник / за ред. М.М. Калакура. Київ: ВМУРоЛ «Україна», 2011. 109 с.
3. Ростовський В.С. Теоретичні основи технологій громадського харчування: навч. посібник / за ред. В.С. Ростовський. Київ: Кондор, 2018. 200 с.
4. Зубар Н. М. Теоретичні основи харчових виробництв. Київ, 2020. 304 с.
5. Дуленко Л.В., Горяйнова Ю.А., Полякова А.В., Малигіна В.Д. Харчова хімія. Київ, 2021. 2483 с.

Допоміжна:

6. Горальчук А.Б., Пивоваров П.П., Гринченко О.О., Погожих М.І., Полевич В.В., Гурський П.В. Реологічні методи дослідження сировини і харчової продукції та автоматизація розрахунків реологічних характеристик. Харків, 2006. 63 с.
7. Jan Velisek, Richard Koplik, Karel Sejpek The Chemistry of Food: the textbook WILEY, 2020. 1000 p.
8. Боруц С.Д., Федорів В.М. Модернізація технологічних процесів харчових виробництв. Чернівці, 2022. 112 с.
9. Черевко А.И., Михайлов В.М., Большакова В.А., Ботштейн Б.Б., Головки Т.Н, Горальчук А.Б. Энциклопедия питания: в 10 т. Т. 4. Пищевые добавки. Харьков, 2016. 645 с.
10. Березівський П.С., Михайлюк Н.І. Системи технологій. Київ, 2006. 288 с.
11. Домарецький В.А., Куц А.М., Шевченко О.Ю. Біологічні та фізико-хімічні основи харчових технологій. Київ, 2011. 704 с.
12. Левандовський Л.В., Дрюк В.Г., Семенова О.І. Біологічна хімія. Київ, 2012. 386 с.
13. Губський Ю.І. Біологічна хімія. Київ-Тернопіль, 2000. 508 с.
14. Гладкий Ф.Ф. Сенсорний аналіз харчових продуктів. Харків, 2018. 131 с.
15. Соколенко А.І. Фізико-хімічні методи обробки сировини і харчових продуктів. Київ, 2015. 324 с.
16. Славов В.П., Шубенко О.І., Ковальчук Т.І. Біохімія молока та молочних продуктів. Київ, 2013. 208 с.
17. Капрельянц Л.В. Ферменти в харчових технологіях. Одеса, 2009. 468 с.

Інформаційні ресурси

18. Домарецький В.А. Загальні технології харчових виробництв. 2010. 814 с. URL: <http://padaread.com/?book=39976>.
19. Доценко В.Ф. Харчова хімія. 2010. 146 с. URL: <http://www.harchovahimiya.ru/dotsenko/>.

Навчальне видання

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КОРОТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*для студентів спеціальності 181 «Харчові технології»
ОПП «Харчові технології в ресторанній індустрії»
ступеня вищої освіти бакалавр
денної та заочної форм навчання*

Укладачі:

ПИВОВАРОВ Павло Петрович
ОМЕЛЬЧЕНКО Світлана Борисівна
ДІХТЯРЬ Альона Миколаївна

Відповідальний за випуск професор П.П. Пивоваров

План 2022-2023 н.р., поз. 3.2.

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman. Папір для цифрового друку.

Друк ризографічний.

Ум. друк. арк. 19,6. Наклад 100 прим.

Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44