

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**



ХАРЧОВА ХІМІЯ

**тексти лекцій частина перша
для студентів напрямку підготовки
181 Харчові технології**

**Затверджено на засіданні
кафедри харчових технологій
протокол № 1 від 27.08.18 р.**

Чернігів ЧНТУ 2018

Харчова хімія: тексти лекцій частина перша для студентів напряму підготовки 181
Харчові технології / Уклад.: Гуменюк О.Л. – Чернігів: ЧНТУ, 2018. – 129 с.

Укладачі: **Гуменюк Оксана Леонідівна**, кандидат хімічних наук, доцент

Відповідальний за Сиза Ольга Іллівна, завідувач кафедри
випуск: харчових технологій, доктор технічних наук,
професор

Рецензент: Буяльська Н.П., кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій, Чернігівського національного технологічного університету

Зміст

| | |
|---|-----|
| Лекція 1. Харчова хімія як наука. Основні поняття. | 4 |
| 1.1 Сучасний стан і перспективи розвитку харчової хімії..... | 4 |
| 1.2 Складові харчових продуктів та їх класифікація | 5 |
| 1.3 Показники харчової цінності їжі..... | 20 |
| 1.4 Вода в сировині та харчових продуктах, її вміст, форми зв'язку. Активність води..... | 21 |
| Лекція 2. Білки як нутрієнти: властивості та зміни під час переробки | 26 |
| 2.1 Визначення білків. Класифікація білків за походженням, біодоступністю, структурою та ін. | 26 |
| 2.2 Харчова цінність білків. Основні білковомісні продукти | 29 |
| 2.3 Взаємозв'язок між структурою білків та їх функціо-нальними властивостями..... | 39 |
| 2.4 Функціональні властивості білків..... | 40 |
| 2.5 Зміни білків, пов'язані з переробкою та зберіганням | 44 |
| Лекція 3. Білки харчової сировини: білки рослинного походження..... | 49 |
| 3.1. Основні зернові культури. Білки зернових культур: особливості, амінокислотний склад. | 49 |
| 3.2. Будова зернівки та хімічний склад різних частин. Види борошна залежно від помелу. .. | 51 |
| 3.3. Білки Клейковини. Механізм утворення клейковини. Сорти борошна за силою клейковини..... | 53 |
| 3.4 Целіакія. Алергія та чутливість до глютену. Безглютенові продукти. | 58 |
| 3.5 Пшениця. Сучасні та "нові" стародавні сорти пшениці: фарро, полба, спельта, хорасан та ін. | 59 |
| 3.6 Білки інших зернових культур | 62 |
| Лекція 4 Білки харчової сировини: білки тваринного походження..... | 68 |
| 4.1 Білки м'яса. | 68 |
| 4.2. Білки молока | 77 |
| 4.3. Білки яйця..... | 84 |
| 4.4 Білки риби | 87 |
| 4.5 Нові форми білкової їжі..... | 89 |
| Лекція 5. Ліпіди..... | 91 |
| 5.1 Визначення, класифікація ліпідів та їх значення у харчуванні людини | 91 |
| 5.2 Гліцериди. Жирні кислоти у складі гліцеридів та їх характеристика | 92 |
| 5.3 Речовини супутні гліцеридам..... | 106 |
| 5.3 Харчові жири та їх класифікація..... | 110 |
| 5.4 Технологічні функції жирів в хлібобулочних виробках..... | 116 |
| 5.5 Біохімічні та фізико-хімічні перетворення жирів під час переробки та зберігання | 116 |
| Список рекомендованої літератури..... | 129 |

ЛЕКЦІЯ 1. ХАРЧОВА ХІМІЯ ЯК НАУКА. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ.

План

- 1.1 Сучасний стан і перспективи розвитку харчової хімії.
- 1.2 Складові харчових продуктів та їх класифікація
- 1.3 Показники харчової цінності їжі
- 1.4 Вода в сировині та харчових продуктах, її вміст, форми зв'язку. Активність води.

1.1 Сучасний стан і перспективи розвитку харчової хімії.

Харчова хімія – наука про хімічний склад харчових систем (сировини, готових продуктів), їх перетворення в ході технологічного процесу під впливом різних факторів (фізичних, хімічних, біохімічних).

Харчова хімія вивчає хімічний склад їжі і властивості її складових частин, що визначають поживну цінність харчових продуктів. Крім того, вивчає хімічні перетворення, яких зазнають компоненти харчових продуктів на своєму шляху «від ферми до столу», результаті процесі переробки, а також під час зберігання.

Причини виникнення харчової хімії: необхідність вдосконалення технології виготовлення традиційних харчових продуктів та створення нових харчових продуктів (зі збалансованим складом, низькокалорійних, з подовженим терміномзберігання і т.д.), що відповідають сучасному попиту споживачів.

Основні напрями харчової хімії:

1. Хімічний склад, харчова цінність та безпечність сировини і готових харчових продуктів.
2. Перетворення харчових і нехарчових речовин, що є складовими сировини та харчових продуктів в процесі переробки та виготовлення готової продукції.
3. Розробка нових технологій переробки сировини та виробництва харчових продуктів з урахуванням економічних факторів.
4. Виділення, фракціонування, модифікація компонентів сировини та харчових продуктів.
5. Вдосконалення методів аналізу сировини та матеріалів для здійснення контролю харчової сировини та готових продуктів щодо вмісту контамінантів.

Для чого аналізують продукти?

Аналіз продуктів харчування здійснюється з різними цілями:

- для встановлення відповідності даної їжі вимогам, встановлених законом або характеристикам, заявленим на етикетці виробника;
- визначення якості продукту або його поживної цінності;
- виявлення фальсифікації;
- виявлення наявності потенційно небезпечних ксенобіотиків для здоров'я людини.

Аналітичні проводяться із застосуванням як традиційних методів кількісного аналізу, так із використанням найсучасніших методів хроматографії та спектроскопії.

6. Розробка технологій одержання та використання харчових добавок у виробництві готових продуктів.

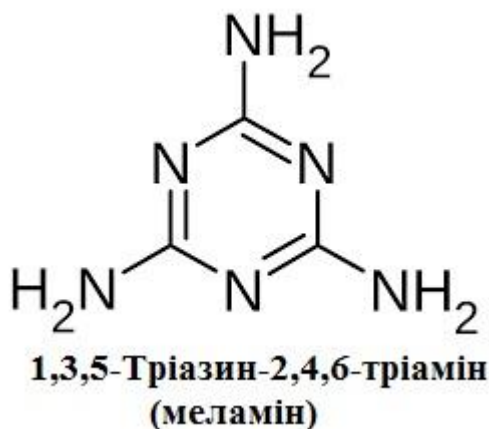
Фальсифікації харчових продуктів

Найбільш гучною фальсифікацією харчових продуктів за останні десятиліття став так званий меламіновий скандал, який стався восени 2008 року. Тоді китайська

влада з'ясувала, що токсична речовина меламін додавалася виробниками в сухе молоко, щоб сфальсифікувати кількісний аналіз на вміст білка.

Забруднений порошок потім використовувався у виробництві дитячих сумішей і деяких інших продуктів. У результаті отруєння меламіном близько 300 тисяч дітей захворіли сечокам'яною хворобою, як мінімум шестеро з них померли.

Меламін – це органічна основа, що містить шість атомів Нітрогену:



Меламін широко використовується в пластмасах, клеях, стільниціях, посуді.

Меламін використовується виробниками для фальсифікації білкововмісних харчових продуктів (молока, клейковини, та ін.) для підвищення концентрації білка (азоту) в продукті, яка визначається під час аналізів (за методами Кьельдаля і Дюма вміст білка вимірюється за вмістом азоту).

За високих концентрацій меламін призводить до утворення каменів у нирках і до ниркової недостатності

З метою фальсифікації меламін додають в такі продукти, як молоко (сухе і звичайне) для збільшення вмісту білка, шоколадні батончики, розчинна кава, драже і печиво, як емульгатор, клейковину.

За високого вмісту меламіну в молочних продуктах, після натуральних хімічних процесів, з'являється яскраво виражений кормовий запах.

1.2 Складові харчових продуктів та їх класифікація

Їжа, харчі, пожива – це матеріали, які в натуральній формі або перероблені споживаються людиною з метою живлення і задоволення.

Таким чином, поняття "їжа" включає в себе дві складові: поживну – нутритивну і гедоністичну (насолоджувальну).

Поживна складова характеризується вмістом поживних речовин – білків, жирів і вуглеводів і легко визначається кількісно.

Гедоністична складова включає в себе такі властивості їжі, як візуальна привабливість, запах, смак і консистенція, які впливають на органи чуття і можуть визначатись великою кількістю сполук, лише частина з яких є ідентифікована.

Додаткові поняття до визначення "їжа", що є дуже актуальними на теперішній час:

– "корисність" – пов'язана з властивостями, що визначаються способом переробки харчових продуктів;

– "не шкідливість" – пов'язана з відсутністю контамінантів.

Харчові продукти – це продукти, вироблені з продовольчої сировини і які використовуються в їжу в натуральному або переробленому вигляді.

Класифікація харчових продуктів (за Нєчаєвим А.П.)

I. Традиційні і нові продукти масового призначення.

II. Функціональні харчові продукти масового призначення, до яких додані компоненти, що покращують їх хімічний склад (напр., вітаміни, мін. речовини, НАК, ПНЖК, ХВ) і призначені для ліквідації порушень обміну речовин.

III. Харчові продукти, призначені для працюючих в екстремальних умовах.

IV. Харчові продукти, призначені для дітей, вагітних та годуючих матерів.

V. Продукти лікувального харчування.

Щодо деяких харчових продуктів застосовують такі поняття як

– **Нові продукти** – продукти, які не мають значної історії споживання або виробляються методами, які раніше не використовувались для їжі; вперше визначення цього терміну з'явилося у Євросоюзі в 1997 р.

Приклади:

– маргарин, що містить фітостероли, які допомагають знизити рівень холестерину в крові;

– ріпакова та гірчична олії, що вироблені відповідно з сарептської гірчиці та канадського озимого ріпаку з низьким рівнем як ерукової кислоти, так і глюकोзинолатів

– екзотичні фрукти та овочів, які мають довгу історію безпечного використання (окра – бамія).

– **Органічні продукти** – це продукти, які виробляються методами, що не включають застосування синтетичних пестицидів та хімічних добрив, а також не містять генетично модифікованих організмів або харчових добавок і не обробляються опроміненням.

Класифікація харчових речовин

Харчові речовини класифікують (рисунок 1.1) на: *поживні* (нутриєнти); *непоживні* (не нутритивні) – біологічно активні добавки (БАД); баластні речовини (харчові волокна); ферменти; *протипоживні* (антихарчові) речовини; *забруднювачі* (контамінанти); *природні токсини*; *харчові добавки*.

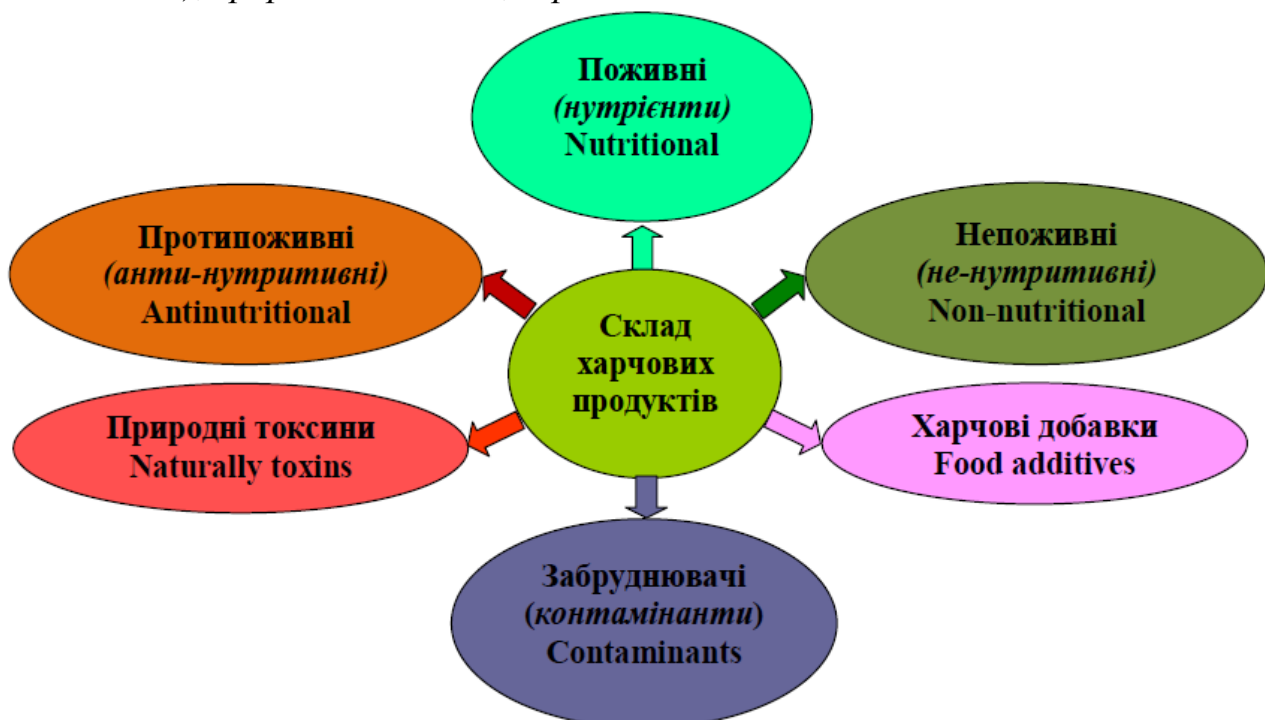


Рисунок 1.1 – Склад харчових продуктів

Поживні речовини – нутрієнти (Nutritional) – складові їжі, які необхідні для життя, росту, підтримки і відновлення тканин організму.

Класифікація нутрієнтів (рисунок 1.2):

I. За потребою для організму:

– *есенціальні* (essential) або незамінні – речовини, які не утворюються в організмі, або утворюються в недостатній кількості: деякі амінокислоти, поліненасичені жирні кислоти, вітаміни, мінеральні речовини і вода), їх також називають екзогенним фактором, тобто такі, які можуть надходити тільки ззовні;

– *неесенціальні* (non-essential) – речовини, надходження яких до організму є необхідним, але не обов'язковим, як наприклад, у випадку есенціальних) за їх нестачі порушуються обмінні процеси в організмі (каротиноїди, фітостероли, харчові волокна, поліфеноли та інші фітохімічні речовини).

II. За необхідним кількісним надходженням:

– макронутрієнти (основні) – речовини, що необхідні у кількостях > 10 г (білки, жири, вуглеводи);

– мікронутрієнти (додаткові) – речовини, що необхідні в малих кількостях – міліграмах (мінерали і вітаміни).

Макронутрієнти або основні харчові речовини під час асиміляції виділяють енергію для виконання всіх функцій організму. Менша їх кількість бере участь у процесах побудови клітин, тканин, для синтезу ферментів та інших фізіологічно активних сполук.

Мікронутрієнти, або так звані мінорні фізіологічно активні речовини, необхідні організму в малих кількостях; вони беруть участь у засвоєнні енергії, регуляції функцій і здійсненні процесів росту й розвитку організму. До мікронутрієнтів належать окремі амінокислоти харчового походження, участь яких у регуляції функцій органів і систем доведена численними дослідженнями; есенціальні жирні кислоти, вітаміни та провітаміни, мінеральні речовини, харчові волокна, а також різні органічні сполуки, характерні для натуральної продовольчої сировини рослинного і тваринного походження.

Вивченням поживних речовини та інших компонентів, що містяться у продовольчій сировині та продуктах харчування, їх дії та взаємодії, ролі у підтримці здоров'я або виникненні захворювань, процесів споживання продуктів харчування; дослідженням мотивів вибору їжі людиною і впливу цього вибору на її здоров'я займається наука – нутріціологія¹.

III. За функціями в організмі:

– енергетична: вуглеводи, жири;

– конструкційна: білки;

– захисна: вітаміни, мінерали.

¹ **Нутріціологія** (пізньюлат. nutritio – харчування, пожива + logos – слово) – один з напрямків науки про харчування людини і тварин, яка вирішує питання дослідження харчових речовин і компонентів, що містяться в продуктах харчування, правила, закони їх взаємодії, вплив на організм.

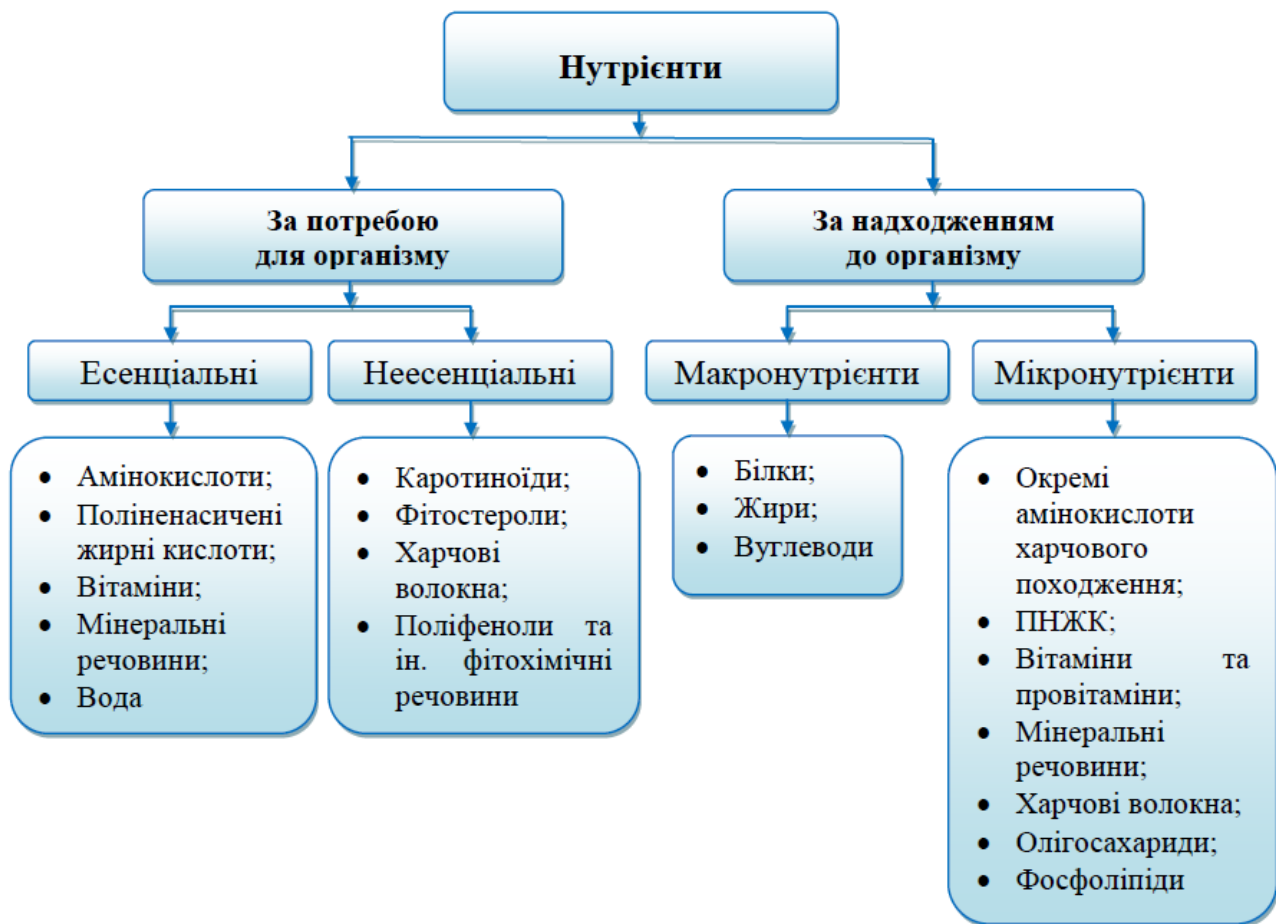


Рисунок 1.2 – Класифікація нутрієнтів

Непоживні речовини (Non-nutritional) або не нутритивні – це речовини, позбавлені поживних якостей, але мають біологічну активність.

Приклад:

– харчові волокна (целюлозні і нецелюлозні) сприяють нормальній роботі кишківника – розвитку корисної мікрофлори та перистальтиці (рисунок 1.3);

– фітоестрогени (насіння сої, льону) – мають гормональну активність (рисунок 1.4).

Харчові волокна

Джерела: хліб з висівками, мюслі, свіжі або сушені фрукти та овочі, горіхи



Рисунок 1.3 – Продукти – джерела харчових волокон



насіння льону



соєві боби

Рисунок 1.4 – Продукти – джерела фітогормонів

Проти-поживні речовини – анти-нутриєнти (Anti-nutritional) – речовини, які самі по собі або через свої метаболічні продукти, перешкоджають засвоєнню окремих харчових речовин (нутриєнтів), і цим самим справляють негативний вплив на здоров'я людини.

Існує наступна класифікація антинутриєнтів:

1) *Речовини, які пригнічують перетравлювання та засвоєння білків* (інгібітори протеаз: трипсину, хемотрипсину та ін.); жирів (інгібітори ліпаз); вуглеводів (інгібітори амілази).

2) *Речовини, які зменшують розчинність мінеральних елементів* або запобігають їх засвоєнню (щавлева кислота, фітати).

3) *Речовини, які інактивують вітаміни* або збільшують потребу у вітамінах – антивітаміни (аскорбатоксидаза, тіаміназа I та II, лінатин, антагоністи рибофлавіну та ніацину).

Загальноприйнятими речовинами, що відносяться до анти-нутриєнтів є наступні:

- | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| – Інгібітори протеаз, ліпаз, амілази | – Бета-глюкани |
| – Фітати | – Циклопропеноїдні жирні кислоти |
| – Щавелева кислота | – Дубильні речовини |
| – Лектини | – L-канаванін канаванін (Cav) |
| – Арабіноксилани | |

Інгібітори протеаз, ліпаз, амілази

У рослинах зустрічаються речовини, які здатні гальмувати активність окремих травних ферментів – протеолітичних (пепсину, трипсину, хемотрипсину, еластази) та амілолітичних (альфа-амілази).

Інгібітори протеаз є речовинами, які гальмують дію трипсину, пепсину та інших протеаз в шлунково-кишковому тракті, перешкоджаючи травленню та подальшому засвоєнню білків.

Переважно дія інгібіторів протеаз проявляється на активності трипсину (інгібітори трипсину), їх поділяють на два типи:

1) *аргініновий тип* – речовини пшениці, кукурудзи, жита, ячменю, картоплі, інгібітор Кунітца у сої (до 1,4% маси бобів), які гальмують трипсин,

2) *лізиновий тип* – овомукоїди яєць індички, качки, молозива, інгібітор Баумана-Бірка у сої (до 0,6% маси бобів), які гальмують трипсин та хемотрипсин.

Інгібітори інактивуються під час кип'ятіння протягом 3 годин або за 20 хв в автоклаві за +115°C.

Сирий білок яєць містить три біологічно активних речовини: авідін, який зв'язує біотин та інгібує трипсин, лізоцим, у якого виявлена антибіотична активність, і кональбумін, який стійко зв'язує залізо. Всі ці білки є термолабільними. Їх надмірне вживання викликає захворювання, яке виникає через недостачу біотину в організмі. У цьому випадку спостерігаються дерматози, лущення шкіри, депресія, біль у м'язах та гіперестензія, анорексія, блювання, анемія та підвищення рівня жовчних пігментів у сироватці крові.

Механізм антинутритивної дії цих сполук зводиться до утворення відносно стійких ензимінгібіторних комплексів та зниження активності головних протеолітичних ферментів.

Білкові інгібітори протеаз виявлені не тільки у рослинних продуктах, але й в продуктах тваринного походження (білки сирих яєць, тканини легень, деяких залоз, молозива).

Але їх практичне значення є незначним. Інгібітор протеаз у молозиві виконує корисну для імунного статусу немовлят функцію – він захищає антитіла, які в нерозщепленому стані сорбуються слизовою кишкового тракту немовлят та є джерелом пасивного імунітету. Останній передається через їжу від матері до немовлят.

Інгібітори ліпаз перешкоджають дії таких ферментів, як панкреатична ліпаза, яка каталізує гідроліз деяких ліпідів, у тому числі жирів (використовується у препаратах проти ожиріння – аболістат).

Інгібітори амілази перешкоджають дії ферментів, які руйнують глікозидні зв'язки крохмалів та інших складних вуглеводів, запобігаючи утворенню моносахаридів та їх засвоєнню (теж використовуються в лікуванні ожиріння; присутні у багатьох видах бобів; комерційно доступні інгібітори амілази екстрагують з білих сортів квасолі).

Фітати

Фітин або інозитолфосфорна² кислота міститься у оболонках зерна злаків та бобових, тому залишається у висівках до 4 г/кг.

Фітинова кислота (рисунок 1.5) зв'язує йони таких металів як кальцій, магній, залізо, мідь та цинк, що призводить до випадання їх в осад і робить недоступними для адсорбції. Фітинові кислоти поширені також в шкарлупі горіхів, насінні та зернових висівках.

² Фітинова кислота (інозитгексафосфорна кислота) – це естер шестиатомного спирту циклогексану (інозиту) з фосфорною кислотою. Як форма збереження та накопичення фосфату в рослинах у значній кількості міститься в позаклітинному опорному матеріалі тканин насіння вищих рослин: гірчиці, соняшника, льону, рицини, різних видів злаків і бобових. Багато фітинової кислоти у висівках, макусі конопель, бавовнику та ін. В організмі людини в процесі травлення фітинова кислота може зв'язувати кальцій, магній, цинк та залізо і внаслідок цього знижувати їх ресорбцію в організмі. У харчовій промисловості і виноробстві Ф. використовують як флокулянт, речовину для фільтрації та висвітлення пива та вина. Для видалення 1 мг заліза з виноматеріалу потрібно 5 мг Ф.

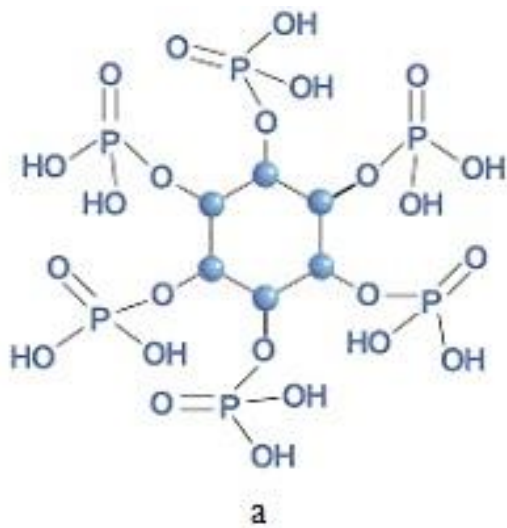


Рисунок 1.5 – Формула фітинової кислоти (а) та продукти, в яких вона міститься (б)

Щавелева кислота

Щавелева кислота та оксалати присутні у багатьох рослинах (рисунок 1.6), особливо в шпинатних рослинах. Щавлева кислота ревеню (8 г/кг), шавлю (5 г/кг), шпинату (10 г/кг), портулаку (13 г/кг), столового буряка (2,7 г/кг), картоплі зв'язує кальцій, тим самим порушує його всмоктування із травного каналу.

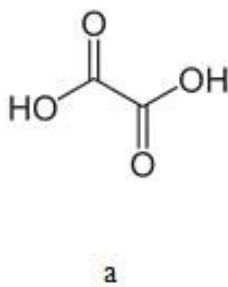


Рисунок 1.6 – Формула щавлевої кислоти (а) та продукти, в яких вона міститься (б)

Антивітаміни

Серед антивітамінів практичне значення мають два ферменти, які містяться у рослинних продуктах, – аскорбатоксидаза та тіаміназа.

Під їх впливом, особливо за неправильної обробки продуктів, можлива втрата значної кількості аскорбінової кислоти та тіаміну, що може призвести до дефіциту останніх у раціонах харчування.

Аскорбатоксидаза, яка міститься у значній кількості овочів, фруктів та ягід, каталізує реакцію окислення аскорбінової кислоти в дегідроаскорбінову та далі – у дикетогулонову кислоту. У своєму складі аскорбатоксидаза містить 0,25% Купруму. Найбільша кількість аскорбатоксидази визначена в огірках та кабачках. Але одночасно вона практично відсутня або визначається у незначній кількості у моркві, цибулі, помідорах, буряках.

Ступінь проявлення антиаліментарної дії аскорбатоксидази залежить від ступеня порушення структури тканин рослин.

Тіаміназа міститься у тканинах риб, у складі кави. Інгібітори піридоксалевих ферментів виявлені у грибах, бобах, горіхах.

Антиніацинові ферменти виявлені у кукурудзі, які на думку деяких вчених сприяють виникненню пеларги³.

S-глікозиди

Сірковмісні речовини (глікозинолати) переважно знаходяться в рослинах родини хрестоцвітих: гірчиці, хріні, капусті, надаючи їм гострого смаку, а також у сім'яній шкірці арахісу. Ці природні сполуки сприяють захисту рослин від шкідників і хвороб і утворюються у відповідь на пошкодження рослини. За значного надходження вони погіршують засвоєння йоду, тому їх ще називають зобогенними.

Будова: кожен глікозинолат містить центральний атом вуглецю, який зв'язаний атомом сірки в тиоглюкозну групу та атомом азоту, з'єднаним з сульфатною групою (рисунок 1.7 в). Крім того, центральний Карбон з'єднаний з бічною групою. Глікозинолати відрізняються між собою саме бічними групами.

Глікозинолати або S-глікозиди (рисунок 1.7) в результаті дії ферментів естераз у травному каналі гідролізуються з утворенням ізотіоціанатів⁴ (загальна формул: R-N=C=S), тіоціанатів, нітрилів, які перешкоджають засвоєнню йоду, впливаючи на функцію щитовидної залози і, таким чином, вважаються зобогенними.

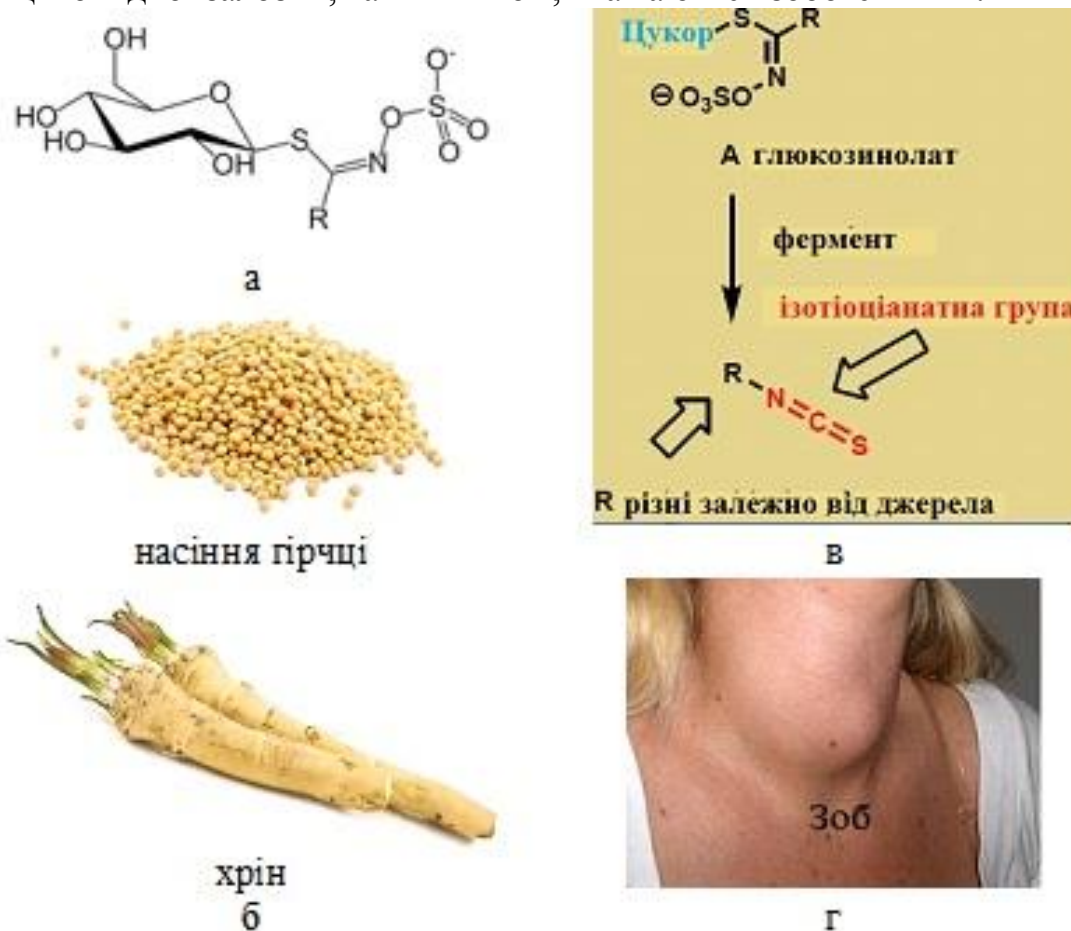


Рисунок 1.7 – Загальна формула S-глікозидів (а), продукти, в яких вони містяться (б), схема гідролізу (в), та наслідки зобогенної дії

³ Назва захворювання пеларга походить від словосполучення «pelle agra», що в перекладі з італійського означає «шорстка, груба шкіра».

Захворювання є одним з різновидів авітамінозів, і викликається недостатнім надходженням в організм вітамінів групи В – ніотинової кислоти і триптофану.

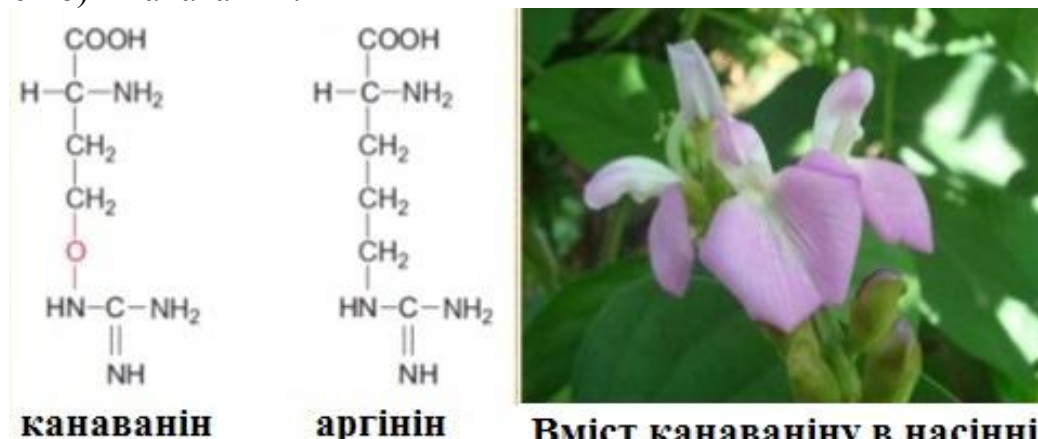
⁴ Ізотіоціанати – ефірні гірчичні олії.

Дубильні речовини

Дубильні речовини – безазотисті органічні сполуки, належать до флавоноїдів – групи поліфенольних сполук. Ці сполуки утворюють хелатні комплекси з металами, такими як залізо і цинк, і зменшують всмоктування цих мінералів, крім того, вони пригнічують травні ферменти і можуть також осаджувати білки та зумовлювати їх денатурацію. Таніни містяться в айві, груші, хурмі, чаї.

Канаванін

Канаванін – це природний токсичний аналог аргініну (протеїногенної амінокислоти) рослинного походження; виявлена в деяких зернобобових рослинах, зокрема насінні та проростках люцерни (виконує захисну функцію від комах). Структурна будова нагадує структуру α -амінокислоти – L-аргініну, єдиною різницею є заміщення метиленового мосту ($-\text{CH}_2-$) в аргініні з оксо-групою (тобто атомом кисню) в канаваніні:



Вміст канаваніну в насінні люцерни - до 2...3%

Організми, які споживають канаванін, як правило, помилково вводять його в свої власні білки замість L-аргініну, тим самим виробляючи нефункціональні білки.

L-канаванін у люцерни може викликати симптоми, подібними до вовчаку, та інших автоімунних захворювань. У людей, які страждають на автоімунні захворювання канаванін викликає дуже серйозні ускладнення.

Інші анти-нутриєнтні фактори

Надмірне споживання клітковини може скоротити час проходження їжі через кишечник до такого ступеня, що інші поживні речовини не зможуть всмоктатись.

Бета-глюкан – некрохмальний полісахарид, може зменшувати швидкість дифузії поживних речовин та ймовірність їх контакту з травними ферментами, а також може перешкоджати перетравленим поживним речовинам наблизитися до поверхні тонкої кишки, що в кінцевому підсумку призводить до меншої засвоєності поживних речовин.

Надмірне споживання одного з таких мінералів як кальцій, залізо, цинк і магній може призвести до зменшення адсорбції інших, так як дані мінерали переносяться одним і тим же транспортером.

Авідін – білок яйця, який перешкоджає асорбції біотину – вітаміну Н.

Індолілоцтова кислота та ацетилпіридин – у зерні кукурудзи, зменшують перетворення триптофану на вітамін В₅.

Рутиновмісні продукти (містять ортодифеноли, флавоноїди) руйнують вітамін В₁.

Лінатин із насіння льону гальмує активність В₆-залежних ферментів, також подібні до нього речовини є в їстівних грибах.

Надлишок лейцину у сорго зумовлює зменшення засвоєння вітаміну РР.

Природні токсини

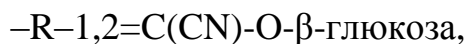
Природні токсини – сполуки виробляються різними рослинами та тваринами, виконують певні функції у рослинних та тваринних організмах або розвиваються як хімічний захист від хижаків, комах або мікроорганізмів.

Природні токсини присутні в продуктах рослинного походження: з більш ніж 300000 різних видів рослин у світі принаймні 2000 видів вважаються отруйними. Відомо сотні видів рослин, що вживаються людиною в їжу і які містять природні токсини.

Таблиця 1.1 – Токсини продуктів харчування та характер їх впливу на організм людини

| Токсини та інгредієнти їжі | Джерело | Ефекти симптоматика |
|----------------------------|--|---|
| Ціаногени | Яблука, абрикоси, айва, вишня, мигдаль, слива, персик, груша | Неврологічна |
| Глікоалкалоїди | Картопля | Депресанти центральної нервової системи |
| Мірістицин | Мускатний горіх, петрушка, морква | Галюциногенна дія |
| Лектини | Бобові | Аглотинація еритроцитів |
| Фалькаранол | Морква | Нейротоксичність |

Ціаногенні глікозиди та амінокислоти. Відомо 29 ціаногенних глікозидів, загальною формулою:



під час гідролізу яких спочатку відщеплюється глюкоза, потім синильна кислота HCN (рисунок 1.8).

Синильна кислота є токсичною сполукою, яка у кількості 50 мг викликає загибель людини, гальмуючи окислювальне фосфорилування у мітохондріях клітин, припиняючи клітинне дихання.



Рисунок 1.8 – Загальна формула ціаногенногоглікозиду (а), продукт, в якому він міститься (б)

Найбільш відомі ціаногенні глікозиди: амигдалін (рисунок 1.8) – міститься в насінні кісточкових культур (гіркий мигдаль, абрикос, персик, вишня і т.д.) та пагонах бамбуку; лінамарин – у насінні льону та білої квасолі; віцин – боби віки (крім глікозиду віцину у боби віки містять амінокислоту бета-ціано-аланін, яка теж може стати джерелом синільної кислоти); дхурін – у зерні сорго.

Нітрильні сполуки – бета-оксаліламіно-аланін віки, сочевиці та чини зумовлюють появу захворювання латиризм, що пов'язане з демієлінізацією нервових волокон.

Глікоалкалоїди – інгібітори ферменту холінестерази, містяться у томатах та баклажанах. Але найчастіше отруєння зумовлюють соланін та чаконін, що містяться у позеленілій картоплі.

Глікоалкалоїди картоплі (соланіни) мають антиферментні властивості. Соланін сконцентрований у шкірі та поверхневому шарі бульби. У зелених ягодах уміст соланіну складає не більш 1%, а у бульбі – 1,2...10 мг/100; у значній кількості соланін міститься у картопляній гичці (до 250 мг/100 г). Соланіни руйнуються в процесі термообробки.

Отруєння соланіном викликають сонливість, головний біль, блювання, неврологічні порушення. У зв'язку з можливим накопиченням соланіну у картоплі її потрібно зберігати у темному приміщенні, не варити картоплю з ростками та зеленою шкіркою.

Лектини або фітогемаглютиніни – білки, що містяться у насінні бобових інгібують трипсин і перешкоджають травленню, викликають алергічні реакції; посилюють проникненість стінок кишечника, а коли потрапляють до крові, то зумовлюють аглютинацію еритроцитів. За тривалого нагрівання лектини втрачають свій шкідливий вплив.

Найбільшу токсичність виявили у лектину під назвою рицин, що міститься у насінні рицини.

Госипол – в насінні бавовнику: жовтий пігмент, фенольного походження, токсичний для організму, так як зв'язується з залізом гемоглобіну, зменшує кількість еритроцитів і перешкоджає утворенню прототромбіну, інактивується за високої температури.

Сапоніни – рослинні глікозиди, що складаються з олігосахаридної частини і аглікону – сапогеніну, міститься в багатьох лікарських рослинах (білокрильник (кала) болотний), в насінні арахісу. Сапоніни викликають нудоту, блювання, значне слиновиділення, пронос, тахікардію та судоми.

Активно діючі речовини лікарських та отруйних рослин можуть потрапляти до рослинницької продукції і викликати отруєння людей. Це буває у тих випадках, коли посіви культурних рослин бувають поряд із лікарськими та отруйними, що є бур'янами. Стандарти на зерно регламентують максимальний рівень домішки шкідливих рослин до продовольчого зерна.

Agrostemma githago або кукіль містить сапоніни – гітагін та агростемову кислоту, які викликають місцеве подразнення слизових оболонок, а після всмоктування у кров – руйнування еритроцитів.

Coronilla varia або в'язіль містить коронілін, який токсично впливає на серце та посилює моторику травного каналу.

Centaurea picris або гірчак повзучий містить глікозиди, які зумовлюють судоми

та проноси.

Heliotropium dasycarpum або геліотроп містить алкалоїди – геліотропін та інші, що викликають блювоту, проноси, біль, а потім черевну водянку та збільшення печінки.

Lolium temulentum або плевели п'янки містить алкалоїд темулін, що ушкоджує головний та спинний мозок.

Ricinus communis або рицина містить алкалоїд рицинін, токсальбумін рицин, які зумовлюють подразнення слизової оболонки травного каналу, проноси, судоми, зниження тиску крові.

Sophora alopecuroides та *S.pachycarpa* або софора лисохвоста та софора товстоплідна (гірчак) містять алкалоїд пахікарпін, що знижує провідність гангліїв, тому виникає блювота, атонія кишечника, судоми, сповільнення серцебиття.

Thermopsis lanceolata або термопсис ланцетний (мишатник) чи п'яна трава містить алкалоїди цитизин та анагарин, які збуджують дихальний центр.

Trichodesma incanum або тріходесма сива містить алкалоїди тріходесмін та інші, які зумовлюють зниження артеріального тиску, судоми, ушкодження головного мозку та червоного кісткового мозку, блювоту.

Мікотоксини – грибні токсини (афлатоксини).

Мікотоксини (від грецького $\mu\kappa\eta\varsigma$ (*mykes, mikos*) "гриб" та $\tau\omicron\upsilon\chi\iota\kappa\acute{o}\nu$ (*toxikon*) "отрута") вторинні метаболіти, що виробляються організмами царства гриби. Зазвичай під терміном **мікотоксини** мають на увазі токсичні сполуки, що виробляються грибами, які уражують сільськогосподарські культури, зокрема збіжжя.

Серед мікотоксинів, які можуть представляти небезпеку для здоров'я людини і тварини, найбільш розповсюджені афлатоксини, трихотецени, патулін, охратоксини, зеаралеон та зеараленол.

Афлатоксини – мікотоксини, що виробляються грибами роду *Aspergillus*: *Aspergillus flavus* та *Aspergillus parasiticus* – основні забруднювачі (токсин В₁) харчових продуктів. Високу токсичність мають афлатоксини В₁, В₂, G₁ та G₂). Афлатоксини – сильні мутагени (у т.ч. гепатоканцерогени), чинять також канцерогенну та імунодепресивну дію. Токсичність зумовлена їх взаємодією з нуклеофільними ділянками ДНК, РНК та білків. Афлатоксин В₁, є найбільш токсичним а також є потенційним канцерогеном – цей токсин пов'язують з раком печінки у багатьох видів тварин. Афлатоксини переважно пов'язують з продуктами, які надходять з тропіків та субтропіків: бавовна, арахіс, спеції, фісташки та кукурудза.

Трихотецени продукуються грибами *Fusarium sporotrichiella*, *Fusarium solani*, *Fusarium graminearum* та іншими; містять понад 80 мікотоксинів, які поділяють на 4 типи: А, В, С і D. Трихотецени проявляють тератогенні, цитотоксичні, імунодепресивні, дерматотоксичні властивості, діють на кровотвірні органи, ЦНС, викликають лейкопенію, геморагічний синдром, відповідають за деякі харчові мікотоксикози людини та тварин. Токсичні властивості зумовлені їх участю в пригніченні біосинтезу білка.

Охратоксин це мікотоксин, що виробляються грибами родів *Penicillium* та *Aspergillus*. Відомо три сполуки орхатоксинів: А, В і С. Всі сполуки мало відрізняються одна від одної: орхатоксин В це фактично орхатоксин А позбавлений атому хлору; а орхатоксин С є етиловим ефіром орхатоксину А. *Aspergillus*

ochraceus здатний вражати широкий спектр продуктів, включаючи напої такі як пиво та вино. *Aspergillus carbonarius* є основним видом, що спричиняє контамінацію фруктових вин, вивільнення токсинів грибом відбувається на стадії виробництва соку. Орхатоксин А вважається канцерогеном та нефротоксином, та пов'язується з розвитком у людей пухлин сечової системи. Орхатоксин А (ним найчастіше забруднюються харчові продукти) у чистому вигляді нестабільний, чутливий до дії світла та кисню, стійкий у розчинах. Ці мікотоксини чинять нефротоксичну, тератогенну та імунодепресивну дію. Інгібують дію білка, порушують обмін глікогену. Орхатоксини відповідають за виникнення нефропатії у свиней.

Цитринін було вперше ізольовано з грибів *Penicillium citrinum*, і пізніше було ідентифіковано в більш ніж десяти видах роду *Penicillium* та кількох видах роду *Aspergillus*. Деякі з цих видів використовувалися для виробництва продуктів харчування людей таких як сир (*Penicillium camemberti*), sake, місо, та соєвого соусу (*Aspergillus oryzae*). Цитринін пов'язують з хворобою жовтого рису в Японії а на піддослідних тварин сполука має нефротоксичну дію. Попри те, що цитринін може знаходитись в багатьох продуктах які вживають люди (пшениця, рис, кукурудза, ячмінь, овес, жито) вплив сполуки на здоров'я людини залишається отстаточно не відомим.

Алкалоїди ріжків є сумішшю токсичних сполук що містяться в склероціях різних видів грибів роду *Claviceps* (таких наприклад як Ріжки пурпурові), які є поширеним паразитом багатьох видів злаків та збіжжя. Вживання алкалоїдів з їжею спричиняє ерготизм. Сучасні методи очищення зерна суттєво знизили частоту ерготизму у людей, проте ця хвороба досі залишається досить великою ветеринарною проблемою. Алкалоїди ріжків використовуються також з фармацевтичною метою.

Патулін виробляється грибом *P. expansum*, а також іншими грибами родів *Aspergillus*, *Penicillium*, and *Paecilomyces*. *P. expansum* пов'язується з цілим рядом цвілі фруктів та овочів, зокрема з гниллю яблук та плодів інжиру. Гриб знищується під час процесу бродіння тому його немає у яблучних напоях, наприклад в сидрі. Попри відсутність підозр в канцерогенності, існують повідомлення, що патулін, здатний спричинити ушкодження імунної системи у піддослідних тварин. В 2004 році ЄС встановила наступні граничні межі вмісту патуліну в харчових продуктах: 50 мкг/кг концентратів фруктових соків, 25 мкг/кг твердих продуктів з яблук призначених для безпосереднього вживання, та 10 мкг/кг продуктів з яблук для дітей, включно з яблучним соком.

Мікотоксини можуть потрапити до ланцюга живлення людини в наслідок ураження збіжжя грибами, не залежно від призначення збіжжя: чи то для безпосереднього вживання людьми чи то для годівлі худоби.

Крім збіжжя джерелом мікотоксинів у їжі людини можуть бути також спеції, які теж піддаються ураженню грибами, що продукують мікотоксини. Найчастіше ураженими виявляються червоний перець, чорний перець, та сушений імбир

Природні токсини тваринного походження

Природні токсини присутні в продуктах тваринного походження більш характерні для продуктів морських тварин – токсини, що утворюються токсичними мікроводоростями, накопичуються в молюсках, ракоподібних та рибі, що їх споживають: тетродотоксин, потужний морський нейротоксин, який виробляється

певними бактеріями, виявлена в більш ніж 90 видах риб, може спричинити летальність після вживання навіть невеликої кількості.

Контаміанти

Контаміанти – шкідливі хімічні речовини (хімічне забруднення) та токсичні мікроорганізми (мікробіологічне забруднення), які не були навмисно додані до їжі, але можуть бути присутніми в результаті діяльності людини в сільському господарстві або промисловості. Вони можуть потрапляти в їжу на різних етапах її виробництва, упаковки, транспортування або зберігання.

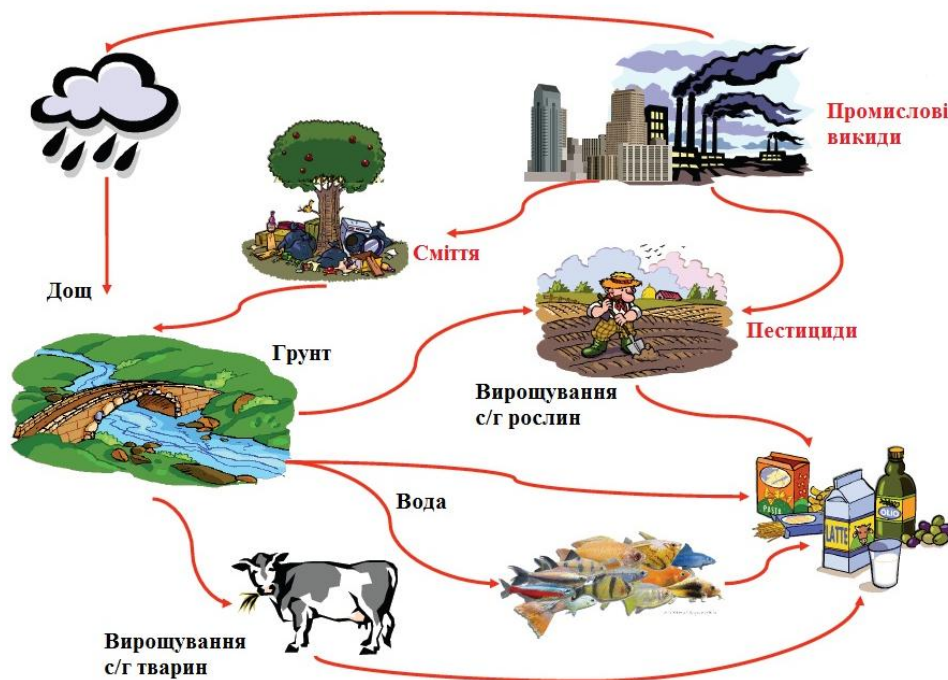


Рисунок 1.9 – Шляхи забруднення харчових продуктів

Окремим питанням є генетично модифікована їжа або наявність в їжі інгредієнтів з генетично модифікованих організмів, яку іноді називають формою забруднення їжі.

Забруднюючі речовини поділяють на:

– первинні або екзогенні – потрапляють із зовнішнього середовища (наприклад, залишки агрохімікатів, такі як пестициди);

– вторинні або ендегенні забруднювачі, які за певних умов утворюються під час обробки харчових продуктів (наприклад, нагрівання, опромінення та бродіння), зберігання (біохімічні зміни, механічні пошкодження) з натуральних харчових компонентів (поживних речовин та інших складових). Ці забруднювачі часто називаються технологічними. Вони відсутні у сировині та утворені під час хімічних реакцій між природними та/або доданими харчовими компонентами в ході переробки.

Приклади: *акриламід* – утворюється в картопляних чіпсах з аспарагіну (рисунок 1.20); метанол – утворюється у фруктових алкогольних напоях в результаті гідролізу пектину; *хлорпропаноли* – утворюються з жирів та соляної кислоти під час гідролізу білків овочевих культур.

Утворення акриламід у їжі

Акриламід – це хімічна сполука, яка утворюється в крохмалистих продуктах, під час їх випікання, обсмажування за високих температур (120...150°C)

Головна реакція, яка відбувається при цьому відома як реакція Майяра

Цукри та амінокислоти, що природно присутні в крохмальній їжі, нагріваються, з'єднуються, утворюючи речовини, що надають нових смаків та ароматів.

Реакція Майяра (або реакція утворення темнозбарвлених речовин - меланоїдинів)

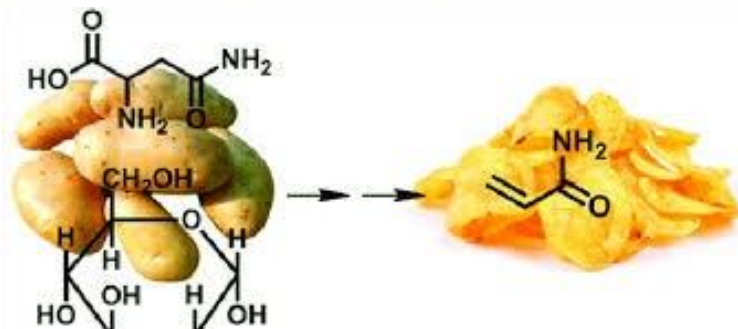
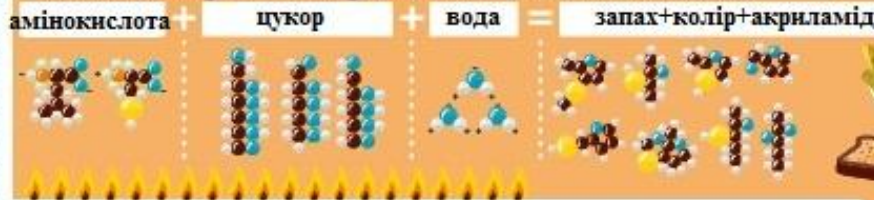


Рисунок 1.20 – Утворення акриламід у під час приготування харчових продуктів

Хімічні забруднювачі можуть бути класифіковані відповідно до джерела забруднення та механізму, за допомогою якого вони входять в харчовий продукт.

– агрохімічні – це хімікати, що використовуються в сільському господарстві та тваринництві, з метою збільшення урожаю та зменшити втрати і включають пестициди (інсектициди, гербіциди, родентициди), регулятори росту рослин, ветеринарні препарати – антибіотики та анаболіки (стероїдні гормони, що стимулюють ріст тканин) (нітрофурани, фторхінолони, малахітовий зелений, хлорамфенікол) і бичачий соматотропін (RBST).

– забруднення навколишнього середовища – хімічні речовини, які присутні в середовищі, в якому їжа вирощується, збирається, транспортується, зберігається, упаковується, обробляється та споживається. Можливі джерела забруднення включають:

- а) повітря: вихлопні гази транспорту, промислові викиди.
- б) вода: арсен, ртуть;
- в) ґрунт: радіонукліди (137цезій, 90стронцій), кадмій, нітрати, перхлорати; поліхлоровані біфеніли (ПХБ), діоксини та ін.
- г) пакувальні матеріали: стибій, олово, свинець, перфтороктанова кислота (РФОА), семікарбазид, бензофенон, ізопропіл тіоксантон (ІТХ), бісфенол А
- д) технологічний процес/обладнання: мідь або інші металева стружка, мастильні матеріали, засоби для чищення та санітарні засоби

1.3 Показники харчової цінності їжі

Харчова цінність – поняття, що включає всю повноту корисних властивостей харчового продукту: ступінь забезпечення фізіологічних потреб людини в основних нутрієнтах, енергією і органолептичні властивості.

Харчова цінність продукту визначається:

- вмістом нутрієнтів (білків, жирів, вуглеводів)
- відсутністю ризиків для здоров'я
- біодоступністю: % нутрієнтів, що засвоюються і утилізуються організмом

Енергетична цінність характеризує ту частку енергії, яка може вивільнитися з харчових продуктів в процесі біологічного окиснення і використовуватися для забезпечення фізіологічних функцій організму.

Показник енергетичної цінності – калорійність – кількість енергії, що виділяється в процесі засвоєння організмом харчових продуктів. Кількість енергії, яку отримує організм під час окиснення одного грама:

- жиру – 37,7 кДж (9 ккал);
- білку – 16,7 кДж (4 ккал);
- вуглеводів 15,7 кДж (3,75 ккал).

Теоретична енергетична цінність (брутто калорійність) – визначається в калориметричній бомбі (рисунок 1.21), тобто та кількість енергії, яка міститься в продукті і виділяється під час його згорання.

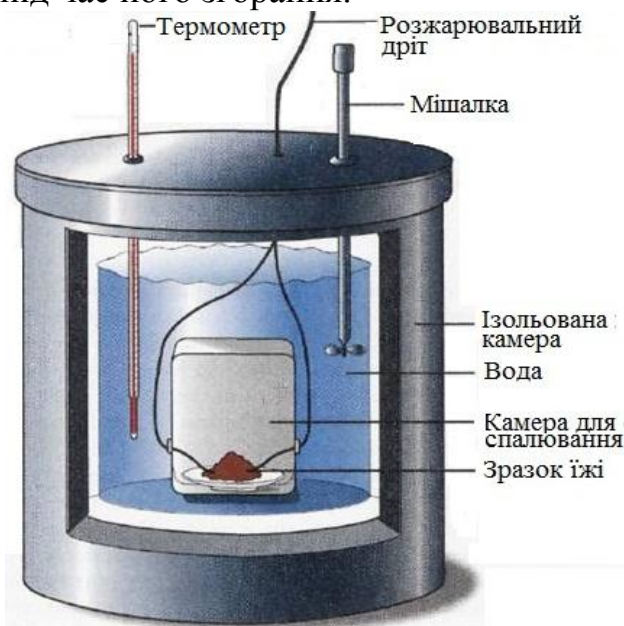


Рисунок 1.21 – Калориметрична бомба: визначається кількість енергії, яка міститься в продукті і виділяється під час його згорання

Фактична калорійність враховує засвоюваність складових харчових продуктів і визначається як добуток теоретичної калорійності на коефіцієнт засвоюваності.

Так, коефіцієнт засвоюваності білків – 0,945; жирів – 0,94; вуглеводів – 0,956. Коефіцієнт засвоюваності сахарози дорівнює 1, тваринних жирів – 0,85 (за винятком вершкового масла), рослинних жирів – 0,95, білків, в залежності від їх природи – 0,85...0,95.

Біологічна цінність харчових продуктів визначається головним чином наявністю в них незамінних факторів харчування, що не синтезуються в організмі або синтезуються в обмеженій кількості і з малою швидкістю. До основних незамінних компонентів їжі відносяться 8...10 амінокислот, 3...5 поліненасичених жирних кислот, усі вітаміни і більшість мінеральних речовин, а також природні фізіологічні речовини високої біологічної активності: фосфоліпіди, білково-лецитинові і глюкопротеїнові комплекси.

Біологічна цінність харчових продуктів – загальніше поняття і характеризується біологічною цінністю білків, жирів, вуглеводів, вітамінів і мінеральних речовин.

Біологічна цінність білку характеризується ступенем відповідності його амінокислотного складу потребам організму в амінокислотах для синтезу білку, а також здатністю до перетравлювання.

Біологічна цінність жирів визначається поліненасиченими жирними кислотами (ПНЖК), що входять до їх складу і які ще називаються вітаміном F. ПНЖК відносяться до незамінних факторів харчування, оскільки не утворюються в організмі і повинні надходити з їжею.

Для людини есенціальними жирними кислотами є лінолева $C_{18:2}$, ліноленова $C_{18:3}$. Лінолева кислота перетворюється в організмі в арахідонову $C_{22:4}$, а ліноленова – в ейкозапентаєнову $C_{20:5}$ і докозагексаєнову $C_{22:6}$.

Біологічна цінність вуглеводів визначається кількісним складом засвоюваних і незасвоюваних вуглеводів

Біологічна цінність вітамінів визначається їх участю в клітинному і тканинному обміні речовин, істотним впливом на функціональний стан багатьох фізіологічних систем, на реактивність організму і його захисні механізми.

Біологічна цінність мінеральних речовин визначається їх абсолютним вмістом і співвідношенням між собою в продуктах і специфічною дією на обмінні процеси.

1.4 Вода в сировині та харчових продуктах, її вміст, форми зв'язку. Активність води.

Вміст води у продуктах харчування пов'язаний з хімічним складом харчової сировини, способом її переробки для одержання кінцевої продукції та зі зберіганням готових продуктів.

Характеризуючи вміст вологи в продукті, його склад виражають двома компонентами: вода і суха речовина.

За вмістом води продукти поділяють на харчові продукти з високим, середнім та низьким вмістом води.

Вміст води істотно впливає на:

- органолептичні характеристики їжі (текстура, запах, смак і колір);
- термін зберігання, стійкість до мікробного псування, ферментативних

(біохімічних) та неферментативних (хімічних) реакції, що виникають під час переробки та зберігання.

У харчових продуктах виконує наступні функції:

- є клітинним і позаклітинним компонентом в рослинних і тваринних продуктах;
- є диспергуючим середовищем і розчинником у великій різноманітності продуктів;
- зумовлює консистенцію і структуру продукту

Таблиця 1.2 – Вміси води (%) в деяких харчових продуктах

| Харчовий продукт | Вміст води (%) | Харчовий продукт | Вміст води (%) |
|--------------------|----------------|------------------|----------------|
| Свинина | 30...72 | Цукор (сахароза) | 0...0,5 |
| Яловичина | 35...73 | Фрукти (соки) | 81...94 |
| Курка | 63...77 | Овочі | 60...93 |
| Риба | 65...81 | Картопля | 75...80 |
| Молоко коров'яче | 87...91 | Бобові | 10...12 |
| Сири | 30...78 | Зернові крупи | 11...14 |
| Яйця | 74 | Хліб | 35...45 |
| Масло, маргарини | 15...18 | Макаронні вироби | 9...12 |
| Олії, свиняча сало | 0...0,5 | Горіхи | 3...6 |
| Мед (сиропа) | 19 (40) | Пиво | 90...96 |

Стійкість продуктів до мікробного псування та біохімічних і хімічних реакцій залежить не стільки від вмісту води у продукті, як від її доступності.

Показником доступності води є активність води a_w (цей показник не є те саме, що і вологість).

Активність води a_w – це відношення тиску пари води над продуктом (P_w) до тиску пари води над чистою водою (P_0) за тієї ж температури:

$$a_w = \frac{P_w}{P_0} = \frac{ВВП}{100}, \quad (3.1)$$

де – ВВП відносна вологість продукту в стані рівноваги, коли продукт не сприймає вологу і не віддає її в атмосферу.

Показник активності води (таблиця 3.2) краще характеризує вплив вологи на псування продукту ніж просто значення вмісту вологи. За величиною a_w розрізняють:

– продукти з низькою активністю $a_w = 0,6...0,0$ – можуть відбуватися процеси окиснення жирів, неферментативне потемніння, втрата водорозчинних речовин, ферментативне псування;

– продукти з проміжною активністю $a_w = 0,9...0,6$ – ті ж процеси, а також процеси за участі мікроорганізмів;

– продукти з високою вологістю $a_w = 1,0...0,9$ – переважають процеси за участі мікроорганізмів (більшість бактерій розмножується за $a_w = 0,85...0,95$; плісняв – за $a_w = 0,6...0,8$; дріжджів – $a_w = 0,8...0,9$).

Таблиця 1.3 – Активність води (a_w) в харчових продуктах

| Продукт | Вологість, % | a_w | Продукт | Вологість, % | a_w |
|---------|--------------|-----------|----------|--------------|-------|
| Фрукти | 90...95 | 0,97 | Борошно | 16...19 | 0,80 |
| Яйця | 70...80 | 0,97 | Мед | 10...15 | 0,75 |
| М'ясо | 60...70 | 0,97 | Карамель | 7...8 | 0,65 |
| Сир | 40 | 0,92-0,96 | Печиво | 6...9 | 0,60 |
| Джем | 30...35 | 0,82-0,94 | Шоколад | 5...7 | 0,40 |
| Хліб | 40...50 | 0,95 | Цукор | 0...0,15 | 0,10 |
| Кекс | 20...28 | 0,83 | | | |

Активність води має велике значення і для текстури продуктів:

– для сухих продуктів (сухе молоко, крекери і т.п.) максимальне значення a_w повинно бути 0,35...0,5;

– для продуктів з м'якою текстурою, що не повинні хрумтіти значення a_w мають бути більшими 0,5.

В країнах Євросоюзу показник активності води є обов'язковим під час проведення експертизи цілого ряду харчових продуктів.

Форма зв'язку води в харчових продуктах: вільна і зв'язана

Воду, що міститься в продуктах харчування, раніше класифікували на зв'язану і вільну воду (або рухливу та іммобілізовану) з урахуванням міцності зв'язків води у продукті та легкості її механічного видалення (наприклад, шляхом пресування) або за допомогою висушування.

Поділ на зв'язану і незв'язану воду є умовним, так як майже вся вода, що міститься в харчовому продукті знаходиться у зв'язаній формі, але утримується з різною силою, тому згідно іншої класифікації вся вода вважається зв'язаною, але поділяється на наступні категорії:

Структурна вода:

– вміст – $<0,03\%$ від загальної води;

– міцно зв'язан, входить до складу гідратів (наприклад, вода кристалів лимонної кислоти і глюкози ($C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$));

– видалається з продукту в результаті термічного розкладання деяких речовин за підвищених температур.

Ближня вода – зв'язана вода (рисунок 1.22):

– вміст – $\approx 0,5 \pm 0,4\%$ від загальної води;

– присутня за $a_w < 0,2$;

– знаходиться в безпосередній близькості від молекул органічних речовин у харчових продуктах;

– зв'язана в основному за допомогою хемосорбції, особливо з гідрофільними полярними групами білків і полісахаридів (йонними та водно-дипольних асоціаціями), може утворювати суцільний шар навколо гідрофільних молекул (білків та полісахаридів) або їх гідрофільних ділянок;

– має меншу рухливість у порівнянні з об'ємною водою в тому ж продукті;

– не має функції розчинника;

– не замерзає навіть за $-40^\circ C$.

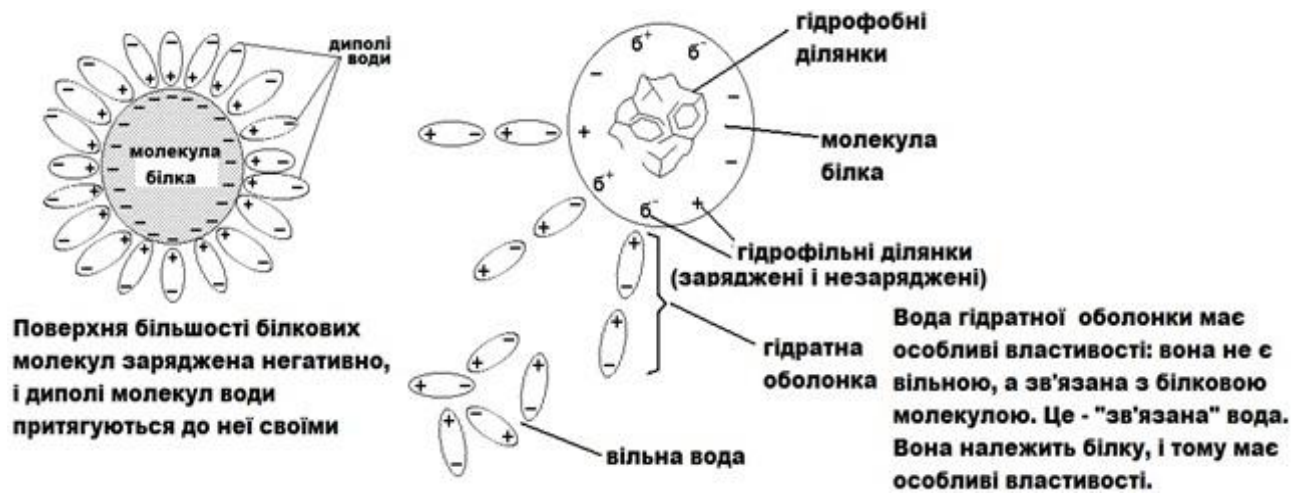


Рисунок 1.22 – Форми зв'язку води в харчових продуктах

За вмісту води у продукті, що відповідає мономолекулярному шару, хімічні реакції не відбуваються.

Наприклад, кількість води, що відповідає мономолекулярному шару, становить: в желатині та крохмалі – 11%, у сушеній картоплі – 6%, в кристалічній сахарозі – 0,4% від загального вмісту води.

Багатощарова вода:

- вміст – $3 \pm 2\%$ від загального вмісту води;
- присутня за $a_w = 0,2 \dots 0,7$;
- займає ділянки після першого мономолекулярного шару і утворює навколо нього декілька шарів
- зв'язки переважно водневі, існують також зв'язки між молекулами води та йонами або диполями, а також фізична сорбція (у капілярах);
- має обмежену функцію розчинника;
- основна частина цієї води не замерзає за -40°C .

Вільна вода:

- вміст у харчових продуктах $\approx 90 \dots 96\%$ від загального вмісту води;
- присутня за $a_w = 0,7 \dots 1,0$;
- зв'язана фізичною сорбцією (капілярні сили);
- має властивості подібні до води в розведених сольових розчинах, або властивості чистої води;
- є розчинником неорганічних та органічних речовин;
- замерзає за 0°C ;
- може бути видалена під час висушування ($t \sim 100^\circ \text{C}$), віджимання, пресування.

Різновидом вільної води є *гігроскопічна*, поглинена продуктами з повітря. Продукти, що мають здатність поглинати або віддавати вологу, називаються *гігроскопічними* (цукор, цукристі кондитерські вироби, крупа, борошно, крохмаль, сушені плоди й овочі).

Вода зв'язана може переходити у воду вільну і навпаки. Наприклад, під час розмерзання м'яса, риби, свіжих плодів і овочів частина зв'язаної води переходить у вільну, що призводить до псування продуктів під дією мікроорганізмів. Під час замішування тіста, варіння макаронних виробів вільна вода поглинається білками і перетворюється на зв'язану колоїдними системами воду.

За класифікацією П.А. Ребіндера (для колоїдних капілярно-пористих тіл), в основу якої покладена природа та енергія хімічного зв'язку форми зв'язку вологи з сухими речовинами поділяються на три групи: хімічна, фізико-хімічна і фізико-механічна.

1. *Хімічна форма зв'язку* – молекули води входять до складу речовин в точному кількісному співвідношенні. Для видалення її потрібно інтенсивну обробку теплом, що призводить до руйнування структури матеріалу(зв'язана вода).

2. *Фізико-хімічна форма зв'язку* – адсорбційна й осмотична. Адсорбційно-зв'язана вода утримується силами Ван-дер-Ваальса поверхневих молекул колоїдних речовин (білків і вуглеводів) на межі поділу тверде тіло-вода. Наприклад, в зернових культурах за їх вологості менше 14% вода знаходиться в зв'язаному стані. З підвищенням вологості 14,5-15,5% з'являється вільна вода. Подальше поглинання води зумовлюється силами осмосу і дифузії. Така вода називається осмотично поглиненою або структурною. Вона не так міцно зв'язана, характеризує стадію набрякання (вільна вода).

3. *Фізико-механічна форма зв'язку* характерна для води, що заповнює капіляри, великі пори і порожнини в тілах. Капілярами вода утримується з більшою силою (зв'язана вода). Волога, що утримується силами зчеплення, зв'язана з матеріалом найслабкіше і може бути видалена механічним шляхом (вільна вода).

Контрольні питання

1. Дайте визначення нутрієнтам та наведіть їх приклади.
2. Які харчові речовини відносяться до замінних, а які – до незамінних? Наведіть приклади.
3. Як класифікують харчові речовини за Нечаєвим А.П.?
4. Чим займається наука нутріціологія?
5. Що відображає поняття "харчова цінність продукту"?
6. Що таке енергетична цінність продукту, як вона визначається? Яка енергетична цінність білків, жирів і вуглеводів?
7. Що відображає поняття "біологічна цінність продукту"?
8. Якими показниками характеризується біологічна цінність білків, жирів і вуглеводів?
9. Яке біологічне значення ферментів, їх інгібіторів та антивітамінів? В яких продуктах вони містяться?
10. Яке значення дубильних речовин?
11. Що таке лектини? В яких продуктах містяться лектини? Як зменшити їх негативний вплив?
12. Що таке фітотоксини. В яких продуктах вони містяться і яке їх біологічне значення?
13. Що таке вільна і зв'язана волога?
14. Дайте визначення "активності води"
15. Охарактеризуйте зв'язок між стабільністю харчових продуктів і активністю води
16. Які технологічні прийоми використовують для зниження активності води?

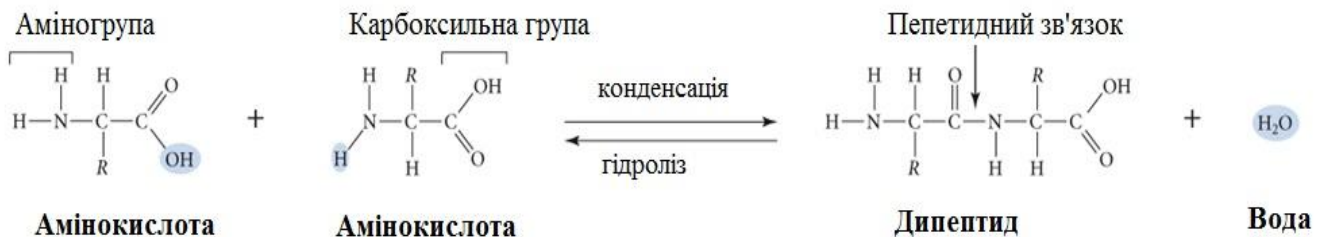
ЛЕКЦІЯ 2. БІЛКИ ЯК НУТРИЄНТИ: ВЛАСТИВОСТІ ТА ЗМІНИ ПІД ЧАС ПЕРЕРОБКИ

План

- 2.1 Визначення білків. Класифікація білків за походженням, біодоступністю, структурою та ін.
- 2.2 Харчова цінність білків. Основні білкововмісні продукти
- 2.3 Взаємозв'язок між структурою білків та їх функціональними властивостями
- 2.4 Функції білків в харчових продуктах
- 2.5 Зміни білків, пов'язані з переробкою та зберіганням

2.1 Визначення білків. Класифікація білків за походженням, біодоступністю, структурою та ін.

Білки або протеїни (від грец. proteos – "первинний", термін був введений Берцеліусом в 1838 р.) – це природні полімери амінокислот, з'єднаних між собою пептидними зв'язками:



Білки є нутрієнтами (як і ліпіди та вуглеводи) і головним джерелом азоту, незамінних амінокислот і матеріалу, необхідного для росту та відновлення м'язів, кісток, шкіри та інших тканин, і є джерелом енергії.

Класифікація білків за походженням

Білки, що використовуються людиною в їжу походять із різних джерел (рисунок 2.1):

– білки тваринного походження (білки м'яса, молока та яєць), що становить в середньому приблизно 25% білків світового харчування, розрахованого на душу населення;

– білки рослинного походження (переважно злаки та бобові, а також фрукти, овочі та коренеплоди) забезпечують близько 65% постачання білків на душу населення у всьому світі.

Нетрадиційні джерела, такі як насіння, рослинні відходи та водорості (головним чином водорості родів *Chlorella*, *Spirulina* та *Scenedesmus*) також можуть бути потенційними джерелами білка.



Рисунок 2.1 – Продукти, що містять білки

Класифікація білків за біодоступністю:

- цілком доступні, що містять усі необхідні амінокислоти в кількостях, необхідних для харчування людини (наприклад, яєчні та молочні білки);
- частково доступні, в яких деякі незамінні амінокислоти присутні в дещо менших кількостях, ніж потрібно (наприклад, м'ясні білки);
- недоступні, в яких важливі амінокислоти присутні у набагато менших кількостях, ніж необхідно для харчування (наприклад, всі рослинні білки та тваринні білки зі сполучної тканини).

Класифікація білків відповідно до стану, в якому вони знаходяться в продуктах харчування:

- природні (нативні) – білки, у яких збережені всі біологічні функції, які вони мають у живих організмах;
- денатуровані – білки з втраченою четвертинною, третинною та вторинною структурами;
- модифіковані – харчові білки, у яких за допомогою хімічних реагентів модифіковані бічні ланцюги.

Натуральні і денатуровані білки є основними білковими джерелами, модифіковані – в даний час застосовується лише в обмежених випадках, в основному як харчові добавки для конкретних цілей: покращена текстура або функціональні властивості (напр., сила збивання), покращена поживна якість. Незважаючи на те, що багато таких модифікацій пропонують можливості для покращення харчових білків та збільшення їхньої доступності з нестандартних джерел, необхідні ретельні обміркування щодо їхньої безпеки та прийнятності.

За структурою (або наявністю небілкових компонентів), нативні білки діляться на прості (протеїни) і кон'юговані (протеїди).

Прості білки складаються тільки з амінокислот.

До простих білків належать:

- *альбуміни* дуже поширені в тваринних та рослинних організмах, є основною частиною цитоплазми більшості клітин, складовою частиною крові, м'язів, молока, в крові вищих тварин і людей альбуміни складають більшу частину білків плазми;

мають відносно малу молекулярну масу 60 кД; приймають участь у підтримці осмотичного тиску крові, транспортують у крові різні речовини (вітаміни, йони металів, гормони), виконують антитоксичну функцію;

– *глобуліни*, на відміну від альбумінів є більш грубо дисперсними, мають більшу молекулярну масу 160–180 кД; в організмі людини та тварин виконують роль антитіл;

– *гістони і протаміни* є основними білками ядра клітини і утворюють основну масу білкової частини нуклеопротейдів; гістони стабілізують молекулу ДНК, підтримують унікальну структуру ДНК в ядрі, що є умовою для біосинтезу білку;

Кон'юговані – містять небілковий компонент в залежності від структури якого поділяються на:

– *нуклеопротейди* – містять нуклеїнові кислоти;

– *ліпопротейди* – з'єднані з нейтральними ліпідами, фосфоліпідами, стероїдами (такі як холестерин) і переважно знаходяться в жовчному міхурі та плазмі крові;

– *глікопротейди* – містять зв'язані сахариди, переважно олігосахариди (наприклад, структурний білковий колаген у м'ясі, к-казеїн у молоці та деякі білки яйця);

– *фосфопротейди* – містять зв'язану фосфорну кислоту (α - та β -казеїни у молоці та білок фосвітін яєчного жовтка);

– *хромопротейди* – містять зв'язані похідні порфірину або флавіну (гемоглобін, міоглобін, феритин, пероксидази, каталази та дегідрогенази з NAD та FAD кофакторами);

– *металопротейди* – містять метали, зв'язані координаційними зв'язками (приклади включають білковий феритин, який є формою зберігання заліза в печінці або церулоплазмін, який містить мідь, ці білки є найважливішими джерелами заліза та міді в харчуванні людей).

За формою молекули білки поділяють на (рисунок 2.2):

– глобулярні білки – мають молекули округло-сферичної форми (наприклад, альбуміни та глобуліни);

– фібрилярні білки, молекула яких має форму макроскопічних волокон (білки м'язової тканини та склеропротейни – білки опірних та покривних тканин (наприклад, практично нерозчинні колаген, кератин та еластин).



Колаген
Фібрилярний білок



Міоглобін
Глобулярний білок

Рисунок 2.2 – Форми білкових молекул

У простих білках глобулярних білках неполярні функціональні групи знаходяться в межах молекули, полярні функціональні групи утворюють зовнішнє ядро і зв'язуються з молекулами води; як правило розчинні у воді або розведених сольових розчинах з утворенням колоїдних розчинів; багато з них є ферментами.

За розчинністю білки поділяються на:

– *альбуміни* – розчинні у воді і сольових розчинах, нерозчинні в концентрованих розчинах солей, характеризуються високою гідрофільністю та дисперсністю, мають кислі властивості (ізоелектрична точка (ІЕТ) $\approx 4,7$); не мають особливостей щодо вмісту окремих амінокислот; входять до складу молока, яєць, зерна злакових та бобових культур;

– *глобуліни* – слабозрозчинні у воді, добре розчинні в розчинах солей; під час їх вилучення (екстракції) із різноманітних об'єктів використовують 2...10%-ний розчин хлориду натрію; слабокислі або нейтральні білки (ІЕТ 6,0...7,0); до них належать лактоглобулін молока, фібриноген крові, більша частина білків насіння бобових – леугумін гороху, фазеолін квасолі, гліцидин сої;

– *проламіни* – розчинні в 70...80%-ному етанолі, нерозчинні у воді і абсолютному етанолі, багаті аргініном (гліадин пшениці, гордеїн ячменю, зеїн кукурудзи, оризеїн рису);

– *глутеліни* – не розчиняються ні в сольових розчинах, ні в спирті, але екстрагуються гідроксидами лужних металів (0,2%-ним розчином) (ІЕТ 5...7) знаходяться, як правило, спільно з проламінами (глутенін пшениці);

– *гістони і протаміни* розчинні в сольових розчинах; мають яскраво виражені основні властивості через великий вміст аргініну (ІЕТ 10,5...13,5);

– *склеропротеїни* (протеноїди) – нерозчинні у воді і сольових розчинах, багаті гліцином, аланіном і проліном.

2.2 Харчова цінність білків. Основні білкововмісні продукти

Харчова цінність їжі в основному визначається кількістю білка, що міститься в ній, і якістю цього білка.

Якість білків залежить від двох параметрів:

– наявності незамінних амінокислот в кількостях, необхідних для харчування людини;

– біодоступності, тобто від засвоюваності (перетравлюваності під дією ферментів травного каналу) і метаболізму.

За харчовою цінністю білки поділяються на:

– повноцінні – містять усі необхідні амінокислоти в кількостях, необхідних для харчування людини – це білки тваринного походження (білки м'яса, яєць, сирів, молока);

– неповноцінні – містять усі НАК, але не в збалансованій кількості, тобто, деякі кислоти є лімітуючими – це білки рослинного походження, які як правило, мають дефіцит однієї або декількох незамінних (білки зернових, бобових);

– з нульовою біологічною цінністю – у їхньому складі відсутні деякі НАК (фрукти, овочі, зелень, тваринні білки зі сполучної тканини).

Тваринні білки легше денатуруються і перетравлюються, ніж білки овочів. Рослинні білки, як правило, є дуже стійкими до денатурації, але в процесі термообробки їх стійкість знижується і зростає біологічна доступність

Якщо прийняти біологічну цінність умовного білка (ідеального), що повністю засвоюється в організмі людини за 100, то біологічну цінність сумарних білків деяких найпоширеніших продуктів харчування можна розмістити у такий ряд:

умовний білок (100) > білки материнського молока (95) > білки яловичини (93) >

> білки курячих яєць (87) > білки коров'ячого молока (81) >

> білки очищеного рису (63) > білки кукурудзи (36) > білки білого хліба (30)

Амінокислоти харчових продуктів

Найчастіше у білках продуктів харчування та у тканинних білках зустрічаються 20...25 амінокислот (рисунок 2.3) із відомих на сьогодні ≈ 80 амінокислот

Серед амінокислот виділяють:

– *незамінні амінокислоти* (НАК) – кислоти, які організм не може синтезувати і які повинні надходити до нього ззовні; до них належать вісім кислот: валін (Val); лейцин (Leu); ізолейцин (Ile); треонін (Tre); метіонін (Met); лізин (Lys); фенілаланін (Phe); триптофан (Trp);

– *напівзамінні амінокислоти* (2): аргінін (Arg) і гістидин (His) – важливий для дітей;

– *замінні амінокислоти* (10), які синтезуються в організмі людини.

У швидкоростучих організмах (наприклад, у дітей), деякі незамінні амінокислоти (аргінін та гістидин), які молодий організм не може синтезувати в достатній кількості, стають важливими амінокислотами. Ці амінокислоти іноді називають напівзамінними амінокислотами. Аргінін синтезується з такою швидкістю, яка недостатня для задоволення потреб росту організму, і більшість синтезованого, розщеплюється, утворює сечовину. Гістидин спочатку вважався важливим для немовлят, але довгострокові дослідження показали, що це також важливо для дорослих людей.

Амінокислоти метіонін та фенілаланін також іноді вважаються напівзамінними з причин, не пов'язаних безпосередньо з відсутністю синтезу. Метіонін необхідний у великих кількостях для одержання цистеїну, якщо остання амінокислота недостатньо постачається в раціоні. Подібним чином, фенілаланін необхідний у великих кількостях, щоб утворювати тирозин, якщо останній недостатньо забезпечений дією.

Амінокислоти, які організм може синтезувати, називаються замінними амінокислотами. Вони біосинтезуються з проміжних сполук циклу лимонної кислоти, що використовуються усіма аеробними організмами для отримання енергії та інших шляхів обміну речовин (гліколіз та цикл пентоз). Всі живі організми, включаючи людей, синтезують глютамінову кислоту з 2-оксоглутарової кислоти (отриманої з циклу лимонної кислоти) та іонів амонію.

| | | | | |
|---|--|--|--|---|
| $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \alpha\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\ \\ (\text{CH}_2)_3 \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{C}=\text{NH}_2 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Аргінін (Arg / R)</p> | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \alpha\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Глутамін (Gln / Q)</p> | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \alpha\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$ <p>Фенілаланін (Phe / F)</p> | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \alpha\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{OH} \end{array}$ <p>Тирозін (Tyr / Y)</p> | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \alpha\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_8\text{H}_6\text{N}_2 \end{array}$ <p>Триптофан (Trp, W)</p> |
| $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \alpha\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\ \\ (\text{CH}_2)_4 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Лізін (Lys / K)</p> | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \alpha\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\ \\ \text{H} \end{array}$ <p>Гліцин (Gly / G)</p> | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \alpha\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Аланін (Ala / A)</p> | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \alpha\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2 \end{array}$ <p>Гістидін (His / H)</p> | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \alpha\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{OH} \end{array}$ <p>Серін (Ser / S)</p> |
| $\begin{array}{c} \text{H}_2 \\ \\ \text{C} \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{N}^+ - \alpha\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \end{array}$ <p>Пролін (Pro / P)</p> | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \alpha\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$ <p>Глутамінова кислота (Glu / E)</p> | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \alpha\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$ <p>Аспарагінова кислота (Asp / D)</p> | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \alpha\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\ \\ \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Треонін (Thr / T)</p> | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \alpha\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{SH} \end{array}$ <p>Цистеїн (Cys / C)</p> |
| $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \alpha\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{S} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Метіонін (Met / M)</p> | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \alpha\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Лейцин (Leu / L)</p> | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \alpha\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ <p>Аспарагін (Asn / N)</p> | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \alpha\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\ \\ \text{HC} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Ізолейцин (Ile / I)</p> | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}_3\text{N}^+ - \alpha\text{C} - \text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \\ \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$ <p>Валін (Val / V)</p> |

Рисунок 2.3 – Формули двадцяти амінокислот

Основні та напівнезамінні амінокислоти

– **Валін** зустрічається у тваринних та рослинних білках (**м'ясо, злаки**) у кількості 5...7% (середній вміст 6,9%). Білки яйця та молока містять 7...8% валіну. Структурний білок **еластин** має найбільшу кількість валіну (16%).

– **Лейцин** зустрічається у всіх звичайних білках, зазвичай в кількості 7-10% (середній вміст 7,5%). Злаки містять різну кількість лейцину, протеїни пшениці містять близько 7%, а білки кукурудзи – близько 13%. Вільні форми лейцину з'являються в більших кількостях під час дозрівання сиру через бактеріальну активність.

– **Ізолейцин**. Найбільші кількості ізолейцину зустрічаються в молоці та яєчних білках (6-7%), а м'ясо та зерно містять 4-5% лейцину (середній вміст 4,6%).

– **Треонін**. Багатним джерелом треоніну є м'ясо та пивні дріжджі. Його вміст в тваринних білках (м'ясо, яйця та молоко) становить близько 5%. У пшениці відносно високий вміст треоніну, але його вміст у інших злаках нижче (часто близько 3%), що означає, що треонін іноді стає лімітуючою амінокислотою.

– **Метіонін**. Білки тварин містять 2...4% метіоніну, тоді як рослинні білки містять лише 1...2% (середній вміст 1,7%). Метіонін є лімітуючою амінокислотою в бобових. Метіонін (і цистеїн) присутній лише у невеликих кількостях в гістонах і повністю відсутній в протамінах.

– **Лізин**. Середній вміст лізину в білках становить 7%. Високі кількості лізину зустрічаються у більшості тваринних білків; м'ясо, яйця та молочні білки зазвичай містять 7...9% лізину, протеїни риби та молюсків містять 10...11% лізину. У рослинних білках, таких як білки злаків (особливо гліадини, але не глютеліни) та злакових продуктах міститься лише 2...4% лізину, що є граничною амінокислотою.

– **Фенілаланін**. Добрими джерелами фенілаланіну є м'ясо, риба та більшість продуктів, що містять протеїни, де ця амінокислота виявляється в достатній кількості (4...5%, середній вміст 3,5%). У деяких індивідів його присутність в раціоні викликає фенілкетонурію – спадковий дефект, в якому фенілаланін неповно та аномально метаболізується.

Таблиця 2.1 – Вміст валіну, лейцину, ізолейцину, треоніну, метіоніну в харчових продуктах

| Амінокислота | Середній вміст, % | Продукти | Вміст | Примітка |
|--------------|-------------------|---------------------------------------|-----------|---|
| Валін | 6,9 | Яйця, молоко | 7...8% | Структурний білок еластин має найбільшу кількість валіну (16%) |
| | | М'ясо, злаки | 5...7% | |
| | | Еластин | 16% | |
| Лейцин | 7,5 | Злаки (пшениця – 7%; кукурудза – 13%) | 7...13% | Вільні форми лейцину з'являються в більших кількостях під час дозрівання сиру через бактеріальну активність |
| Ізолейцин | 4,6 | Молоко, ячні білки | 6...7% | |
| | | М'ясо, зернові | 4...5% | |
| Треонін | 4 | М'ясо, пивні дріжджі, яйця, молоко | 5 | Треонін у деяких злаках є лімітуючою кислотою |
| | | Злакові | 3 | |
| Метіонін | 3 | Тваринні білки | 2...4 | Метіонін є лімітуючою амінокислотою в бобових |
| | | Рослинні білки | 1...2 | |
| | | Бобові | Лімітуюча | |

– **Триптофан.** Середній вміст триптофану в білках становить 1,1%. Тваринні білки містять 1...2% триптофану, крім гістонів та колагену, які взагалі не містять триптофану. Триптофан також не присутній в желатині або в кислотних білках, гідролізатах, які використовуються як приправи для супів. Тому вміст триптофану в м'ясних продуктах може служити показником якості використовуваного м'яса. (Вміст 3-метилгістидину або креатиніну вимірювали з тією ж метою.) Злаки містять менше 1% триптофану; глютенінова фракція глютену має дещо вищий вміст триптофану. У фруктах та фруктових соках також виявлено N_1 -(β -d-глюкопіранозил)-1-триптофан. Його кількість у соках коливається від 0,1 до > 10 мг/л. Найбільша кількість цього глікокон'югату зустрічалася в грушевих соках (13,5 мг/л).

У організмі людини триптофан може частково використовуватись для біосинтезу нікотинової кислоти. У жуйних тварин, якщо вони присутні в надмірних кількостях в раціоні, триптофан викликає набряк легенів (накопичення рідини в легенях), що може спричинити дихальну недостатність. Причиною є гетероциклічна сполука 3-метиліндол (сканол), що є продуктом бродіння триптофану в рубці.

– **Аргінін** зустрічається у всіх білках у кількості 3...6% (середній вміст 4,7%). Основні білки протаміни з риб'ячих молок мають особливо високий рівень аргініну. Арахіс та інші олійні культури також багаті джерелами (вміст аргініну до 11%).

– **Гістидин**. Найпоширеніші білки містять 2...3% гістидину (середній вміст 2,1%), а білки плазми крові містять до 6% гістидину. Деякі риби (особливо макрель та тунець) містять від 0,6 до 1,3% (а іноді понад 2%) вільного гістидину. Вміст вільного гістидину в плоті іншої риби становить лише 0,005...0,05%.

Таблиця 2.2 – Вміст лізину, феніл аланіну, триптофану і аргініну в харчових продуктах

| Амінокислота | Середній вміст, % | Продукти | Вміст | Примітка |
|--------------|-------------------|------------------------------|--------------|---|
| Лізин | 7 | М'ясо, яйця, молочні білки | 7...9 | Лімітуюча кислота у злакових |
| | | Риба, моллюски | 10...11 | |
| Фенілаланін | 3,5 | М'ясо, риба | 4...5 | У людей зі спадковою хворобою викликає фенілкетонурію |
| Триптофан | 1,1 | Тваринні білки | 1...2 | Не присутній в гістонах, колагені, желатині; є показником якості м'яса |
| | | Гістони та колаген | 0 | |
| | | <i>Злаки</i> | < 1 | |
| Аргінін | 4,7 | Всі білки | 3...6 | Важливий для організму, що росте. Протаміни з риб'ячих молук мають особливо високий рівень аргініну |
| | | Риб'ячі молоко, арахіс | > 6 | |
| | | Всі білки | 2...3 | |
| | | Плазма крові | 6 | |
| | | Деякі риби (макрель, тунець) | До 2 | |
| | | Інші риби | 0,005...0,05 | |

Замінні амінокислоти

– **Гліцин** міститься у значній кількості (25...30%) головним чином у структурному білковому колагені та в желатині; У більшості альбумінів його взагалі немає (середній вміст становить 7,5%).

– **Аланін** зустрічається майже у всіх білках у кількості 2-12% (середній вміст 9,0%). Кукурудза проламіновий протеїн зеїн та тваринний протеїн –желатин містять близько 9% аланіну.

– **Серин** зустрічається у багатьох білках; в цілому 4...8% (середній вміст – 7,1%).

– **Цистеїн**. Найбільша кількість цієї амінокислоти та її окислювального продукту цистин (2-5) присутні в кератині (до 17%); Він зустрічається у багатьох інших білках у менших кількостях (1-2%). Середній вміст становить 2,8%. У організмі цистеїн може частково замінити незамінну амінокислоту метіоніну.

– **Аспарагінова кислота та аспарагін.** Середній вміст аспарагінової кислоти в білках становить 5,5%; Середній вміст аспарагіну становить 4,4%. Аспарагінова кислота є основною амінокислотою тваринних білків, відома як глобуліни та альбуміни (6...10%). Овочеві білки містять 3...13% аспарагінової кислоти, головним чином у формі аспарагіну (наприклад білків пшениці містять близько 4%, білків кукурудзи близько 12%).

– **Глютамінова кислота та глютамін.** Середній вміст глютамінової кислоти та глютаміну в білках становить 6,2 та 3,9%, відповідно. Глютамінова кислота – найпоширеніша амінокислота в нервовій тканині. У звичайних білках обидві амінокислоти зустрічаються в більших кількостях (особливо в глобулінах) у зернових та бобових білках (18...40%). Пшеничний глютен (у складі гліадіну) містить близько 40%, соєвий білок містить близько 18%, а молочні білки містять близько 22% глютамінової кислоти.

– **Селеноцистеїн.** У більшості продуктів харчування як рослинного, так і тваринного походження селеноцистеїн є основною формою селену, зв'язаного в білках. Вміст цієї амінокислоти, а також вміст інших амінокислот та пептидів, що містять селен, невідомий. Селеноцистеїн, як правило, знаходиться в невеликій кількості активних центрів білків археїв, бактерій та еукаріотів.

– **Тирозин** супроводжує фенілаланін у більшості білків у кількості 2...6% (середній вміст 3,5%). Желатин містить лише сліди тирозину.

– **Пролін** присутній у більшості білків у кількості 4...7%; Середній вміст становить 4,6%. Його вміст у складі пшеничного глютену, гліадіну становить близько 10%, а близько 12% проліну містить казеїн. Вміст проліну в желатині може складати до 13%. У бактеріях, рослинах та тваринах воно також відіграє роль осмопротектора, який допомагає стабілізувати білки та клітинні мембрани від руйнівного ефекту високого осмотичного тиску.

Лімітуючі амінокислоти

Деякі амінокислоти присутні в звичайних білках у більш низьких концентраціях, ніж у високоякісному білку (наприклад, лізин у пшениці проти лізину у яйцях) – це **лімітуючі амінокислотами**, тому що вони можуть обмежувати ступінь синтезу білка в організмі у випадку, якщо у раціоні людини є дефіцит цієї кислоти. Лімітуючі амінокислоти іноді використовуються для збагачення харчових продуктів та кормів для тварин.

Лімітуючі амінокислоти – це ті незамінні амінокислоти, які входять до складу білків їжі в найменшій кількості в порівнянні з їх фізіологічною потребою.

Якщо раціон не буде збалансованим хоча б за однією лімітуючою амінокислотою, то ця амінокислота буде обмежувати використання всіх решта кислот.

Це так званий закон обмежувального фактора. Його традиційно ілюструють у вигляді знаменитої "Діжки Лібіха" (рисунок 2.4) – під час заповнення бочки, вода переливається через найкоротшу дошку. І довжина інших дощок вже не має значення.

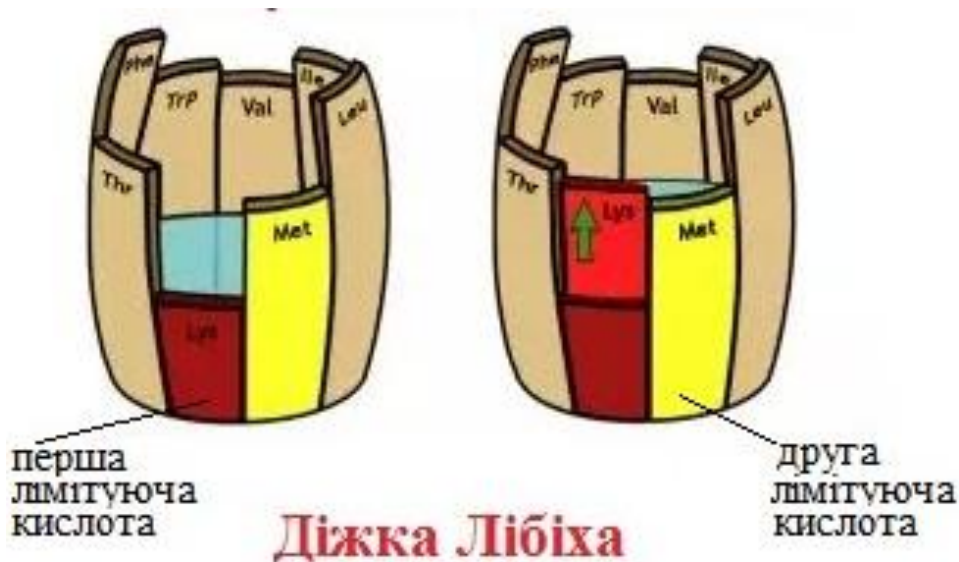


Рисунок 2.4 – Діжка Лібіха – ілюстрація лімітуючої амінокислоти як обмежувального фактору синтезу білків

Діжка Лібіха представляє собою протеїн і вміст незамінних амінокислот. Повна ємкість діжки відповідає "ідеальному" білку, а висота дошки лізину у бочці зліва – біологічній цінності білку (в даному випадку пшеничного). Лізин (Lys) – це лімітуюча амінокислота, яка обмежує синтез білка. На діжці праворуч показано, що коли додати лізин, синтез білка зростає до рівня наступної лімітуючої кислоти – метіоніну (Met).

Показники біологічної цінності білків

Найбільш поширеними показниками є:

- амінокислотний скор (АКС) або Amino Acid Score (AAS) також відомий як хімічний скор (ХС) або chemical score (CS);
- індекс незамінних амінокислот (ІНАК) або Essential Amino Acid Index (EAAI);
- коефіцієнт ефективності білка (КЕБ) або Protein Efficiency Ratio (PER);
- біологічна цінність (БЦ) або Biological Value (BV);
- утилізація чистого білка (УЧБ) або Net Protein Utilisation (NPU).

У 1973 році спільним рішенням Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) і Всесвітньої продовольчої організації (FAO) введений *показник біологічної цінності харчових білків – амінокислотний скор*.

Хімічні методи визначення біологічної цінності білка

Амінокислотний скор (АКС) – це виражене у відсотках відношення вмісту в мг амінокислоти в 1 г досліджуваного білка до її вмісту в мг в 1 г еталонного білка.

$$\text{АКС} = \frac{\text{мг амінокислоти в 1 г досліджуваного білка}}{\text{мг амінокислоти в 1 г еталонного білка}} \times 100\%$$

Амінокислота, скор якої є найменшим вважається першою лімітуючою кислотою вона і визначає біологічну цінність білка.

Зазвичай скор розраховують для трьох найбільш дефіцитних кислот: лізину, триптофану і суми сульфурвмісних амінокислот.

Еталонний білок – це білок високої поживної цінності (наприклад, β -лактальбумін) зі збалансованою кількістю всіх незамінних амінокислот, значення АКС для кожної з яких становить 100%.

Склад еталонного білка (таблиця 2.3) вперше був опублікований в 1973 р. в доповіді ФАО і ВООЗ, а в 1985 р. дані були уточнені в зв'язку з накопиченням знань про оптимальний раціон людини. Разом зі складом білка були надані рекомендовані добові надходження (РДН) (recommended daily intake – RDI) незамінних амінокислот у дорослих людей.

Таблиця 2.3 – Рекомендований склад (мг/г білка) і добова потреба людини (мг/кг маси тіла) в незамінних амінокислотах

| Амінокислота | Протеїн ФАО/ВООЗ, мг/г білка | РДН, мг/кг маси тіла | Амінокислота | Протеїн ФАО/ВООЗ, мг/г білка | РДН, мг/кг маси тіла |
|--------------|------------------------------|----------------------|--------------|------------------------------|----------------------|
| Валін | 32 | 26 | Фенілаланін | 47 | 25 |
| Трейонін | 27 | 15 | Тирозин | 47 | 25 |
| Лейцин | 55 | 39 | Метіонін | 25 | 15 |
| Лізин | 51 | 30 | Цистеїн | 25 | 15 |
| Ізолейцин | 25 | 20 | Триптофан | 7 | 4 |

Значення ААС враховує лише одну амінокислоту. Більш точні дані про харчову цінність білків дає індекс незамінних амінокислот, що включає в себе внесок всіх незамінних амінокислот як середньо геометричного значення ААС.

Індекс незамінних амінокислот (ІНАК) або Essential Amino Acid Index (ЕААІ) – це середньгеометричне значення амінокислотного скору:

$$\text{ІНАК} = \sqrt[n]{\text{АКС}_1 + \text{АКС}_2 + \text{АКС}_3 \dots + \text{АКС}_n}$$

де n – число амінокислот; АКС – амінокислотний скор відповідно 1,2,3 та n -ної кислоти.

Недоліки хімічних методів: не враховують засвоєння протеїнів

Біологічні методи визначення поживної цінності білка

Коефіцієнт ефективності білка (КЕБ) або Protein Efficiency Ratio (PER) – показник, що визначається відношенням приросту маси тіла піддослідної особи (у г) до кількості спожитого білку (у г) протягом періоду випробування:

$$\text{КЕБ} = \frac{\Delta m}{m}$$

де Δm – приріст маси тіла, г; m – маса спожитого білка, г.

Біологічна цінність (БЦ) або Biological Value (BV) – це виражене у відсотках відношення азоту, що зберігається в організмі до поглинутого азоту (не беручи до уваги засвоюваність):

$$\text{БЦ} = \frac{N_{\text{спожитого}} - N_{\text{калу}} - N_{\text{сечі}}}{N_{\text{спожитого}} - N_{\text{калу}}} \times 100\%$$

Якщо $N_{\text{сечі}}=0$, то БЦ = 100%

Білок, який повністю використовується (повноцінний білок), тобто перетравлюється до амінокислот, які засвоюються та використовується на синтез

білків організму (наприклад, яйця та материнське молоко), має БЦ = 90...100, тоді як желатин має БЦ = 0, оскільки він не містить триптофану.

Утилізація чистого білка (УЧБ) або Net Protein Utilisation (NPU) – це виражене у відсотках відношення збереженого азоту (враховує кількість N, що перетворився на білки організму людини) до спожитого азоту:

$$\text{УЧБ} = \frac{N \text{ збереженого}}{N \text{ спожитого}} \times 100\%$$

Недоліки біологічних методів: тривалість та дороговизна аналізів; не дають інформації про вміст амінокислот.

Від чого залежить біологічна цінність білків?

Біологічна цінність білків залежить *від ступеня їх засвоєння і перетравлюваності*. Ступінь перетравлюваності залежить від структурних особливостей, активності ферментів, глибини гідролізу в шлунково-кишковому тракті, виду попередньої обробки в процесі приготування їжі.

Перетравлюваність білків тваринного походження вища, ніж рослинних білків. В середньому білки їжі засвоюються на 92%. Засвоюваність білків тварин складає 97%, а рослинних 83...85%.

В порядку зменшення швидкості засвоєння білків в шлунково-кишковому тракті людини, харчові продукти розташовуються таким чином:

Риба → молочні продукти → м'ясо → хліб → круп'яні продукти

Нижча засвоюваність рослинних білків пояснюється наступним:

– *значним вмістом баластних речовин* в продуктах рослинного походження, які посилюють перистальтику кишечника, що сприяє швидшому виведенню амінокислот, які не всмокталися, з організму;

– *рослинна їжа містить значну кількість клітковини* (целюлоза). Клітковина, що входить до складу клітинних оболонок, погіршує проникнення травних ферментів всередину клітин, екранує білки.

На ступінь засвоюваності організмом харчових речовин, у тому числі білків значний вплив має і ступінь кулінарної обробки продуктів. Теплова обробка (розварювання), подрібнення, протирання прискорює перетравлювання білків, особливо рослинних, але нагрівання вище 100°C – утруднює.

У харчовому раціоні необхідно комбінувати білки різного походження так, щоб вони доповнювали один одного за амінокислотним складом. Так, на частку тваринного білка повинно припадати 55%, а на частку рослинного – 45%.

Добре доповнюють один одного за амінокислотним складом білки пшениці і молока, гречки і молока, корисне поєднання бобових з крупами і овочами. Білки пшениці є неповноцінними за амінокислотним складом. У них бракує лізину і треоніну. Але ці амінокислоти в надмірній кількості містяться в казеїні молока. І навпаки, деяка нестача в казеїні молока сульфурвмісних амінокислот поповнюється їх підвищеним вмістом у білках пшениці.

Проте біологічна цінність білків є досить мінливою, навіть у випадку використання одного продукту. Вона залежить від:

- умов виробництва;
- методів кулінарної обробки;
- умов і термінів зберігання;
- наявності токсичних речовин;

– вплив на засвоєння і використання білків інших компонентів їжі, що містяться в неоднаковій кількості (вітаміни, мінеральні речовини, гормони та ін.).

За нестачі в їжі вуглеводів і жирів вимоги до білку зростають, оскільки вони починають виконувати енергетичну функцію. З іншого боку, за надлишку білків в харчуванні виникає небезпека накопичення жирів.

Продукти, багаті на білок:

- Сир (20...30%)
- М'ясо і риба (15...20%)
- Яйця (13%)
- Крупи (10...20%)
- Бобові (сухі 20%).

2.3 Взаємозв'язок між структурою білків та їх функціональними властивостями

Структура. На практиці для характеристики білків з точки зору харчування інформація про загальний амінокислотний склад зазвичай достатня. Однак у багатьох випадках детальні знання про білкову структуру також потрібні. Чотири рівні білкової структури визнані (рисунок 2.5): первинний, вторинний, третинний і четвертинний. Детальні описи структури білків можна знайти в підручниках з біохімії.

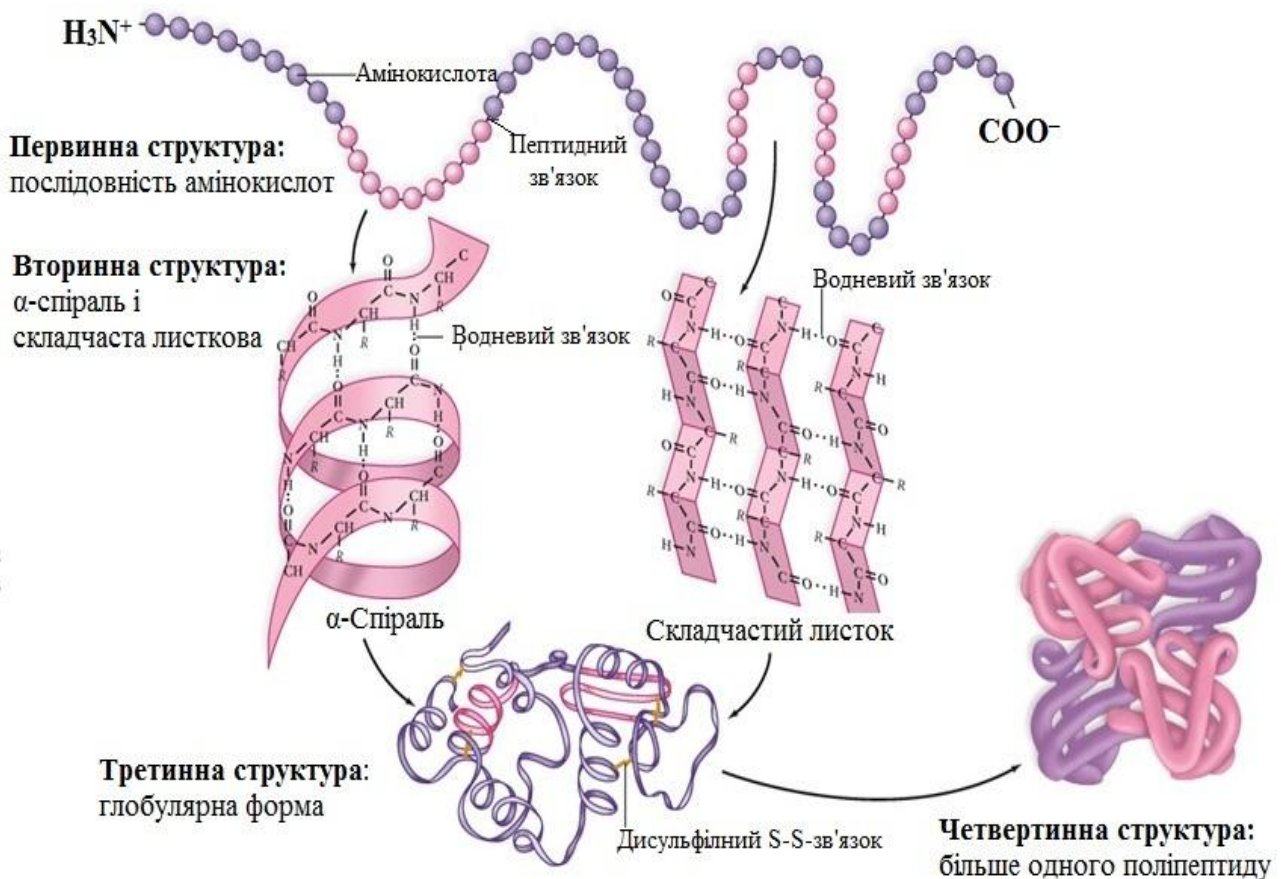


Рисунок 2.5 – Рівні білкової структури

Первинна – певна послідовність залишків альфа-амінокислот у поліпептидних ланцюгах молекул білка.

Вторинна – просторова конфігурація поліпептидного ланцюга, найпоширенішою є права α -спіраль і β -структура або складчастий лист. Вторинну структуру визначає первинна.

Третинна – розташування поліпептидного ланцюга в просторі (глобулярна або фібрилярна структури).

Четвертинна структура характерна для тих білків, молекули яких складаються з двох, чотирьох, і більше поліпептидних ланцюгів. Ця структура відображає характер взаємного розташування поліпептидних ланцюгів в просторі. Четвертинну структуру мають білки, які виконують складні біологічні функції і активність яких залежить від дії регулюючих факторів.

– Ковалентні зв'язки

Дисульфідні містки S-S.

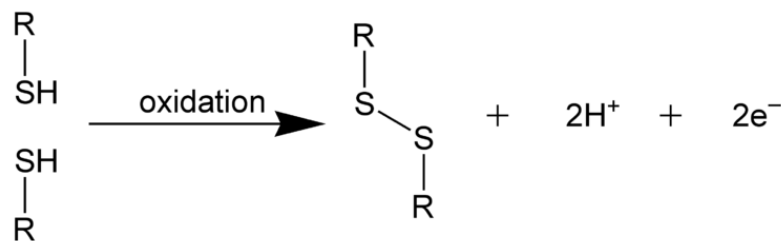
Під час технологічних процесів відбувається руйнування старих S-S зв'язків і утворення нових.

Так під час розриву внутрішньомолекулярних зв'язків пептидні ланцюги розкриваються і групи SH легко окиснюються з утворенням нових S-S зв'язків.

У харчових процесах формування дисульфідних містків може бути

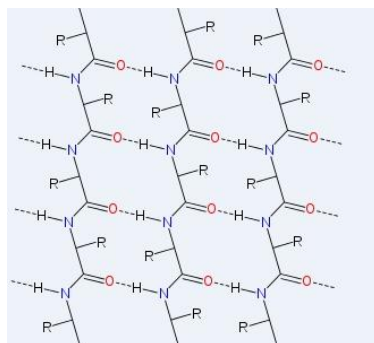
– бажаним, наприклад у випадку утворення глютену;

– небажаним, наприклад, у разі термічної обробки молока, коли формування S-S містків між β -лактоглобулін і κ -казеїном призводить до зменшення кількості розчинних білків:



Ван-дер-Ваальсові зв'язки – це слабкі зв'язки (водневі, диполь-дипольні, інстант-дипольні і т.д., міцність яких залежить від поверхні взаємодії).

У білках в нативній формі ці зв'язки утворюються в середині білкової структури:



У денатурованих білках слабкі зв'язки утворюються між різними поліпептидними ланцюгами під впливом гідрофобних частин зовнішнього середовища.

Це явище лежить в основі утворення білкових агрегатів після термічної обробки деяких продуктів, що призводить до утворення гелів і пін.

2.4 Функціональні властивості білків

Завдяки унікальним функціональним властивостям білки знаходять своє застосування у виробництві харчових продуктів як необхідний технологічний компонент, і як лікувально-профілактична добавка.

Функціональні властивості білків – це такі фізико-хімічні характеристики білків, що забезпечують певну структуру, технологічні і споживчі властивості харчових продуктів.

Найбільш важливими функціональними властивостями білків є:

- розчинність;
- водо- та жирозв'язувальна здатність;
- здатність стабілізувати дисперсні системи (емульсії, піни, суспензії);
- здатність утворювати гелі
- реологічні властивості (в'язкість, еластичність) і т.д.

Розчинність білків пов'язана з їх гідрофільністю і визначається природою тих груп, що знаходяться на поверхні молекули, а саме заряджених $-\text{NH}_3^+$, $-\text{OH}^-$, $-\text{COOH}$ -груп, які притягують до себе молекули води і навколо них формується гідратна оболонка, існування якої перешкоджає агрегації білкових і зумовлює цим самим їх розчинність.

Розчинними є глобулярні білки, структурні ж білки є нерозчинними.

Розчинність білків залежить від:

– наявність нейтральних солей (Na_2SO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ та ін.) в розчині. За невеликих концентрацій солей розчинність білків зростає, так як за таких умов зростає ступінь дисоціації полярних груп і екрануються заряджені групи білкових молекул, тим самим знижуючи білок-білкову взаємодію, яка призводить до випадання білків в осад – висолування. За високих концентрацій солей розчинність білків знижується, внаслідок руйнування гідратної оболонки, що призводить до агрегації молекул білка.

– рН розчину: мінімальна розчинність білків спостерігається у розчинах, рН яких дорівнює ізоелектричній точці білка (IET – заряд білка = 0), що пояснюється відсутністю електростатичного відштовхування між молекулами білка. У кислому або лужному середовищі, навпаки, забезпечується взаємодія протилежно заряджених іонів розчинника (H^+ або OH^- відповідно) з поверхнями білкових часток, заряджених позитивно в кислому середовищі і негативно в лужному, а значить і перехід білків в розчин. *У кислому середовищі білок має позитивний заряд внаслідок пригнічення дисоціації карбоксильних ($-\text{COOH}$) груп, в лужній – негативний за рахунок пригнічення дисоціації основних ($-\text{NH}_2$) груп.;*

– температура: за високих температур білки випадають в осад.

Значення розчинності: розчинність білків лежить в основі технологічних процесів виділення білкових ізолятів і концентратів.

Водозв'язувальна здатність білків (або гідратація) – це здатність білків адсорбувати воду за рахунок гідрофільних залишків амінокислот, в результаті чого білки набухають, збільшуються їх маса і об'єм.

За невисокої вологості гідрофільні групи, взаємодіючи з молекулами води, утворюють мономолекулярний шар, за високої – навколо глобул білка формується багаточарова структура з одночасним проникненням води в западини і виступи (рисунок 2.6).

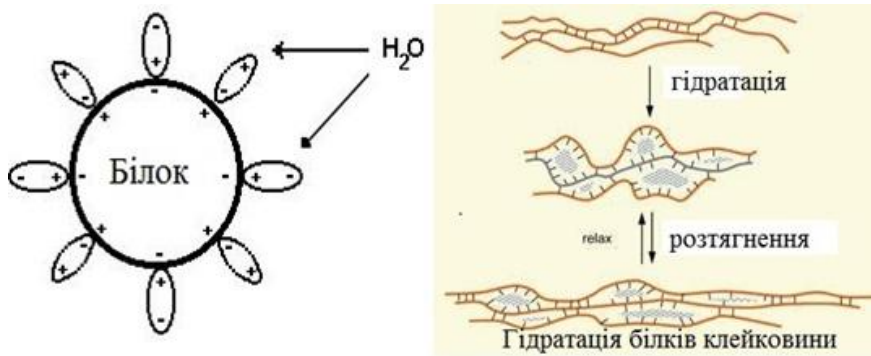


Рисунок 2.6 – Схематичне зображення гідратації білків клейковини

Висока вологозв'язуюча здатність білків підвищує вихід продукту, покращує структуру, подовжує терміни зберігання.

Гідрофільність клейковинних білків є ключовим фактором в утворенні клейковини і однією з ознак, що характеризує якість зерна і борошна. Денатуровані білки мають знижену водозв'язувальну здатність, і їх застосування негативно позначається на якості хліба.

Жирозв'язувальна та жироемульгуюча здатність білків

Жирозв'язувальна здатність білків – це здатність адсорбувати молекули жиру за рахунок гідрофобних залишків, яка залежить від особливостей амінокислотного складу, структури, фракційного складу білків, способу обробки, рН середовища, температури, присутності вуглеводів, ліпідів і інших білків.

Значення у харчових продуктах: забезпечує ніжну і однорідну текстуру виробів, виключає відділення жиру, зморщування виробів, зменшує втрати під час варіння і смаження.

Жироемульгуючі властивості білків – здатність утворювати з жирами емульсії.

Механізм: білки за рахунок наявності гідрофобних груп утворюють на поверхні крапель жиру тонку плівку, яка притягує воду (за рахунок полярних груп) і протидіє злипанню жирових частинок.

Гідрофільними групами білки орієнтуються до молекул води, а гідрофобними – до молекул жиру і знаходяться таким чином на межі поділу фаз.

Усі види емульсій з білком одержують механічним диспергуванням однієї рідини в іншій за допомогою мішалок, гомогенізаторів, що забезпечують деформацію дисперсійного середовища з утворенням дрібних частинок.

На основі жироемульгуючих властивостей рослинні і тваринні білки застосовуються у виробництві хлібобулочних, борошняних кондитерських виробів, низькокалорійного маргарину, майонезу, паст, м'ясних продуктів.

Піноутворювальні властивості

Піноутворювальні властивості є основою виробництва збитих кондитерських виробів (бісквітів, десертів, кремів і т. д.).

Піноутворення – здатність білків утворювати дисперсні системи з газоподібною фазою і рідким або твердим середовищем, тобто піни.

Механізм (рисунок 2.7): білки утворюють тверду або рідку оболонку, що покриває поверхню газових пухирців. У випадку, коли ця оболонка стає тоншою газові пухирці лопаються, відбувається об'єднання пухирців, піна стає менш стійкою.

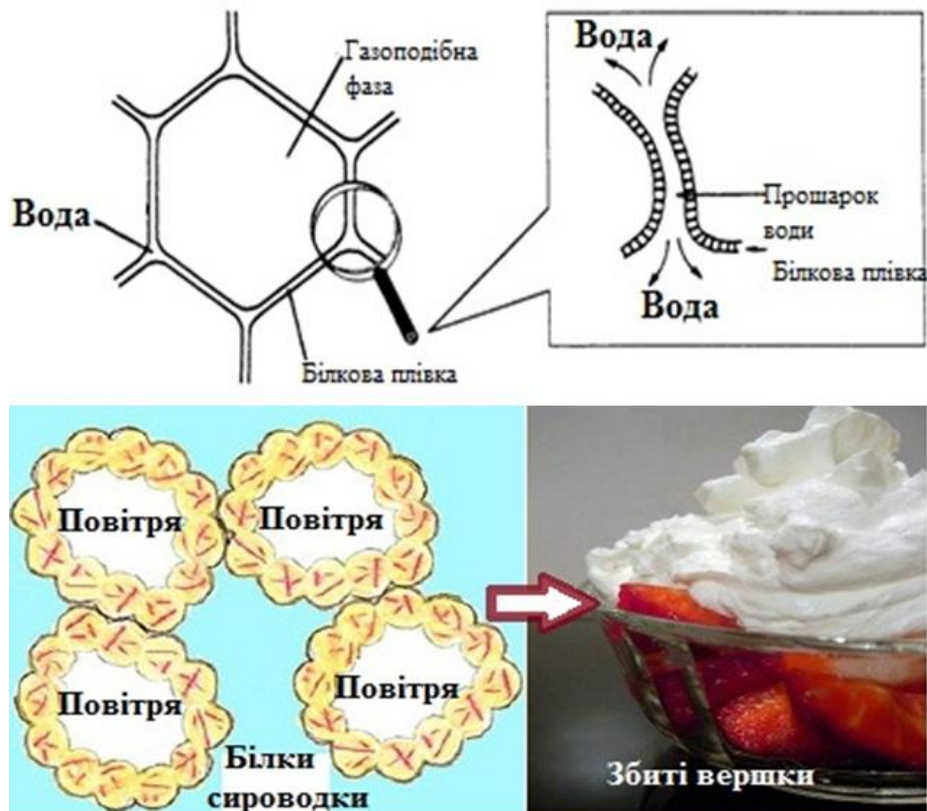


Рисунок 2.7 – Схематичне зображення механізму утворення білкової піни

Білкові піни одержують механічним розподілом повітря в розчині білка шляхом збивання або за рахунок закипання води, зниження тиску, забезпечення хімічних і мікробіологічних процесів у білкововмісних харчових системах.

Прикладами білкових пін можуть бути:

— білки клейковини утворюють піну в дріжджовому тісті під дією діоксиду вуглецю в процесі бродіння, а в кондитерському тісті – за рахунок хімічних розпушувачів під час виділення аміаку і діоксиду вуглецю (рисунок 2.8).



Рисунок 2.8 – Види білкової піни

Піноутворюючі властивості білків характеризуються такими показниками:

– піноутворюючою здатністю – вимірюється об'ємом піни, віднесеним до маси білку

– стабільністю піни – вимірюється періодом напіврозпаду піни, тобто часом, необхідним для руйнування половини об'єму піни.

Обидва показники залежать від:

- рН середовища;
- концентрації білку, солей;
- температури;

- присутності ліпідів, сахарози, харчових волокон;
- фракційного складу і будови білків.

Стійкість структури піни є важливим фактором підвищення якості харчових продуктів, в том числі і пива.

Гелеутворюючі властивості

Гелеутворюючі властивості білків – це здатність білків у вигляді колоїдного розчину із вільнодисперсного стану переходити у зв'язанодисперсний, за рахунок утворення просторової сітки взаємодіючих молекул білка.

Властивості білкового гелю залежать від:

- мінімальної концентрації білка, за якої настає гелеутворення (гель-точки);
- рН середовища;
- присутності інших білків, солей, полісахаридів.

Білок як гелеутворювач повинен утворювати гелі в широкому діапазоні рН, іонної сили, за мінімальної концентрації і з необхідними фізико-хімічними властивостями.

2.5 Зміни білків, пов'язані з переробкою та зберіганням

Будь-яка зміна умов середовища в ході технологічного процесу виробництва харчових продуктів впливає на нековалентні зв'язки молекулярної структури і призводить до руйнування четвертинної, третинної і вторинної структури білка.

Денатурація білків

Денатурація білків – це порушення нативної просторової структури білкової молекули під впливом різних зовнішніх дій, що супроводжується зміною їх фізико-хімічних і біологічних властивостей.

Денатурація білків (рисунок 2.9) пов'язана з порушенням і можливим руйнуванням вторинних, третинних та четвертинних структур під м'яким впливом різних фізичних факторів і за присутності хімічних реагентів; первинна структура, як правило, зберігається.

Денатурація білків відбувається під час нагрівання і заморожування харчових продуктів під дією різних випромінювань, кислот, лугів, різких механічних дій і інших чинників.

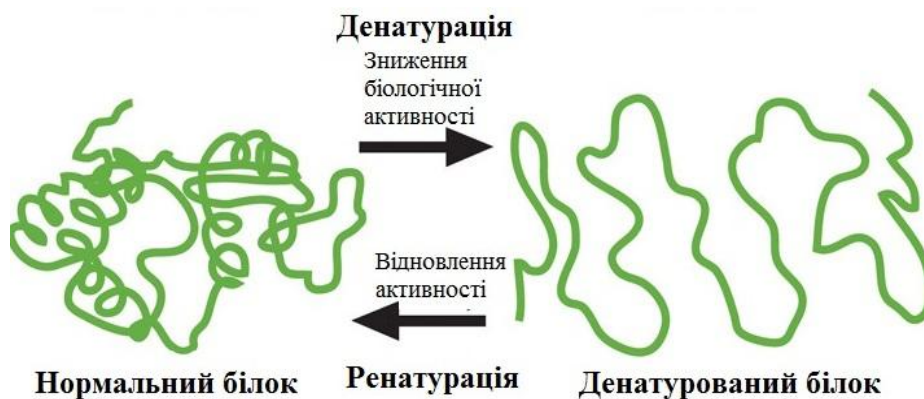


Рисунок 2.9 – Схематичне зображення денатурації білків

Які наслідки денатурації білків?

В результаті денатурації білків відбуваються наступні основні зміни:

- різко знижується розчинність білків;

- втрачається біологічна активність, здатність до гідратації і видова специфічність;
- покращується атаквальність протеолітичними ферментами;
- підвищується реакційна здатність білків;
- відбувається агрегація білкових молекул;
- заряд білкової молекули дорівнює нулю.

Втрата білками біологічної активності в результаті теплової денатурації призводить до інактивації ферментів і відмирання мікроорганізмів.

В результаті втрати білками видової специфічності харчова цінність продукту не знижується.

Денатурація і ренатурація

Денатурація білків пов'язана з порушенням і можливим руйнуванням вторинних, третинних та четвертинних структур під м'яким впливом різних фізичних факторів і за присутності хімічних реагентів.

Первинна структура (послідовність амінокислот) залишається незмінною після процесу денатурації.

Довготривала дія деяких чинників денатурації може викликати зміни і основної структури (деградація поліпептидного ланцюга на більш короткі одиниці і, можливо, вільні амінокислоти під час приготування м'яса).

Зміни просторової структури білка можуть бути оборотними або необоротними. **Зворотний процес денатурації – ренатурація** (рисунок 2.10).

Рідкі та денатуровані білки знаходяться в рівновазі, й іноді можуть бути відновлені оригінальні їх структури. Однак зміни конформації протеїнів, як правило є незворотними.

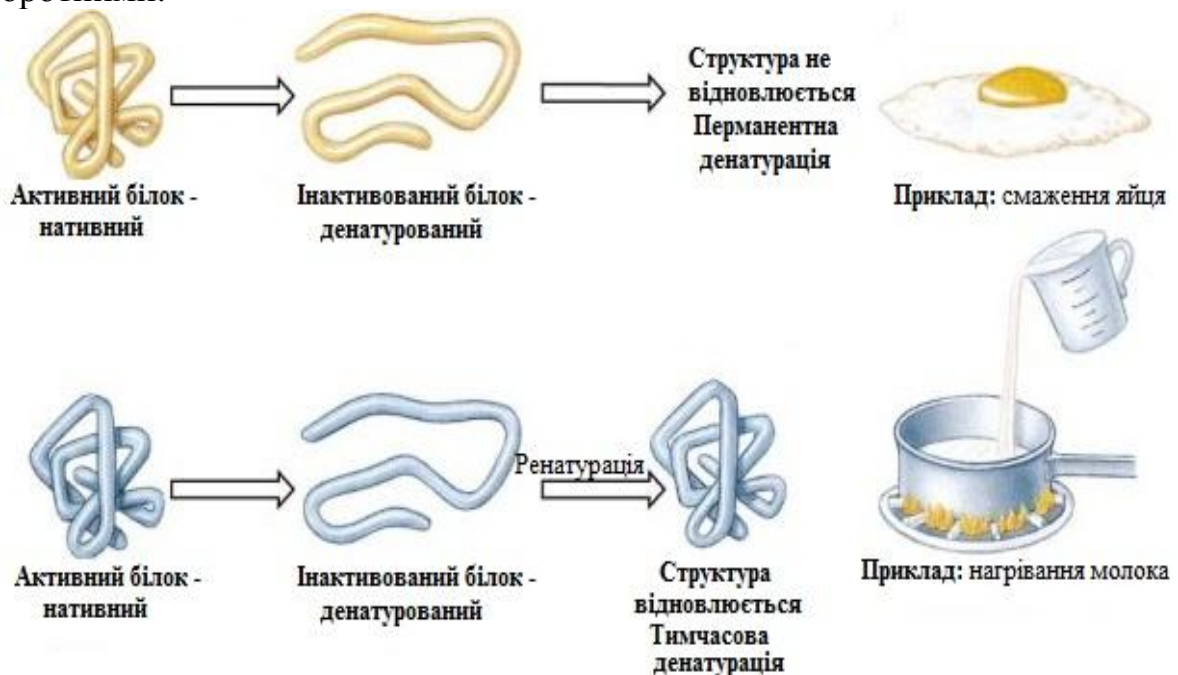


Рисунок 2.10 – Схематичне зображення денатурації і ренатурації білків

В результаті порушення просторової структури білків з'являються нові доступні функціональні групи, які можуть взаємодіяти з водою, тому багато білків у денатурованому стані мають підвищену здатність зв'язувати воду (30...45%).

Денатурація часто супроводжується коагуляцією білка, яка зумовлена агрегацією білкових молекул, оскільки функціональні групи білків реагують із між

собою, тим самим зменшуючи кількість функціональних груп, доступних для взаємодії з водою. Отже, зменшується здатність білків зв'язувати воду. Наприклад, білки в яйцях денатурують і коагулюють під час приготування. Денатуровані білки також можуть взаємодіяти з іншими компонентами їжі, наприклад, з сахаридами в реакції Майяра.

Фізичні фактори денатурації білків:

1. Зміна температури: під час термічної обробки продуктів і під час охолодження (коли їжа піддається температурі замерзання від 0 до -15°C).

Денатурація в результаті дії тепла призводить до руйнування водневих зв'язків та неполярних гідрофобних взаємодій.

Для більшості білків температура денатурації складає $45\text{...}60^{\circ}\text{C}$. Проте зустрічаються і термостабільні білки, наприклад, α -лактоглобулін молока і α -амілази деяких бактерій. Підвищена стійкість білків до нагрівання часто пов'язана з наявністю в їх складі великої кількості дисульфідних зв'язків.

Денатурація в результаті дії низьких температур пов'язана з утворенням кристалів льоду, які можуть порушити клітинні мембрани; ступінь цієї денатурації можна зменшити швидким заморожуванням за дуже низьких температур – так утворюються дрібніші кристали льоду (рисунок 2.11).



Рисунок 2.11 – Кристали льоду за різних способів заморожування

2. Вплив ультразвуку та проникаючого електромагнітного випромінювання);

3. Різкі механічні дії: під час збивання яєчних білків часткова денатурація відбувається через механічний стрес через дію зсувних сил;

Хімічні фактори денатурації

Хімічні фактори:

– солі;

– кислоти та луги

– поверхнево-активні речовини

– втрата води (призводить до збільшення концентрації солей і осмотичного тиску, що може прискорити денатурацію білка).

Часткова денатурація білків за присутності поверхнево-активних речовин, наприклад, в емульсіях та пінах, пов'язана з розгортанням структури білка внаслідок того, що гідрофільні групи орієнтовані у водну фазу та гідрофобні групи в меншу полярну фазу.

Значення денатурації

Денатурація (з поживної точки зору) є бажаною:

– денатуровані білки більш піддаються травленню ферментів, ніж природні білки (наприклад білки м'яса);

– підвищується біодоступність термостабільних білків, що містять у своєму складі сульфурвмісні амінокислоти (наприклад, білки зернових та бобових культур).

– денатуруються деякі природні отруйні речовини білкової природи і стають безпечними (наприклад, інгібітори протеаз, лектини, ферменти та інші небажані білки та небажані мікроорганізми);

– формуються бажані споживчі властивості харчових продуктів (текстура, зовнішній вигляд, органолептичні властивості).

Приклади денатурації під час технологічних процесів: випікання хліба, висушування макаронних виробів, консервація та пастеризація.

За високого ступеня денатурація може бути небажаною, що пов'язано з погіршенням засвоюваності білків в результаті повної зміни розташування пептидних ланцюгів з утворенням нових ковалентних - S-S- зв'язків.

Деструкція білків

Деструкція – руйнування молекул денатурованих білків під час нагрівання харчових продуктів вище 100°C, може бути пов'язана з:

– *реакцією Майяра* – взаємодія білків з відновлюючими цукрами, що супроводжується утворенням карбонільних сполук і темнозбарвлених продуктів – меланоїдинів (реакція Майяра).

Суть реакції Майяра: взаємодія груп -NH₂ амінокислот з глікозидними гідроксилами цукрів.

Результат: втрата незамінних амінокислот (лізину, треоніну); зниження біологічної цінності виробів - цукроамінні комплекси не піддаються гідролізу ферментами травного каналу.

– *взаємодією між собою функціональних груп -NH₂ і -COOH* самого білку з утворенням внутрішніх ангідридів, циклічних амідів і ω,ε-ізопептидних зв'язків.

– *термічним розпадом* з утворенням сполук, що надають білкам мутагенних властивостей; мутагени утворюються у білкововмісній їжі в процесі її обсмажування в олії, випічці, коптіння в диму і висушуванні.

Мутагени містяться у бульйонах, смаженій яловичині, свинині, свійській птиці, смажених яйцях, копченій і в'яленій рибі. Деякі з них викликають спадкові зміни ДНК, і їх дія на здоров'я людини може бути від незначної до летальної.

Гетероциклічні аміни

Найсильніші мутагени – гетероциклічні ароматичні аміни (ГАА) – мають потужну мутагенну дію на мікроорганізми і виражений канцерогенний ефект.

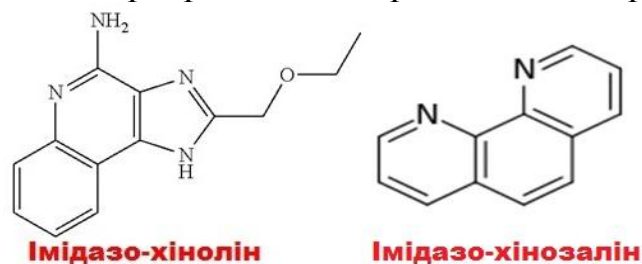


Рисунок 2.12 – Формули деяких гетероциклічних ароматичних амінів

ГАА формуються в ході термічної обробки харчової сировини і напівфабрикатів головним чином тваринного походження, як правило, за температури вище 150°C.

Фактори формування ГАА:

– *температура*: мутагенна активність м'ясного фаршу, смаженого основним способом за температури 200°C, приблизно в 2 рази вище, ніж у такого ж зразка, але смаженого за 150°C;

– *тривалість процесу кулінарної обробки*: рівень мутагенів істотно збільшується у випадку тривалості процесу більш ніж 10 хв.

– *одночасна присутність в продукті, що нагрівається, креатину (завжди є в м'ясі, рибі), гліцину (аланіну) і глюкози*: мутагенна активність зростає вже за 130°C; вилучення хоч би одного компонента з цієї суміші призводить до повної втрати мутагенних властивостей.

– *лужне середовище*: крім процесів деструкції, відбуваються реакції ізомеризації залишків амінокислот з L- в D-форму. Присутність D- ізомерів знижує засвоюваність білків. Лужні середовища використовуються в процесі отримання ізолятів і концентратів білків

Чим вище значення рН, температура і час обробки, тим нижчим є вміст незамінних амінокислот у білку.

У сильно лужних середовищах, особливо за високих температур, деякі залишки амінокислот зазнають ряд специфічних перетворень. Так, аргінін перетворюється на орнітин, цитрулін, сечовину і аміак, а цистеїн – в дегідроаланін з виділенням сірководню. Реакційноздатний дегідроаланін конденсується із залишками лізину, орнітину і цистеїну бічних ланцюгів і утворює міжмолекулярні поперечні зв'язки у білках. У реакцію конденсації можуть вступати залишки аргініну, гістидину, треоніну, серину, тирозину і триптофану. Поживна цінність білків з новими поперечними зв'язками є нижчою, ніж у білків з нативною структурою, тому утворення їх в технологічних процесах виробництва харчових продуктах є небажаним явищем.

Контрольні питання

1. Які функції білків в організмі?
2. Яка потреба людського організму у білку і від чого вона залежить?
3. Які наслідки недостатнього споживання білку?
4. Які наслідки надмірного споживання білку?
5. У чому полягає фізіологічна роль амінокислот в організмі?
6. Яка фізіологічна роль амінокислоти триптофану?
7. Які структурні особливості пептидів?
8. Від чого залежить біологічна цінність білків?
9. Що таке амінокислотний скор і як він розраховується?
10. Що таке ІНАК і як його розраховують? Що таке КЕБ?
11. Назвіть найважливіші функціональні властивості білків.
12. Що таке денатурація білку? Які зміни відбуваються під час денатурації білків?
13. Назвіть основні процеси, що відбуваються в процесі деструкції білків?
14. Які сполуки, що утворюються в процесі термічної обробки продуктів, вважаються сильними мутагенами?
15. Які головні попередники в утворенні ГАА (гетероциклічні ароматичні аміни)?

ЛЕКЦІЯ 3. БІЛКИ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ: БІЛКИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

- 3.1. Основні зернові культури. Білки зернових культур: особливості, амінокислотний склад.
- 3.2. Будова зернівки та хімічний склад різних частин. Види борошна залежно від помелу.
- 3.3. Білки Клейковини. Механізм утворення клейковини. Сорти борошна за силою клейковини.
- 3.4. Целиакія. Алергія та чутливість до глютену. Безглютенові продукти.
- 3.5. Пшениця. Сучасні та "нові" стародавні сорти пшениці: фарро, полба, спельта, хорасан та ін.
- 3.6 Білки інших зернових культур
- 3.7. Білки бобових культур.
- 3.8. Білки олійних.
- 3.9. Білки картоплі, овочів.

3.1. Основні зернові культури. Білки зернових культур: особливості, амінокислотний склад.

На сьогодні зернові та продукти з них є головними харчовими продуктами, річне споживання яких становить 150 кг на душу населення. Найбільш важливими джерелами рослинного білка для харчування людини є зернові злаки, в першу чергу пшениця, яка є третьою за світовим виробництвом злакових культур після кукурудзи і рису.

Серед зернових розрізняють (рисунок 3.1):

- справжні зернові, в яких плід – зернівка (пшениця, жито, ячмінь, просо, сорго, рис);
- псевдозернові (гречка, амарант, кіноа).

Все частіше, раніше мало відомі або майже забуті зерна з'являються в харчуванні людини, так, як просо, сорго і псевдозернові – гречку, амарант, кіноа. Із забутих – стародавні сорти пшениці – однозернянка, полба, спельта хорасан (більш відомий як камут).

Деякі злаки з підвищеним вмістом протеїну також були введені нещодавно. Прикладом може бути різновид гібриду пшениці та жита, що називається тритікале (назва походить від латинської назви *Triticum* для пшениці та *Secale* для жита). Зерно містить 15...20% білка. Вміст білка у міжвидовому гібриді пшениці та ячменю, який називається тритордеум (*tritordeum* – латинська назва для ячменю – *Hordeum* Гордеум), становить 19...22%.





Амарант

Кіноа

Тэф

Гречка

Рисунок 3.1 – Основні зернові і псевдозернові культури

Основний хімічний склад звичайних зернових і псевдозернових, а також амінокислотний склад їх білків показаний у таблицях 3.1, 3.2.

Таблиця 3.1 – Основний хімічний склад звичайних зернових і псевдозернових

| Зернові | Вода | Білки | Всього ліпідів | Всього цукру | Крохмаль | Всього харчові волокна | Мінерали |
|-----------------------------|------|-------|----------------|--------------|----------|------------------------|----------|
| Пшениця (Wheat) | 12,1 | 12,1 | 2,0 | 0,4 | 64,0 | 12,5 | 1,5 |
| Жито (Rye) | 12,2 | 11,0 | 1,7 | 1,0 | 52,4 | 15,1 | 1,9 |
| Ячмінь (Barley) | 10,5 | 11,6 | 2,2 | 0,8 | 52,2 | 17,3 | 2,3 |
| Овес (Oats) | 10,6 | 14,8 | 6,3 | – | 40,1 | 10,6 | 2,9 |
| Рис коричневий (Rice brown) | 11,8 | 7,7 | 2,7 | 0,9 | 70,4 | 3,5 | 1,5 |
| Рис білий (Rice white) | 13,3 | 6,5 | 0,5 | – | 72,5 | 2,8 | 1,2 |
| Кукурудза (Maize) | 11,5 | 9,3 | 4,3 | 0,6 | 62,6 | 7,3 | 1,3 |
| Millet (Pearl) | 8,7 | 11,0 | 4,2 | – | 70,0 | 8,5 | 1,8 |
| Гречка (Buckwheat) | 9,8 | 13,3 | 3,4 | – | 70,0 | 10,0 | 1,9 |
| Амарант (Amaranth) | 11,3 | 13,6 | 7,0 | 1,7 | 50,0 | 6,7 | 2,1 |

Основними білками злаків є альбуміни, глобуліни проламіни і глютеліни. Їх тривіальні назви засновані на латинських назвах рослин, з яких вони походять (крім пшениці і жита).

Таблиця 3.2 – Амінокислотний склад основних злаків та псевдозернових культур

| Культура | Вміст білків, % | | | | Особливості АК складу |
|---------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------|---------------------------------|
| | Альбуміни | Глобуліни | Проламіни | Глютеліни | |
| Пшениця Triticum | 14 Лейкозин | 8 Едестин | 40 Гліадин | 46 Глютенін | Бідні на Met, Thr |
| Жито Secale | 17 | 14 | 23 Секалін | 34 Секанін | Бідні на Thr, Trp |
| Ячмінь Hordeum | 13 | 12 | 52 Гордеїн | 23 Горденін | Бідні на Thr, Met |
| Овес Avena | 11 | 56 Авеналін | 9 Гліадин | 23 Авенін | Бідні на Lys |
| Кукурудза Zea | 4 | 2 | 55 Зеїн | 39 Зеанін | Бідні на Lys, Trp |
| Рис Orizea | 5 | 10 | 5 Оризеїн | 80 Оризенін | Містить усі НАК |
| Гречка Fagopyrum | 21 | 42 | 1,1 | 12,3 | Високий вміст НАК = твар. білку |

3.2. Будова зернівки та хімічний склад різних частин. Види борошна залежно від помелу.

Будову зернівки зернових культур наведено на рисунку 3.2.

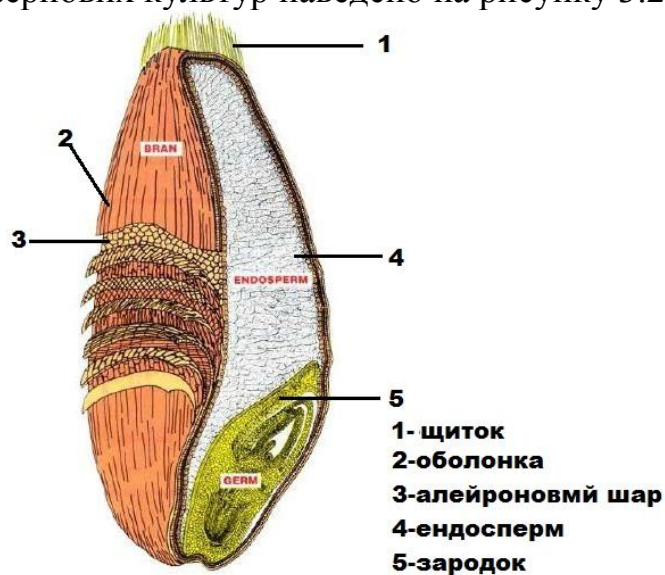


Рисунок 3.2 – Будова зернівки

Усередині зернівки хлібних злаків добре проглядаються три основні частини: оболонки, ендосперм і зародок (рисунок 3.2). Оскільки зернівка є плодом, то зовнішня частина оболонки називається плодовою оболонкою. Вона двошарова. Під нею розташовуються два шари насінневої оболонки. У плівчастих зерен, крім перерахованих, є і так звана м'якина оболонка, представляє собою квіткові луски. Зародок диференційований на різні частини – зачатки майбутньої рослини. До ендосперму прилягає щиток – єдина сім'ядоля хлібних злаків. Його функція – забезпечувати зародок поживними речовинами. У нижній частині зародка знаходяться первинні (зародкові) корінці у вигляді невеликих горбків. вище розташовується первиннестебло, а закінчується зародок брунечкою, яка вкрита ковпачком зародкових листків. Зародок у пшениці, жита, ячменю, тритікале

становить 2,0...2,5%, вівса – 3,0...3,5%, а у кукурудзи – 10% маси зернівки. В ендоспермі розрізняють зовнішній (алеїроновий) шар, безпосередньо прилягає до оболонки зерна, і внутрішню борошністу частина. Алеїроновий шар зазвичай складається з одного ряду клітин кубічної форми. У них знаходяться темно-жовті алеїронові зерна, що представляють собою тверді відкладення запасних білків. У ячменю 3...5 рядів таких клітин. На частку алеїронового шару в середньому припадає 6...8% маси зернівки. Під алеїроновим шаром знаходиться борошніста частина ендосперму, представлена клітинами, заповненими крохмальними зернами, а в проміжках між ними розподілені білкові речовини. На борошністу частину доводиться до 85% маси зернівки.

Оболонки захищають зернівку від впливу зовнішніх умов, ураження грибними хворобами. Чим вони товщі, тим більше висівок при розуміли зерна. Зазвичай на частку оболонок доводиться 5...7% маси зернівки.

Оболонки зернівки під час помелу дають висівки, містять багато харчових волокон, мінералів.

Алеїроновий шар – це частина ендосперму, відділена від нього оболонкою, не відділяється, багатий на жири, білок.

Ендосперм заповнений крохмальними зернами і білками клейковини.

Зародок містить жири, білки, ферменти.

Пшениця, як правило, містить 7...13% білка, але може містити до 15%, з лізином в якості граничної амінокислоти.

Розподіл білків всередині ядра пшениці:

- в ендоспермі – 72% від загального білка,
- в алеїроновому шарі – 15,5%,
- в оболонках – 4,5%,
- в щитку – 4,5%
- у ембріоні – 3,5%

В той час як весь крохмаль знаходиться в ендоспермі.

Основні фактори, що впливають на вміст білка в пшениці: генетичні (види і різновиди), умови доквілля (тривалість і кількість опадів за сезон, температури протягом періоду вегетації, рівні ґрунтового запасу азоту і застосування азотних добрив).

Пшеничні білки складаються з альбуміну, відомого як лейкозин (близько 14%), глобулінів відомих як едестин (8%), проламін, відомий гліадин (33%) і глютеліни, відомого як глютеніна (46%). Іншими словами, близько 20...25% білків пшениці представлені водорозчинними цитоплазматичними білками, які в основному мають структурні, метаболічні та захисні функції (наприклад, ферменти з активністю α -і бета-амілази, протеаз, ліпаз, фітаз і ліпоксигенази) і 75...80% білків є нерозчинні у воді резервними білками, проламіни і глютеліни. Загальна кількість білків пшениці становить близько 40.

Вміст білка в алеїроновому шарі пшениці, розташованому між білим ендоспермом зерна і коричневим волокнистим зовнішнім шаром, вище, ніж в центральній частині. Таким чином, вміст білка в борошні в значній мірі залежить від ступеня помелу і від виду рослин, сортів та інших факторів. Темне непросіяне борошно має більш високий вміст білка, ніж біле борошно; різниця складає \approx 4%.

В залежності від типу помелу розрізняють:

- борошно вищого гатунку – містить тільки ендосперм;
- борошно I гатунку – містить тільки ендосперм, алейроновий шар і 2...3 % оболонки;
- борошно II гатунку – містить тільки ендосперм, алейроновий шар і 8...10 % оболонки.

3.3. Білки Клейковини. Механізм утворення клейковини. Сорти борошна за силою клейковини.

Клейковина (глютен, від лат. gluten – "клеїти") – це липкий, в'язко-пружний матеріал, що складається із 2/3 води і 1/3 гідратованих гліадинів і глютенінів і у співвідношенні 1:1.

Окремо ці фракції властивостей клейковини не мають.

Гліадин відноситься до проламінів, а глютенін – до глютелінів і обидва є резервними білками ендосперму зернівки (рисунок 3.2, 3.3) деяких злакових (наприклад, пшениці, жита, ячменю).



Рисунок 3.3 – Розташування білків клейковини в зернівці

Гліадини (рисунок 3.4) – глобулярні білки, з малою молекулярною масою, гідрофобні; впливають на **в'язкість та розтяжність тіста**; мають низьку поживну цінність; є причиною хвороби – целіакії.

Глютеніни (рисунок 3.4) – фіброїдні білки з високою молекулярною масою, містять багато залишків цистеїну, у яких під час замішування тіста окиснюються SH-групи, що призводить до зшивання сусідніх полімерів за рахунок утворення -S-S-зв'язків. Глютеніни надають тісту **еластичності і міцності**.



Рисунок 3.4 – Будова та властивості гліадину і глютеніну

Етапи утворення клейковини (рисунок 3.5):

1 етап – крохмаль борошна вбирає воду і набухає, внаслідок чого гліадини починають об'єднуватись в агрегації, так як є гідрофобними (рисунок 3.5);

2 етап – глютеніни за рахунок зшивання за допомогою -S-S-зв'язків, утворюють мереживну білкову сітку (рисунок 3.5);

3 етап – гліадини і глютеніни переплітаються між собою і утворюється тривимірна сітка, в якій застряють зерна крохмалю, жири, вода і пухирці газу (рисунок 3.5, 3.6).

Якщо переважають гліадини – сітка може розтягуватись, тісто краще піднімається, якщо ж глютеніни – еластичність сітки менша і тісто гірше піднімається.

4 етап – випікання тіста: білки клейковини денатуруються і стабілізується структура і форма виробу (рисунок 3.5, 3.6).

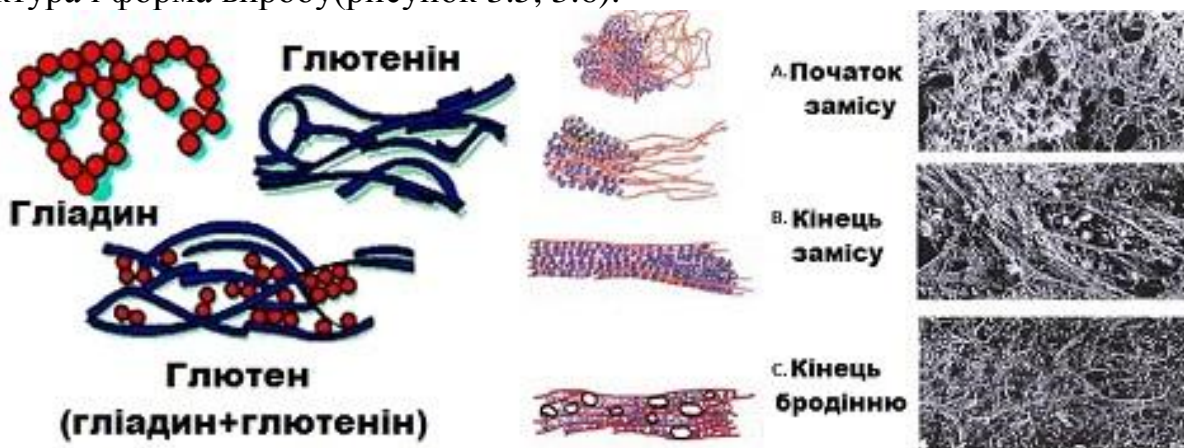


Рисунок 3.5 – Утворення клейковини із гліадину і глютеніну



Рисунок 3.6 – Зміни клейковини на етапах тістоутворення та випікання

Головним фактором, що визначає якість борошна є відношення між гліадиноюю і глютеніноюю фракціями в борошні.

Залежно від властивостей клейковини пшеницю / борошно поділяють на два сорти:

- тверда пшениця / борошно з твердих сортів пшениці;
- м'яка пшениця/ борошно з м'яких сортів пшениці

Борошно з м'яких сортів пшениці утримує вуглекислий газ під час бродіння тіста і під час випікання хліба.

Борошно з твердих сортів пшениці утримує гранули крохмалю в процесі замісу тіста, зменшуючи його клейкість.

У виробництві хлібобулочних виробів з дріжджового тіста якість борошна оцінюється з такими властивостями:

– реологічні властивості клейковини: в'язкість, розтяжність, еластичність, адгезивність; клейковина повинна добре розтягуватись, щоб дати об'ємний продукт і в той же час мати достатню еластичність і міцність, щоб витримати механічні стреси (заміс, тиск вуглекислого газу під час ферментації);

– ферментативна здатність борошна, яка пов'язана з вмістом крохмалю, що розщеплюється під дією амілаз дріжджів до простих цукрів.

Для визначення реологічних властивостей борошна використовують такі прилади:

- фаринограф Брабендера (Brabender);
- альвеограф Шопіна (Chopin);
- екстенсограф Браденбера;
- консистограф

Фаринограф (рисунок 3.7) – прилад, що записує опір тіста механічному навантаженню (лопатям мішалки); складається з тістомішалки, підключеної до динамометру.

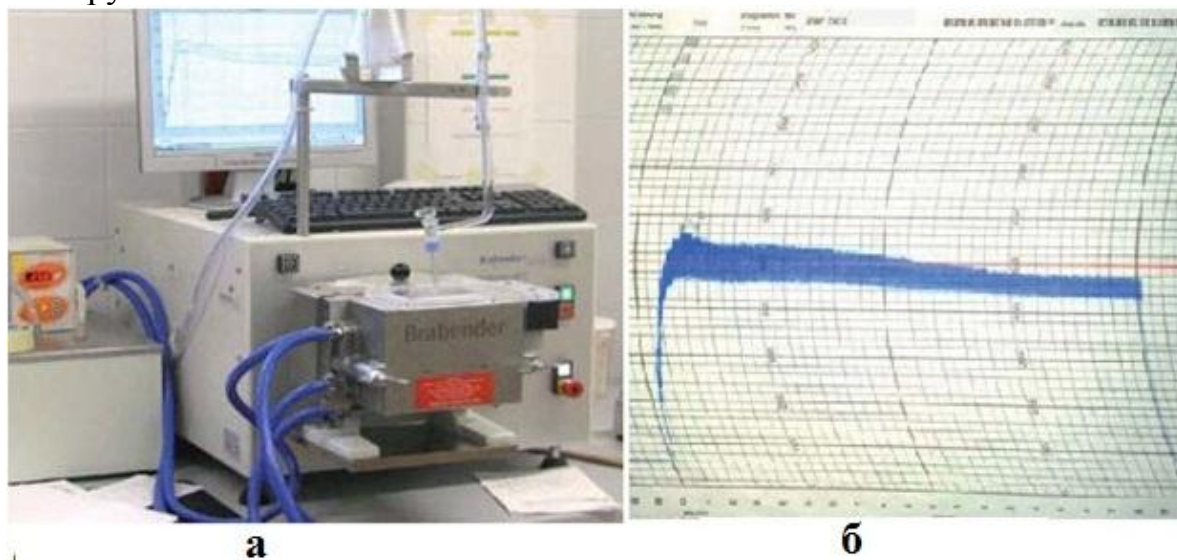


Рисунок 3.7 – Фаринограф Брабендера (а) та фаринограма (б)

Вимірювання складається з двох етапів:

– перший етап – визначається поглинальна здатність борошна, тобто кількість води, яка необхідна для приведення суміші борошна і води до оптимальної консистенції, що складає 500 одиниць Брабендера, ОБ (Unit Brabender, UB); високі значення водопоглинання вказують на більшу силу борошна;

Значення водопоглинання:

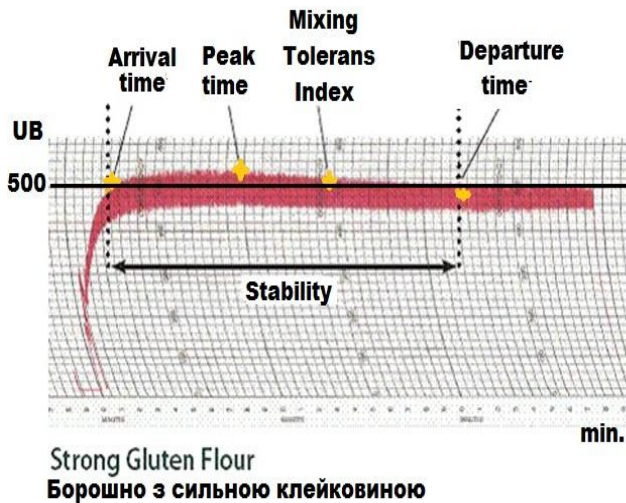
48...51 % – борошно для бісквітів;

51...56 % – борошно для кондитерських виробів;

53...57 % – борошно для крекерів;

> 58 % – борошно для дріжджового тіста

– другий етап – записується опір замісу, що чинить тісто із борошна і води, взятій в кількості, яка була визначена на першому етапі.



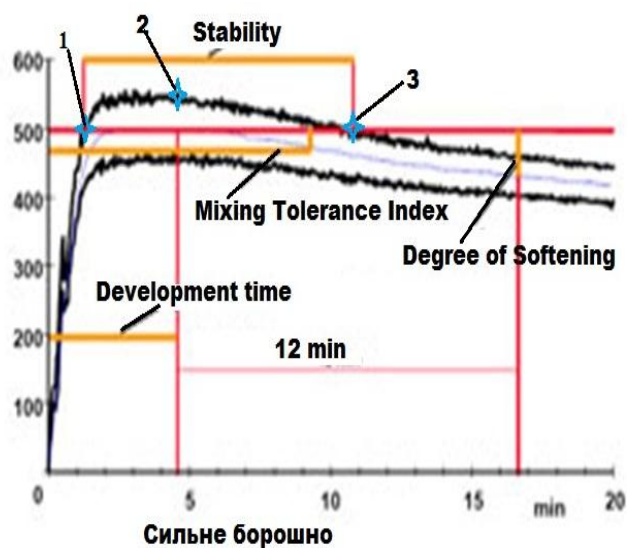
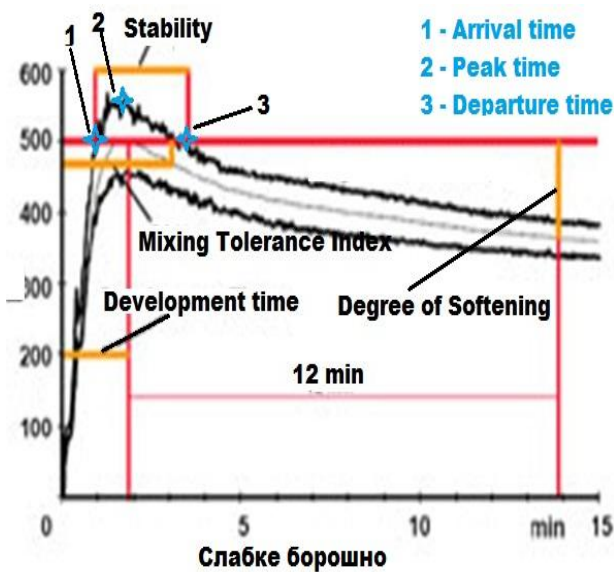
Точка "Arrival time" - перетин з лінією UB=500 на підйомі
Точка "Peak time" - максимальне UB-значення фаринограми
Точка "Mixing Tolerans Index (MTI)" - через 5 хв після "Peak"
Точка "Departure time" - перетин з лінією UB=500 на спаді

Unit Brabender, UB - одиниці Брабендера

Час замісу: час у хв від "0" до "Arrival time"

Стабільність: час у хв від "Arrival time" до "Departure time"

Індекс механічної толерантності (MTI): різниця між UB в точці "Peak time" і UB в точці "MTI" (через 5 хв після піку)



Час розвитку тіста (хв), "Development time" – проміжок часу між "0" і точкою "Arrival time"

Стабільність тіста (хв), "Stability" – проміжок часу від "Arrival time" до "Departure time"

Індекс механічної толерантності (UB), "Mixing Tolerance Index": різниця UB-значень від "Peak time" до UB-значення через 5 хв після нього

Індекс розслаблення тіста, "Degree of Softening" – UB-значення від 500 до UB-значення через 12 хв після "Peak time"

З графіків фаринографа – фаринограм одержують наступні відомості:

Час розвитку тіста (хв): час від початку замісу до досягнення необхідної консистенції (між 0 і 500 UB);

Стабільність тіста (хв): час від досягнення необхідної консистенції до початку розрідження тіста, тобто час перебування фаринограми вище 500 UB;

Індекс механічної толерантності: різниця UB-значення фаринограми від піку до UB-значення через 5 хв після нього;

Індекс розслаблення (падіння) тіста – UB-значення фаринограми від 500 до UB-значення через 12 хв після піку – вказує на період, за який тісто втрачає свою консистенцію

За показниками фаринограми визначають якість борошна:

Короткий час розвитку вказує на слабке борошно, яке або погано зберігалось, або зіпсоване, або з напів-пророслого зерна (таблиця 3.3);

За стабільністю визначають силу борошна: чим більше це значення, тим кращою є борошно, великі значення стабільності вказують на те, що борошно може витримати тривале бродіння і заміс.

Таблиця 3.3 – Визначення якості борошна за показниками фаринограми

| Якість | Стабільність, хв | Індекс падіння, UB |
|-------------------|------------------|--------------------|
| Найвища | 10 | 30 |
| Висока | 7 | 30...50 |
| Середня | 5 | 50...70 |
| Низька | 3 | 70...130 |
| Зіпсоване борошно | 2 | > 130 |

Альвеограф

Альвеограф (рисунок 3.8) дозволяє оцінити силу борошна, якість пшениці і борошна. Тісто надувається за допомогою газу і вимірюється тиск в середині бульбашки, який реєструє прилад, результат записується у вигляді графіка – альвеолограми.

За альвеолограмою визначають:

Індекс міцності тіста, P , мм – максимальний тиск, необхідний для деформації зразка

Індекс розтяжності тіста, L , мм – довжина кривої

Індекс сили борошна, $W \times 10^{-4}$, Дж – енергія необхідна для деформації зразка

Відношення міцності тіста до розтяжності, P/L .



Індекси

а

- P , мм – індекс міцності тіста, максимальний тиск, необхідний для деформації зразка
- L , мм – індекс розтяжності тіста довжина кривої
- $W \times 10^{-4}$, Дж – індекс сили борошна енергія, необхідна для деформації зразка
- P/L , відношення міцності тіста до розтяжності



б

| | |
|--------------|--|
| $P/L < 0,40$ | Крива альвеограми довга і низька. Борошно дуже розтяжне, липке під час обробки, дає хліб з нерозвинутою м'якушкою, так як сітка клейковини погано утримує вуглекислий газ під час бродіння тіста |
| $P/L > 0,70$ | Крива альвеограми коротка і висока. Борошно дуже міцне і важко замішується, дає хліб з нерозвинутою м'якушкою |

В

Рисунок 3.8 – Альвеограф (а), альвеограма (б) та її розшифрування (в)

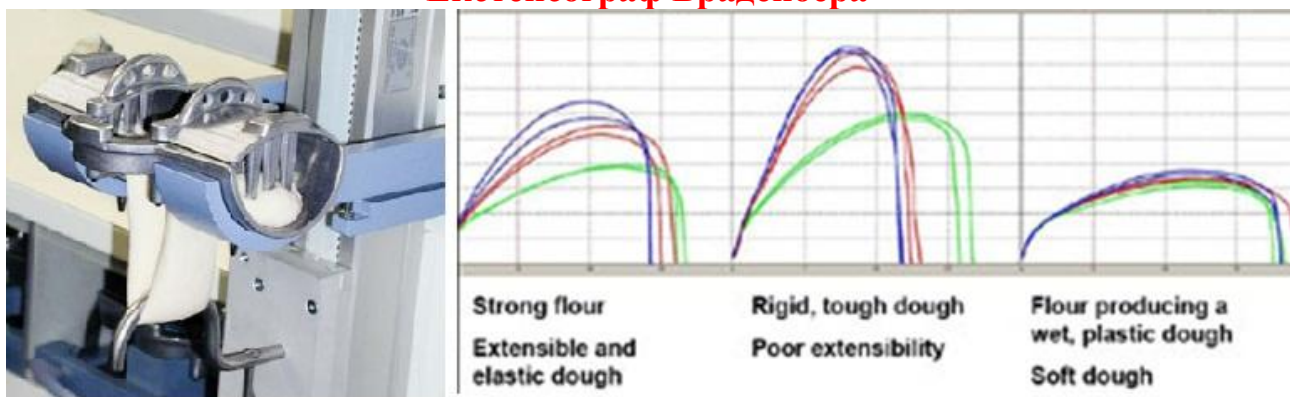
Таблиця 3.4 – Характеристики борошна за показниками альвеограми

| Характеристика | Сила, $W \times 10^{-4}$, Дж | Водопоглинальна здатність, % | Призначення |
|-----------------|-------------------------------|------------------------------|---|
| Слабке борошно | $W < 90$ | 45 | Не підходить для випічки |
| | $90 < W < 160$ | 50 | Для бісквітів, вафель, галет |
| Середнє борошно | $160 < W < 250$ | 55...65 | Для кондитерських виробів, листового тіста, ромових баб |
| Сильне борошно | $250 < W < 310$ | 65...75 | Хлібобулочні та макаронні вироби |
| | $310 < W < 370$ | ≈ 90 | Для виробів з тіста тривалого бродіння |

Таблиця 3.5 – Характеристики борошна за співвідношенням індексу міцності та індексу розтяжності

| | |
|--------------|---|
| $P/L < 0,40$ | Крива альвеограми довга і низька. Борошно дуже розтягне, липке під час обробки, дає хліб з нерозвинутою м'якушкою, так як сітка клейковини погано утримує вуглекислий газ під час бродіння тіста |
| $P/L > 0,70$ | Крива альвеограми коротка і висока. Борошно дуже міцне і важко замішується, дає хліб з нерозвинутою м'якушкою |

Екстенсограф Браденбера



Екстенсограф

Екстенсограми

3.4 Целіакія. Алергія та чутливість до глютену. Безглютенові продукти.

Клейковина в деяких осіб може викликати аутоімунні порушення в тонкому кишечнику, а саме – запалення ворсинок, відоме під назвою целіакія.

Целіакія – це аутоімунна хвороба, що призводить до ураження слизових тканин тонкого кишківника (рисунок 3.9), атрофії ворсинок, внаслідок чого порушуються процеси всмоктування.

Ознак: діарея, анемія, остеопенія, втрата ваги, дерматити.



Рисунок 3.9 – Целіакія: стан тонкого кишечника та основні симптоми

Причини непереносимості клейковини не відомі, але називається одна із причин – відхід від традиційних способів виробництва хліба, а саме:

– тривалої ферментації, під час якої білки клейковини частково руйнуються під дією протеаз;

– використання борошна із сучасних сортів пшениці з високим вмістом клейковини.

Дієта для людей, нетолерантних до клейковини, включає тільки безглютенові продукти: рис, гречка, амарант, кіноа.

Продукти, що містять глютен: пшениця, спельта, фарро, камут, жито, ячмінь.

3.5 Пшениця. Сучасні та "нові" стародавні сорти пшениці: фарро, полба, спельта, хорасан та ін.

Стародавні форми пшениці: однозернянка, двозернянка (фарро, полба), спельта, хорасан (камут). Найчастіше через незнання всі чотири злаки називають полби (рисунок 3.10).

Що таке фарро, полба, спельта, камут? Стародавні види пшениці мають такі особливості:

– є генетичними родичами і предками сучасних видів м'якої та твердої пшениці, відомі ще багато тисячоліть тому;

– залишилися незмінними за весь час свого існування і не зазнали гібридизації.

– відносяться до плівчастих пшениць (рисунок 3.11), у яких колосок не відділяється від зерна.

– відрізняються від сучасної твердої та м'якої пшениці набором хромосом: 14 – у однозернянки і 28 – у двозернянок, а у сучасних пшениць – 42;

– відрізняються співвідношенням та структурою гліадину і глютеніну у клейковині в порівнянні із сучасними пшеницями

– містять більшу кількість білка, незамінних жирних кислот, клітковини і мінералів у порівнянні із сучасною пшеницею;

– є стійкими до погодних умов, бур'янів, хвороб і шкідників тому їх вирощування не вимагає застосування пестицидів і мінеральних добрив;

Чому від цих сортів колись відмовились?

Фермери відмовилися від їх вирощування на користь сучасних сортів через трудомісткість і дорувизну процесу очищення зерна і проблем з засвоюваністю мінеральних добрив.

Зернівки плівчастих пшениць міцно тримаються у грубих колоскових плівках і не осипаються навіть за тривалого збереження врожаю на корені, до того ж, їх не клюють птахи. Результатом їхнього обмолоту є колоски, а не зернівки. Колосся не жали, а обламували колоски і складали в корзину. Процес вилучення зернівок із колосків доволі трудомісткий: перед звільненням від плівок колоски треба було нагріти, а потім обтовкти у спеціальних ступах



Рисунок 3.10 – Схема будови та складові частини колоса плівчастої пшениці двозернятки



- 1- Пшениця тверда *Triticum durum* L.
- 2, 3 - Пшениця м'яка *Triticum aestivum* L.
- 4 - Однозернянка *Triticum monococcum* L.
- 5 - Спельта *Triticum spelta* L.
- 6 - Двозернянка *Triticum dicoccon* Schrank

Рисунок 3.11 – Колосся деяких пшениць

Для злакових характерні такі набори хромосом (таблиця 3.6): два набори (диплоїдні) – 14; чотири набори (тетраплоїдні) – 28; шість наборів (гексаплоїдні) – 42.

Таблиця 3.6 – Хромосомний набір основних сортів пшениці

| Хромосомний набір | Група видів | Вид | Інші назви |
|----------------------|-----------------------|----------------------------------|--|
| Плівчасті | | | |
| Диплоїдна (2n=14) | Однозернянка | <i>Triticum monocossum</i> L. | Пшениця однозернянка, Eicorn, Farro piccolo (monocosso) |
| Тетраплоїдна (2n=28) | Двозернянка або полби | <i>Triticum dicosson</i> Schrank | Пшениця двозернянка, Полба звичайна, (Emmer, Farro medio, a |
| | | <i>Triticum turgidum</i> ssp. | Хоросан, Khorasan wheat або Oriental wheat, Grano turanicum, Kamut |
| | | <i>Triticum turanicum</i> | (торгова назва) |
| Гексаплоїдна (2n=42) | Спельта | <i>Triticum spelta</i> L. | Spelt, Farro spelta, Полба справжня |
| Голозерні | | | |
| Тетраплоїдна (2n=28) | Тверда або дурум | <i>Triticum durum</i> L. | Пшениця тверда Durum wheat, Grano duro |
| Гексаплоїдна (2n=42) | М'яка | <i>Triticum aestivum</i> L. | Пшениця м'яка, Wheat common wheat, Grano tenero |

У глютену двозернянки та камуту відсутні деякі гліадини, що є в клейковині сучасної пшениці, що робить ці злаки прийнятними для деяких людей, які страждають від алергії (непереносимості сучасних сортів пшениці).

Представники стародавніх сортів пшениць:

Однозернянка або Фарро давня пшениця вирощується в Італії на півдні центральної частини (Фарро Гарфаньяни – IGP, в Тоскані і Умбрії: там деякі землі ніколи не переставали культивувати). Можливо, Фарро походить з Палестині, а потім поширився в Сирії і Єгипті. Це зерно стародавніх римлян.



а – зерно фарро та хліб з нього; б – спельта та хліб з неї; в – колосся та зерно спельти

Рисунок 3.12 – Стародавні сорти пшениці

Фарро середній *Triticum dicossum* – це фарро теперішній, італійський Фарро. Великий Фарро – це спельта (*Triticum spelta*, полба), середньовічний гібрид, якому погано підходить італійський клімат.

Камут є зареєстрованим товарним знаком, що належить американської компанії Камут, заснованої в Монтані (США) Бобом Куїном, кандидатом патології рослин і органічних фермерів. Назва означає "Ка" і "Мут" – "зерно фараона", насправді це *Triticum turgidum*, *triticum* називається Хорасан, названий на честь регіону Ірану (Персії). Борошно Камуту має гарні властивості, придатні для закваски добре піддається тривалому бродінню і має характерний аромат горіхів.

Власники Kamut International із Монтани створили історію і знак для цього сорту пшениці, яка завжди була відома як Хорасан, і почали продавати його в усьому світі під назвою Камут. Компанія придумала історію камуту: американський пілот, який в 1949 році опинився випадково в єгипетській гробниці знайшов 36 зернин міфічної стародавньої пшениці, що використовувалась більш ніж 4000 років до фараонів і чудесним чином збереглася до сьогоднішнього дня, віддав другові-фермеру, той посіяв, пшениця проросла і так з Монтани поширилась по всьому світу (за ціною в три рази вищою за Хорасан, яка ніколи і не покидала Стародавній світ). Торгова назва Камут – "зерно фараона Тутта". Хорасан вирощується в Італії та ін. середземноморських країнах і є дешевшим.

Борошно з цього злаку може бути використовують для різних виробів, таких як крекери, хлібні палички, печиво, а також пирогів і пельменів, часто змішується з борошном вищого гатунку (00) пшениці.

3.6 Білки інших зернових культур

Найбільш поширеними в Україні є такі зернові культури як пшениця, жито, ячмінь і овес (рисунок 3.13).

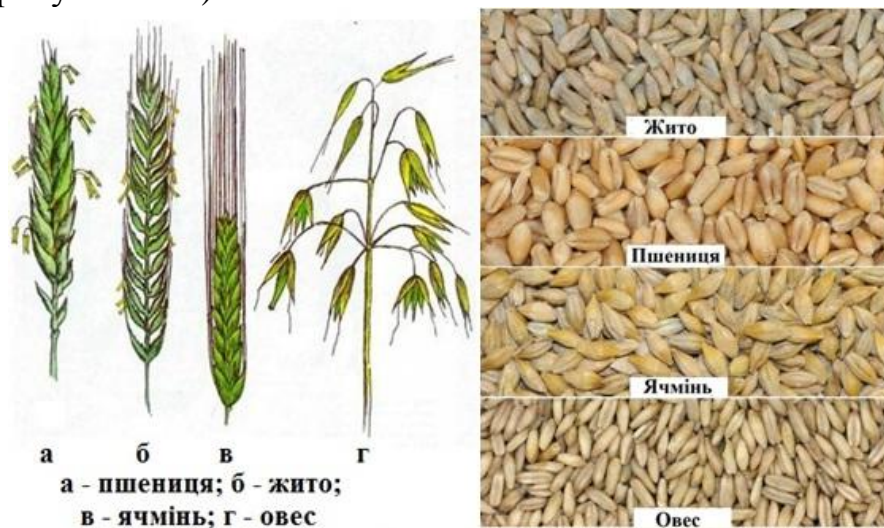


Рисунок 3.13 – Колосся та зерно найбільш поширених зернових культур

Білки зерна жита

У зерні жита міститься гліадин і глютенін, але за звичайних умов відмити клейковину не вдається. Це пояснюється тим, що білки жита відрізняються від пшеничних за амінокислотним складом, фізичними і хімічними властивостями. Наприклад, гліадин жита краще розчиняється у водноспиртових розчинах.

Під час екстракції білків жита водою, а потім слабким розчином кислоти з подальшою нейтралізацією лугом, отримують білкову масу, яка має властивості клейковини. Вона має еластичність і розтяжність. Але така клейковина значно слабкіша за пшеничну, оскільки містить менше дисульфідних і водневих зв'язків.

Білки ячменю і вівса

Так як і у випадку пшениці зерно ячменю має невелику кількість альбуміну. Проламінів і глютелінів міститься приблизно в рівних кількостях. Проламін ячменю називається *гордеїн*.

Клейковина ячменю схожа на погану клейковину пшениці, що коротко рветься. Вона має сірий колір, погану розтяжність і гідратаційну здатність.

Ячмінь застосовують для випічки хліба і перепічок, там, де за природними умовами не можна вирощувати інші злаки. Хліб з ячмінного борошна має неприємний присмак, низьку якість, швидше черствішає.

У зерні вівса також є присутнім проламін, глютелін і деяка кількість альбуміну. Спирторозчинний білок вівса називається *авенін*, але переважає фракція глютелінів. За вмістом окремих амінокислот білки зерна вівса помітно відрізняються від пшениці і ячменю. У них міститься в 2 рази більше *лізину*, ніж у білках пшениці. Тому овес характеризується високою біологічною активністю.

Білки кукурудзи

Найбільшу кількість білка містить зародок кукурудзяного зерна, на другому місці – його ендосперм. Кукурудзяне зерно містить, головним чином, два білки: проламін, який називають *зеїн і глютелін*. Глютелін складає приблизно 40% від усього білка, зеїн – приблизно стільки ж.

Зеїн відрізняється від інших білків амінокислотним складом – він практично не містить незамінних амінокислот – лізину і триптофану, тому є біологічно неповноцінним. Зеїн має промислове значення. У США він широко застосовується для виробництва особливих сортів паперу і пластичних мас.

Білки зерна рису

Характеризуються відсутністю проламінів. Основна маса білка представлена глютеліном, який називається *оризеніном*. Його вміст складає 93% від загальної кількості білків. Оризенін має велику молекулярну масу (до 2 млн) і складається з субодиниць двох типів, сполучених дисульфідним зв'язком.

У складі білків рису міститься усі незамінні амінокислоти, що зумовлює його біологічну цінність. Першою лімітуючою амінокислотою є лізин, другою – треонін. За амінокислотним складом рис наближається до білків гречки.

Білки зерна гречки

Фракційний склад білків зерна гречки характеризується майже повною відсутністю проламінів. Переважають глобуліни, на другому місці – водорозчинні білки. Білки гречки відрізняються високим вмістом незамінних амінокислот. За лізином зерно гречки перевершує пшеницю, жито, рис і наближається до соєвих бобів. За вмістом валіну може бути прирівняним до молока, за лейцином – до яловичини, а за фенілаланіном – до молока і яловичини. За вмістом триптофану зерно гречки не поступається продуктам тваринного походження. Таким чином, білки зерна гречки є добре збалансованими за вмістом незамінних амінокислот. Виняток становлять ізолейцин і особливо сірковмісні амінокислоти, яких недостатньо у білках гречки.

Бобові та олійні культури

Бобові та олійні культури є важливими джерелами білків, ліпідів та інших поживних речовин в раціоні. Бобові культури – це рослини родини Fabaceae, які

виросуються для одержання насіння, що використовуюються в їжу як людиною так і тваринами, а також кормові культури (наприклад, люцерни та конюшина).

Найважливіші їстівні насіння бобових (горохових) – це соєві боби, горох, квасоля, сочевиця та арахіс, а також деякі інші порівняно рідше використовувані бобові культури (наприклад, вігна та люпин).

Особливості білкового складу насіння бобових – високий вміст білка (в загальному вміст білка становить 20...45%), а лімітуючими амінокислотами є, як правило, Сульфурвмісні амінокислоти (Met, Cys); фракції білків: альбуміни 4...21%; глобуліни 60...90%, глютеліни 0...29%, проламіни відсутні.

Білки більшості бобових переважно складаються з глобулінів, а невелика частка – це низькомолекулярні альбуміни. Наприклад, соєвий білок містить близько 80% глобулінів. Глобуліни у багатьох бобових поділяються на легуміни і вітиліни. Легуміни мають більшу відносну молекулярну масу, менш розчинні і мають кращу термічну стійкість, ніж вітиліни. Глобуліни деяких бобових мають свої тривіальні назви.

Таблиця 3.7 – Білковий склад насіння бобових культур

| Культура | Альбуміни | Глобуліни | | |
|----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| | | Легуміни | Вітиліни | Вміст, % |
| Соєа | 10 | Гліцин | Конгліцин | 80 |
| Горох | 20 | Гумін | Віцилін | 70 |
| Арахіс | 15 | Арахін | Конарахін | 10 |

Вміст інших поживних речовин та компонентів, широко варіює і залежить від походження насіння (сорт рослин), зрілості та багатьох інших факторів. Наприклад, вміст білка у звичайному зрілому насінні гороху коливається від 14,2 до 36,1%, а вміст харчових волокон становить 16,7...25,5%, а вміст води – 11%. Зелений горошок, однак, містить 78,9% води, 5,4% білка та 5,1% харчових волокон.

Деякі насіння бобових, що містять значну кількість ліпідів, такі як соєа та арахіс, використовуються як олійні культури. Вміст білка олійних культур звичайно коливається від 20 до 50%, крохмалю вони в насінні не накопичують.

Функціональні особливості білків бобових: гарні гелеутворюючі властивості.

Недоліки:

Насіння бобових часто містить різні анти-нутриєнтні речовини і навіть токсичні. Прикладами таких речовин є різні алергени, інгібітори протеаз, лектини, неперетравлювані вуглеводи, такі як рафіноза та її гомологи.

Вітиліни сої та арахісу є сильними алергенами, стійкими до термообробки (обережно у харчуванні дітей).

Лектини, які містяться у насінні бобових викликають вибіркoву аглютинацію (склеювання) еритроцитів крові, тому є токсичними для деяких груп людей (якщо лектини не сумісні з групою крові).

Лектини можуть викликати алергічні реакції, пов'язані з імунним ураженням нирок – нефропатією.

Лектини викликають запальні процеси в епітелії тонкого кишківника, блокують діяльність травних гормонів, що стимулюють виділення травних ферментів.

Глобуліни насіння бобових є інгібіторами протеаз і відомі як:

– інгібітор Баумана-Бирка – пригнічує хімотрипсин

– інгібітор Кунітца – пригнічує трипсин.

Деякі інгібітори інактивуються шлунковим соком, деякі – термообробкою та тривалим замочуванням насіння перед приготуванням. Активність ферментів зберігається у білковому шроті, текстурованому білку і у білкових ізолятах.

Білки олійних культур.

Більшість олійних культур за вмістом білків не поступаються бобовим культурам. Середній вміст білкових речовин в насінні окремих олійних культур змінюється від 16 до 28% (таблиця 3.8).

Білки насіння олійних є сумішшю близьких за своїми властивостями білків. В білках насіння олійних культур міститься 10...30% альбумінів і до 90% глобулінів. Білки алейронових зерен (алеїрини) представлені в основному глобулінами (80...97%) і незначною кількістю альбумінів і глютелінів (1...2%). Проламіни практично відсутні.

Таблиця 3.8 – Середній вміст білків в насінні олійних культур, % сухої речовини

| Найменування | | Білки | Найменування | | Білки |
|--------------|-----------------------------|-------|--------------|--------|-------|
| Соняшник | сім'янка | 15,7 | Рицина | | 19,4 |
| | | | Бавовник | | 20,5 |
| | ядро(без плодової оболонки) | 23,7 | Коноплі | | 21,8 |
| Льон | сім'янка | 24,9 | | | |
| | зародок(ядро) | 21,6 | Рапс | озимий | 25,0 |
| | ендосперм | 30,8 | | яровий | 28,5 |

Досить висока біологічна цінність білків олійних культур дозволяє розглядати їх як цінне джерело покриття дефіциту білкових речовин.

Білки насіння найважливіших олійних культур характеризуються високим вмістом і різноманітністю незамінних амінокислот. Тому робляться спроби налагодити отримання з олійної сировини концентрованих форм білку і створення на їх основі нових форм білкової їжі. Особливістю амінокислотного складу білків насіння соняшнику, арахісу, рапсу, кунжуту і бавовнику є високий вміст тирозину і фенілаланіну, а у деяких культур – лізину (рапс), сірковмісних амінокислот (кунжут, соняшник, рапс) і треоніну (рапс, соняшник). Найбільш цінними у біологічному відношенні є білки рапсу, соняшнику і кунжуту(таблиця 4.7).

Для збагачення харчових сумішей бажано використовувати виділені білкові ізоляти. Більшість рослинних білкових харчових сумішей готують тільки з борошна або концентратів. Найбільш легкий і дешевий спосіб – використання білкового борошна, отриманого зі знежиреного олійного насіння. Проте насіння деяких олійних культур містить отруйні речовини, що є серйозною перешкодою для використання отриманих із них білкових ізолятів (як і самого насіння) в харчових продуктах і в кормах для худоби. Насіння бавовнику містить токсичну сполуку госипол, насіння рицини – високотоксичні білки лектини, здатні аглютинувати клітини.

Білки картоплі та овочів

Вміст: в овочах міститься всього 1...3% нітрогеновмісних сполук, серед яких 35...80% – речовини білкової природи, решта – небілкової: аміни, нітрати, вільні амінокислоти, пептиди.

Вільні амінокислоти беруть участь в реакції Майяра і відповідають за утворення аромату. Нітрати сприяють дозріванню плодів, але погіршують їх зберігання.

Деякі із азотистих речовин виконують функції ферментів (протеаз, амілаз), сприяють розм'якшенню овочів під час зберігання.

Білкова фракція складається переважно з ферментів, які можуть бути як корисними, так і ні – сприяють псуванню сировини під час переробки.

Найбільше білка міститься в зеленому горошку (до 5,4) та овочевій кукурудзі. Білок картоплі – туберин – містить всі НАК.

Картопля, незважаючи на невисокий вміст білку, як джерело азотистих речовин має більш суттєве значення через значне її споживання, яке в середньому складає 330 г в день, таким чином з даним видом продукту задовольняється 6...8% загальної добової потреби людини в білку. Кількість білкового азоту в бульбах картоплі в 1,5...2,5 рази більше, ніж небілкового, тоді як в овочах і плодах, навпаки – менше 50% (наприклад, в капусті 40%, винограді 7%). Небілковий азот картоплі представлений аміном і нітратним азотом з аміаком, які від загального азоту в бульбах складають 18...31 і 10...15% відповідно. Сорти картоплі в більшій мірі відрізняються вмістом небілкового азоту, ніж білкового, і перш за все за кількістю вільних амінокислот. Середи них переважають аланін, лізин, гістидин, глутамінова кислота і фенілаланін.

Білки картоплі є біологічно цінними, так як містять всі незамінні амінокислоти. Білок *туберин* містить усі амінокислоти, у тому числі і незамінні. Туберин за вмістом незамінних амінокислот, за виключення триптофану, перевершує білок пшениці, наближаючись за складом до білку сої і яєчного білку. В порівнянні з білком курячого яйця біологічна цінність білків картоплі складає 85%, а в порівнянні з ідеальним білком – 70%. Першими лімітуючими амінокислотами білків картоплі є метіонін і цистеїн, другою – лейцин. Усі білки картоплі можуть бути розділені на 2 основних фракції: глобуліни (солерозчинні) і водорозчинний альбуміни, в співвідношенні 7:3.

Серед овочевих культур великим вмістом білку відрізняються зелений горошок (28,3...31,9%) і цукрова кукурудза (10,4...14,9% в перерахунку на суху масу). Основну частку білків зеленого горошку складають глобуліни (віцилін і леуглін), кукурудзи – спирторозчинний зеїн. Крім того, білки зеленого горошку вирізняються високим вмістом альбуміну, який в 2...3 рази вищий, ніж в зрілому горосі гладкозернових сортів. У молочно-восковій стадії стиглості білки горошку містять в 2,5...3 рази менше глютелінів, ніж за повної стиглості.

В порівнянні із зерновою кукурудзою овочева кукурудза містить значно більше альбуміну, глобуліну і менше розчинних білків. Вміст зеїну складає 21,1...37,2% від загального білку, що значно менше, ніж в кукурудзі інших ботанічних груп (41...58%). Щодо амінокислотного складу, то значну частку амінокислот горошку складає лейцин з ізолейцином (15,4% від загальної кількості), фенілаланін (7,1%), валін з метіоніном (5,2%), аргінін (10,5%) і треонін (5,2%). Для білків цукрової кукурудзи характерний високий вміст лейцину і ізолейцину – 15,1%, аргініну – 12,4%, глутамінової кислоти – 17,3%, аланіну, гліцину, серину – 9,0%, гістидину – 4,2%, лізину – 1,1%. Високий вміст в зеленому горошку і цукровій кукурудзі лізину і аргініну пояснюється підвищеною кількістю альбуміну, а в кукурудзі – зниженим

вмістом неповноцінного зеїну.

За різних температурних обробок білки обох культур поводяться по-різному. Нагрівання зеленого горошку впродовж 1 хв. у воді за 98...100°C зменшує розчинність глобулінів на 80%, альбумінів – на 24% і збільшує кількість лугорозчинної фракції (на 61%). Заморожування за температури 30...196°C істотно не впливає на розчинність і компонентний склад білків.

Азотисті речовини овочів, фруктів і ягід мають суттєве значення для формування споживчих і органолептичних властивостей цих продуктів (смаку, аромату, кольору і консистенції), стійкості їх під час зберігання і збереженні вітамінів. Так, вільні амінокислоти беруть участь в реакціях, пов'язаних з утворенням аромату (реакції Майяра); нітрати, навпаки, в надмірній кількості погіршують стійкість під час зберігання, а дія, наприклад, пектолітичних ферментів в кінці дозрівання плодів зумовлює їх розм'якшення. Деякі із азотистих речовин виконують функції протеаз і амілаз. Ферменти у складі азотовмісних речовин овочів, фруктів і ягід утворюють незначну їх частину, проте, їх роль у дозріванні і зберіганні рослинної сировини величезна. Збереження овочів і фруктів в основному залежить від активності ферментів, що беруть участь в диханні.

У бульбах картоплі, насінні японської редиски, коренях турнепсу, зеленому горошку, томатах містяться білки-інгібітори тваринних протеїназ, в першу чергу трипсину і хімотрипсину. За вмістом інгібіторів соковита рослинна сировина займає третє місце після бобових і злакових. Інгібітор хімотрипсину картоплі відноситься до "аргінінового" типу, тобто в ділянці, яка вступає у взаємодію з активним центром ферменту, міститься аргінін. Окрім інгібіторів трипсину і хімотрипсину в картоплі виявлені поліпептиди, що діють як інгібітори карбоксипептидази А і Б.

Контрольні питання

1. Порівняйте біологічну цінність білкових фракцій злаків.
2. Охарактеризуйте склад і властивості білків клейковини пшениці.
3. Охарактеризуйте інгібітори трипсину, що містяться в насінні сої.
4. Що таке лектини?
5. Охарактеризуйте білки насіння олійних культур.
6. Який вміст білків в овочах і плодах? Назвіть найбільш білковисті овочі.
7. Які інгібітори ферментів знайдені у бульбах картоплі?
8. Охарактеризуйте склад і властивості білків м'яса.
9. Які зміни відбуваються з білками м'яса в ході технологічного процесу?
10. Охарактеризуйте склад і властивості білків молока.
11. Охарактеризуйте склад і властивості білків яєць.
12. Як впливає теплова обробка на білки яєць?
13. Охарактеризуйте склад і властивості білків риби.
14. В чому перевага м'яса риби над м'ясом тварин?
15. Які соєві білкові продукти представлені на сучасному ринку?
16. Що є соєвими білковими концентратами? Соєві білкові ізоляти?
17. Яке призначення текстурованих соєвих білкових продуктів?

ЛЕКЦІЯ 4 БІЛКИ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ: БІЛКИ ТВАРИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

План

- 4.1 Білки м'яса
- 4.2 Білки молока
- 4.3 Білки яєць
- 4.4 Білки риби
- 4.5 Нові форми білкової їжі

4.1 Білки м'яса.

М'язова тканина є основною їстівною частиною м'яса. На її частку припадає понад 40% маси тіла тварини.

Білки м'язової тканини характеризуються високою біологічною цінністю, за винятком білків сполучної тканини, які мають низьку біологічну цінність.

Білки м'яса необхідні для будови тканин, ферментів, гормонів.

У зв'язку з високим вмістом білків, м'ясо стимулює ріст, засвоюваність інших компонентів їжі, активізує обмін речовин в організмі людини.

Добова потреба людини в білках забезпечується 100 г жирної свинини на 23%, м'ясної – на 29 %, беконної – на 33 %, яловичини або баранини 1 категорії – на 33...38%.

Білки м'язової тканини складають 11...22%, містять всі незамінні амінокислоти, добре збалансовані є повноцінними білками.

М'язові білки можна розділити на три великі групи (рисунок 4.1):

- саркоплазматичні (35% усіх м'язових білків);
- міофібрилярні (45% усіх м'язових білків)
- білки строми (сарколеми).



Рисунок 4.1 – Схема класифікації м'язових білків

За розчинність білки м'язової тканини поділяють на:

- розчинні у воді (білки саркоплазми);
- розчинні в сольових розчинах (фібрилярні білки);
- нерозчинні у водно-сольових розчинах (білки строми).

Фракція водорозчинних білків характеризується переважно глобулярною будовою молекул. Ці білки входять в основному до складу рідкої частини саркоплазми. Вони відносно легко розчинні у воді, оскільки взаємодія між

молекулами білка і розчинника сильніша, ніж взаємодія між сусідніми білковими молекулами. Водорозчинні білки умовно розглядають як білки саркоплазми.

Для більшості білків м'язової тканини, нерозчинних у воді, властива фібрилярна будова. Їх молекули взаємодіють між собою та молекулами інших білків сильніше, ніж з молекулами розчинника (води). Тому для їх розчинення необхідно створити умови, за яких порушується міжмолекулярна взаємодія білків.

Білки, які було виділено сольовими розчинами, в основному формують структуру міофібрил, тобто скорочувального апарату м'язів.

Білки, що становлять оболонку клітини, і білки, що міцно утримуються в структурі м'язових клітин і нерозчинні в сольових розчинах, умовно називають білками строми. Їх (крім білків сарколеми – колагену, еластину) можна виділити 0,25% розчином NaOH.

Міофібрилярні білки або білки скорочувального апарату відповідають за скорочення-релаксацію м'язів, основні з них – міозин та актин (рисунки 4.1, 4.2).

Білки саркоплазми – це водорозчинні білки, що складають приблизно 30...35% загального білка у м'язах і представлені метаболічними ферментами (гідролази, протеази, ліпази, фосфорилази та ін.) та міоглобіном. Деякі з цих ферментів відіграють дуже важливу роль у дозріванні м'яса після забою тварин та під час подальшої обробки.

Незначні кількості гемоглобіну можуть бути присутніми в м'язі, якщо кров не була злита належним чином.

Білки сполучної тканини (сарколеми) – це колаген, ретикулін та еластин – нерозчинні і неповноцінні білки.

Скорочувальні білки у харчових продуктах виконують функцію структуроутворювачів, саркоплазматичні – емульгаторів; білки сарколеми – вологоутримувачів і емульгаторів.

Міозин та актин

Актин та міозин складають більше 80% м'язових білків, свої функції скорочувального апарату вони виконують у складі актиміозинового комплексу разом з іншими білками: тропоміозином і тропоніном, титіном та ін.

Міозин складає 55% м'язових білків, актин – 25%.

Молекули міозину складаються з двох спіралей, мають довгу витягнуту частину – хвіст і дві кулясті голови.

Міозин містить велику частку (близько 30%) дикарбонових амінокислот – глютамінової та аспаргінової кислоти, а тому здатний зв'язувати Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ (є багато вільних карбоксильних груп), це також надає кислому характеру білку, тому ізоелектрична точка міозину лежить в кислій зоні за рН 5,4.

Актин існує у двох формах: глобулярній (G-актин) і фібрилярній (F-актин), які можуть переходити одна в одну.

G-актин є мономерним глобулярним білком і за наявності Mg^{2+} G-актин полімеризується з утворенням подвійної нитки, що називається F-актином.

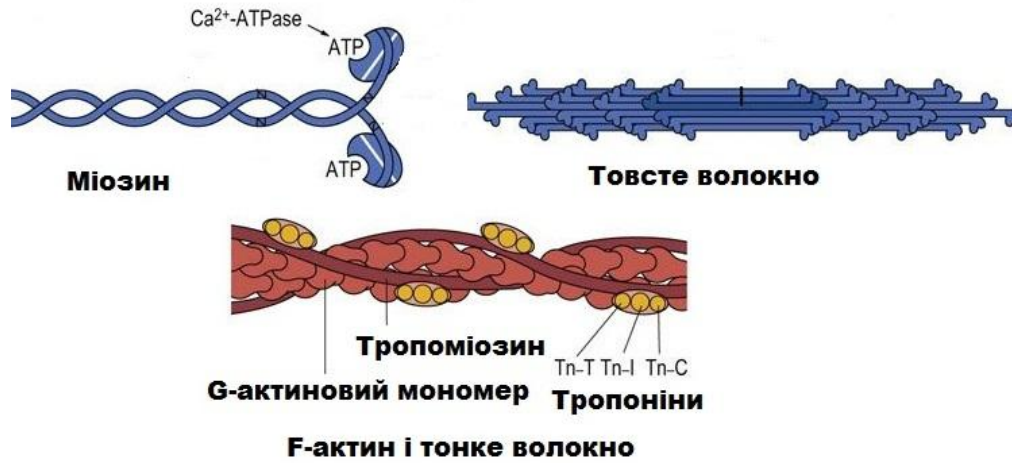


Рисунок 4.2 – Міофібрилярні білки

Стиснення м'язів здійснюється шляхом реагування шароподібних голів міозину з ланцюгами актину. Процес вимагає розщеплення однієї молекули АТФ. Цей процес підтримується багатьма іншими білками, але у невеликих кількостях.

Будова м'яза

Найменшою структурною одиницею м'яза є *м'язове волокно* (рисунок 4.3) – це довгі, тонкі і паралельні м'язові клітини, які містять скорочувальні елементи – *міофібрили* (актин, міозин та інші).

Міофібрили, (до 1000 міофібрил), які занурені у *саркоплазму* (цитоплазму), розташовані паралельно одна одній і простягаються вздовж м'язової клітини. М'язове волокно оточене сполучною тканиною – ендомізієм.

М'язові волокна зібрані в пучок, який оточений більшим шаром тонкої сполучної тканини – *перімізієм*.

Пучки м'язових волокон зібрані разом і вкриті зовнішнім, великим, товстим шаром сполучної тканини, що називається *епімізієм*.

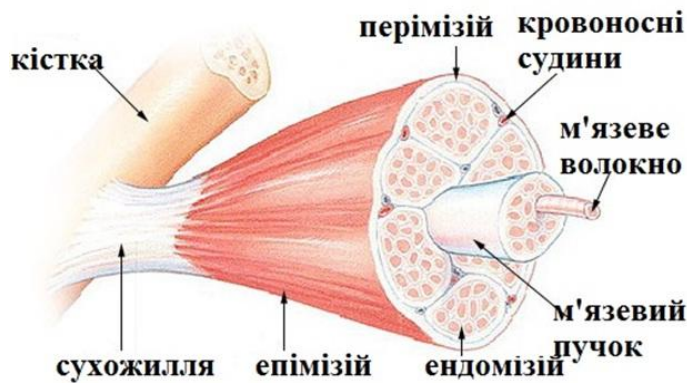


Рисунок 4.3 – Будова скелетного м'яза

Білі м'язи (птахи, птиці), які мають високе співвідношення міофібрил до саркоплазми, швидко скорочуються, але швидко і втомлюються. У червоному м'язі, навпаки, більше саркоплазми ніж міофібрил. Червоні м'язи придатні для повільних, довготривалих скорочень і швидко не втомлюються.

Білки саркоплазми – це складний комплекс білків: міоген, міоглобін, глобулін Х і міоальбумін. Всі білки саркоплазми є біологічно цінними. Розчинні у слабких сольових розчинах.

Усі білки саркоплазми, за винятком міоглобіну, – це гетерогенні системи, фракції білків, близьких за фізико-хімічними і біологічними властивостями, тому їх позначення, певним чином умовне.

Міоген – група глобулярних білків (альбумінів), що виконує, головним чином, ферментні функції (протеази, ліпази, фосфорилази та ін.).

Фракція міогену становить близько 20% усіх білків м'язової тканини.

Міоген легко екстрагується водою і на поверхні бульйону після згортання утворює піну. Температура згортання в розчині 55-66°C.

Ізоелектрична точка фракції знаходиться в інтервалі рН 6,0...6,6.

За кімнатної температури частина білків фракції міогену, що знаходиться в розчині, згортається, тобто переходить у нерозчинний стан, утворюючи тонкий осад у вигляді плівок (ниток) — міогенфібрин.

Міоальбуміну в м'язовій тканині 1...2% від всіх білків. Він розчиняється у воді, не осаджується хлористим натрієм за повного насичення, але осаджується сірчаноокислим амонієм. Ізоелектрична точка міоальбуміну знаходиться за рН 3,3. Температура коагуляції 45...47°C.

Глобулін Х – білок, на який припадає близько 20% усієї кількості білкових речовин м'язової клітини. Наявність невеликої кількості неорганічних солей (1-1,5%) у м'язовій тканині є достатньою, щоб під час водної екстракції глобулін Х перейшов у розчин. В процесі мокрого посолу м'яса також значна кількість глобулінів переходить в розсіл. Ізоелектрична точка глобуліну Х знаходиться за рН 5,2. У розчині білок коагулює при 50°C.

Міоглобін

Міоглобін – водорозчинний пігментний білок (хромопротеїд) темно-червоного кольору, зумовлює природне забарвлення м'яса; складається з:

– *білка глобіну* – має основний характер і за амінокислотним складом є повноцінним білком;

– *гему* (гем-комплекс порфірину з залізом) – має кислий характер; атом заліза в гемі двовалентний і зв'язаний шостим координаційним зв'язком з молекулою води

Ізоелектрична точка міоглобіну за рН 7,0.

Вміст у м'язових клітинах (близько 1% до суми всіх білків тканини)

Функції міоглобіну: передача кисню, який доставляється кров'ю, ферментним системам клітин: міоглобін приймає кисень від гемоглобіну і зберігає його для використання м'язами. Mb зв'язує кисень за більш низького парціального тиску кисню в порівнянні з гемоглобіном

Міоглобін має спорідненість до кисню вищу, ніж гемоглобін (білок крові): за парціальному тиску кисню 533 Па міоглобін насичується ним на 60%, а гемоглобін — на 38%.

Виконуючи роль передавача кисню, міоглобін здійснює функцію кисневого буфера, або кисневого резерву, що має надзвичайно важливе значення, особливо коли в процесі м'язового скорочення (в умовах сильного напруження) циркуляція крові тимчасово ускладнена. Міоглобін також полегшує проникнення кисню всередину клітини. Внаслідок цього у м'язах, які інтенсивно працюють (з активним перебігом аеробних окислювальних процесів) міститься відносно більше міоглобіну, тому вони забарвлені темніше (наприклад, м'язи ніг та шиї у великої рогатої худоби,

грудні м'язи птахів, які літають, м'язи коня), ніж м'язи, які не працюють або працюють менш інтенсивно.

Міоглобін у м'язовій тканині великої рогатої худоби залежно від віку міститься в такій кількості: телят 0,1...0,3%, дорослих тварин 0,4...1,0%, старих тварин 1,6...2,0%. Кількість міоглобіну у м'ясі свиней становить 0,3...0,7%.

Основні форми міоглобіну

Природа групи, приєднаної до атома Феруму гема та стан Fe (Fe^{2+}/Fe^{3+}) визначає колір м'яса.

Міоглобін може легко з'єднуватися з різними газами – киснем, нітрогеном оксидом (NO), карбон оксидом (CO) та ін. (рисунок 4.4). При цьому залізо гема не окиснюється (залишається двовалентним).

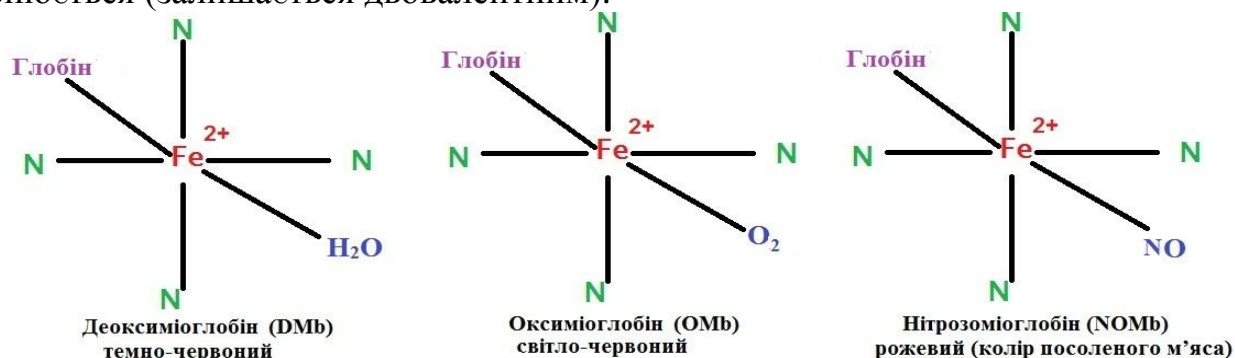


Рисунок 4.4 – Відновні форми міоглобіну

Окиснені форми міоглобіну

За тривалої дії кисню повітря, оксидів азоту і деяких інших реагентів залізо гема окиснюється до тривалентного (рисунок 4.5), а міоглобін перетворюється на метміоглобін – сполуку, розчин якої забарвлений у коричневий колір. Метміоглобін може бути знову відновлений.

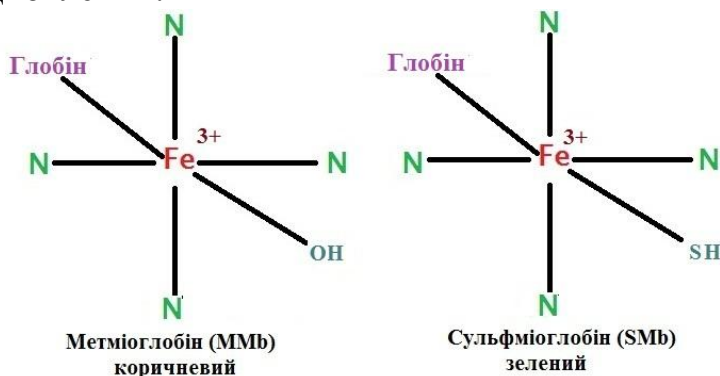


Рисунок 4.5 – Окиснені форми міоглобіну

Зміна кольору м'яса

Після забою тварини в поверхневому шарі м'яса завтовшки ≈ 40 мм міоглобін, приєднуючи кисень, переходить у світло-червоний **оксиміоглобін** (рисунок 4.6). Темніше забарвлення м'яса в шарах, що знаходяться нижче, спричинене наявністю відновленого міоглобіну – **деоксиміоглобін**. За тривалого зберігання м'яса оксиміоглобін і його поверхня, окиснюючись, переходять у **метміоглобін**, і м'ясо набуває коричневого відтінку.

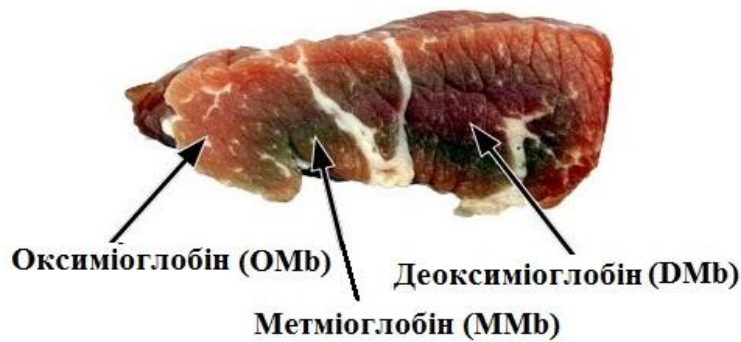
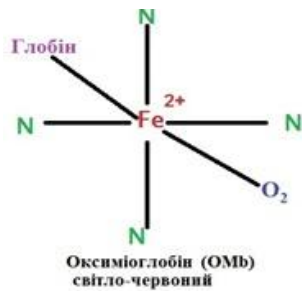


Рисунок 4.6 – Розташування різних форм міоглобіну у свіжому м'ясі

Оксиміоглобін



Сполука міоглобіну з киснем – оксиміоглобін, що має яскраво-червоне забарвлення, легко дисоціює на міоглобін і кисень.

Гем містить Fe^{2+} ,

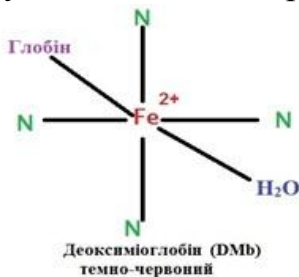
Fe^{2+} зв'язаний шостим координаційним зв'язком з молекулою O_2

Нестабільна сполука, втрачає O_2 і перетворюється на ДМб

Рожевого або світло-червоного кольору

Такого кольору набуває свіже м'ясо або з вакуумної

упаковки після аерації



Деоксигемоглобін (ДМб)

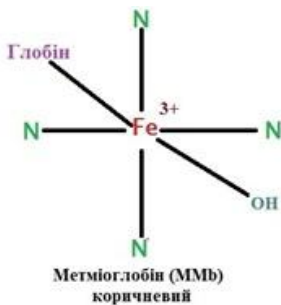
Нестабільний оксиміоглобін, втрачає O_2 і перетворюється на ДМб

Гем містить Fe^{2+} , який зв'язаний шостим координаційним зв'язком з молекулою води

Забарвлення нерозрізаного м'яса або забарвлення в шарах, що знаходяться глибше поверхневого шару розрізаного. Такий

колір має також м'ясо у вакуумній упаковці

Метміоглобін



Утворюється внаслідок окиснення оксиміоглобіну за тривалої дії окисників або поверхневого забруднення аеробними бактеріями: Fe^{2+} окиснюється до Fe^{3+}

Колір розчину метміоглобіну – коричневий

Колір поверхні м'яса – сірий

Знебарвлення поверхні м'яса відбувається так: ММб, розташований між поверхневим шаром з ОМб та внутрішнім – з ДМб поступово потовщується і переміщується на поверхню.

Нітрозоміоглобін

Нітрозоміоглобін – пігмент червоного кольору, який утворюється в результаті взаємодії міоглобіну з нітроген оксидом (NO); зберігає свій колір і після теплової денатурації.

Ця реакція використовується у виготовленні перероблених м'ясопродуктів для надання їм забарвлення натурального м'яса.

Нітрозоміоглобін є нестабільним за присутності світла й кисню і перетворюється на **нітрозометміоглобін**

Використання **аскорбатів** і **нікотинамід** сповільнює швидкість утворення нітрозометміоглобіну

Роль нітратів та нітритів у витриманих м'ясних продуктах

Для стабілізації кольору м'яса найбільш широко використовуються як харчові добавки калієві та натрієві солі нітратів та нітритів.

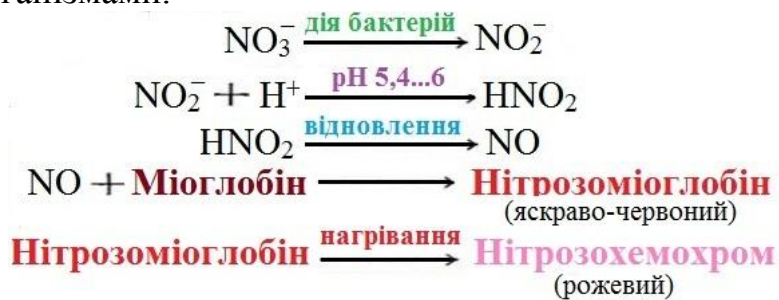
Нітрит натрію, а не нітрат натрію, найчастіше застосовується у переробці м'ясопродуктів (хоча в деяких продуктах, таких як сільська шинка, застосовується натрію нітрат через тривале дозрівання)

В результаті додавання нітриту натрію, м'ясо набуває спочатку червоного, а потім рожевого кольору, характерний для таких м'ясопродуктів як шинка, бекон, хот-доги та мортаделла.

Механізм дії нітратів та нітритів

Спочатку нітрит реагує з міоглобіном м'яса перетворюючись на нестабільний нітрозоміоглобін (яскраво-червоний), потім за нагрівання – на більш стабільний нітрозохемохром – рожевого пігменту.

У випадку використання нітратів, вони перетворюються на нітрити непатогенними організмами:



Зелені пігменти: сульфміоглобін і холеглобін і порфірин

Сульфміоглобін – пігмент зеленого кольору (таблиця 4.1), утворюється в результаті взаємодії міоглобіну з сірководнем (H_2S), що утворюється внаслідок діяльності бактерій, якими може бути забруднена поверхня м'яса, що зберігається у вакуумній упаковці.

Холеглобін (таблиця 4.1) утворюється в результаті реакції оксиміоглобіну з пероксидом водню (H_2O_2), який, в свою чергу, може утворюватись каталазними ферментами (наприклад, *Lactobacillus*), що застосовуються у харчовій промисловості.

Порфірин утворюється внаслідок взаємодії окисненого нітрозоміоглобіну з пероксидом водню.

Таблиця 4.1 – Залежність кольору м'яса від хімічного стану міоглобіну

| Молекула з якою зв'язаний Fe гему | Колір | Назва міоглобіну |
|---|----------------------------------|----------------------------|
| Fe²⁺ | | |
| H ₂ O | Рожевий | Оксиміоглобін (OMb) |
| O ₂ | Темно-червоний | Деоксиміоглобін (DMb) |
| CO | Вишнево-червоний | Карбоксиміоглобін (COMb) |
| NO | Рожевий (колір посоленого м'яса) | Нітрозоміоглобін (NOMb) |
| Fe³⁺ | | |
| H ₂ O (глобін) | Коричневий | Метміоглобін (MMb) |
| H ₂ O (денатурований глобін) | Коричневий/сірий | Денатурований метміоглобін |
| H ₂ S | Зелений | Сульфміоглобін |
| H ₂ O ₂ | Зелений | Холеглобін |

Фактори, що впливають на колір м'яса

Вікові та видові відмінності (таблиця 4.2):

Вік: Телятина < Молода яловичина < Стара яловичина

Вид: Птиця < Свинина < Ягнятина < Яловичина

Тип: Малорухливі < Рухливі

Таблиця 4.2 – Вплив вікових та видових відмінностей на колір м'яса

| Вікові відмінності | | Видові відмінності | | |
|--------------------|-----------------------|--------------------|------------------|-----------------------|
| Віковий клас | Вміст міоглобіну мг/г | Вид | Колір | Вміст міоглобіну мг/г |
| Телятина | 4 | Свинина | Рожевий | 2 |
| Молода яловичина | 8 | Ягнятина | Світло-червоний | 6 |
| Стара яловичина | 18 | Яловичина | Вишнево-червоний | 8 |

Фактори, що сприяють збереженню кольору м'яса

1. Аерація м'яса киснем під високим тиском: глибина цього шару оксиміоглобіну визначається тиском кисню (за низького тиску кисню оксиміоглобін переходить в окиснену форму коричневого кольору – метміоглобін. Цей пігмент утворюється, якщо парціальний тиск кисню падає до 4мм.рт. ст.)

2. Охолодження м'яса збільшує швидкість дифузії кисню в м'яз за низьких температур і знижує швидкість зникнення оксиміоглобіну.

3. Низькі температури зменшують залишкову активність цитохромоксидазних ферментів

4. Герметична упаковка м'яса

5. Застосування добавок: додавання нітритів або нітратів призводить до утворення нітрозоміоглобіну і збереженню кольору м'яса. Нітрозоміоглобін є нестабільним за присутності світла й кисню і перетворюється на нітрозометміоглобін. Використання **аскорбатів і нікотинамід**у сповільнює швидкість утворення нітрозометміоглобіну

6. Застосування вітаміну Е: додавання вітаміну Е до корму великої рогатої худоби запобігає окисненню міоглобіну; уповільнює перетворення його в метміоглобін.

Білки сполучної тканини: колаген і еластин

Колаген, ретикулін та еластин є основними білками строми у сполучній тканині.

Колаген – білок, що забезпечує підтримку, міцність і форму волокон

Еластин – білок, який забезпечує еластичність тканин, таких як капіляри, нерви, сухожилля

Колаген є нерозчинним у воді білком, але набухає в ній.

Не містить триптофану, тому його амінокислотний скор дорівнює 0. Неповноцінний білок

Колаген містить у великій кількості гліцин, пролін, гідроксипролін, гідроксилізін. Вміст цих кислот є показником низької якості м'яса.

Колаген є стійким до дії трипсину і пепсину; гідролізується колагеназою підшлункової залози та деякими рослинними ферментами: папаїном (із динного дерева) та бромеліном (із ананасу), а також ферментами, що є в інжирі. Для

розмякшення м'яса використовують також ферменти підшлункової залози забійних тварин.

Колаген

Існує декілька типів (I-V) колагену, що містять різні поліпептидні ланцюжки (до десяти α -ланцюгів).

Колаген I типу є основним компонентом епімізію та перимізію, який оточує м'язи. Типи III, IV та V колагену зустрічаються в ендомізії, що забезпечує підтримку м'язового волокна. Існує велика кількість перехресних зв'язків у колагенових волокнах, які збільшуються з віком, і тому м'ясо міцніше у літніх тварин.

Ендомізії і перимізії утворюють своєрідний каркас, або строму м'яза, їхня міцність впливає на жорсткість м'язової тканини. У перимізії та епімізії (фасція) м'язів деяких видів відгодованих тварин знаходяться жирові клітини, які створюють "мармуровість" на поперечному розрізі м'яза.

Перимізії і епімізії складаються з колагенових волокон різної структури та міцності і містять різну кількість еластинових волокон. Між пучками і волокнами проходять і розгалужуються судини та нерви.

Колаген, що міститься в тканинах молодих тварин має високу здатність до набухання.

Колаген зв'язує воду і здатний емульгувати жир (використовується у виробництві ковбас).

Перехід колагену в желатин

За температурної обробки м'яса колаген переходить в желатин (глютин) в декілька етапів:

1 – згортання колагену за температури 62...65°C – колагенові волокна скорочуються на 1/3 довжини;

2 – дезагрегація колагену і перетворення в желатин за температури 100°C і за подальшого нагрівання, в результаті чого послаблюється міцність зв'язку між між пучками м'язових волокон.

Що сприяє переходу колагену в желатин?

За температури 120°C (автоклав) желатину утворюється в 2 рази більше, ніж за 100°C.

За звичайних умов м'ясо вариться 2...3 год, а у автоклаві – 30...40 хв. Але ніжність м'яса буде більшою за тривалого нагрівання.

Чим міцніша сполучна тканина (м'ясо ВРХ), тим більше вологи треба для доведення її до готовності (таке м'ясо не підходить для смаження).

Стійкість колагену у м'ясі молодняка є нижчою. М'ясо ДРХ, свиней, телят можна смажити. Перимізії м'яса птахів і риби є нестійким до теплової обробки.

Тушкування м'яса з додаванням томатів, сухого вина прискорює дезагрегацію колагену. Маринування м'яса (використовують оцтову або лимонну кислоту) перед смаженням прискорює перехід колагену в желатин.

Еластин – білкова речовина, входить до складу еластичних волокон, стійкіша за колаген, не розчиняється ні у воді, ні у розчинниках.

За нагрівання не денатурується

Еластин зустрічається в менших кількостях, як правило, в капілярах, сухожилках, нервах та зв'язках.

4.2. Білки молока

Молоко – це гетерогенна система, в якій дисперсної фази є емульговані жирові глобули і колоїдні міцели казеїну, а дисперсним середовищем – розчин білків, лактози, солей і вітамінів. Загальний вміст білку у молоці коливається від 2,9 до 3,5%. Серед них виділяють дві основні групи: казеїни і сироваткові білки (рисунок 4.7, таблиця 4.3). В молоці міститься більше 20 ферментів, а також гормони і білки у складі оболонки жирових кульок.

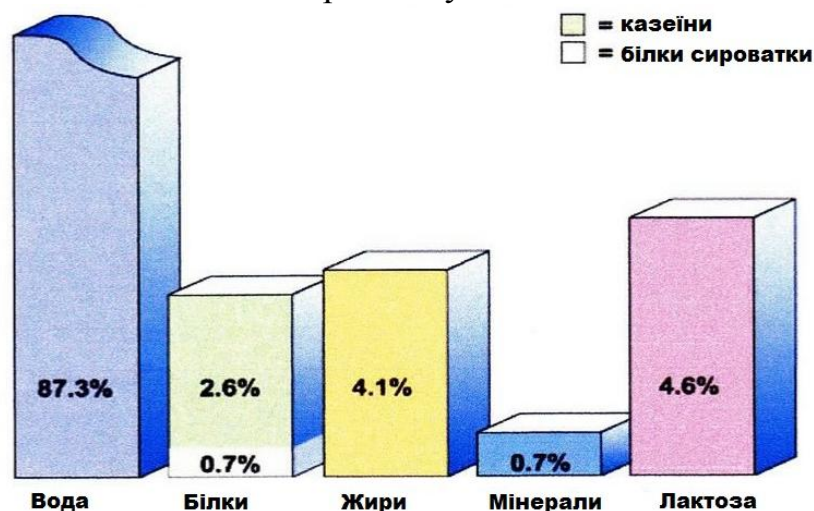


Рисунок 4.7 – Складові молока

До складу молока входить більше 100 різних компонентів. Деякі з основних компонентів молока (казеїн, лактоза) ні в яких інших природних продуктах не зустрічаються. Серед складових молока в дефіциті знаходиться залізо та вітамін С.

Молочні білки

Загальний вміст білка в молоці – 2,9...3,5%. Основними білками молока є казеїн і сироваткові білки: α -лактоальбумін, β -лактоглобулін, імуноглобуліни (таблиця 4.3, рисунок 4.7).

Таблиця 4.3 – Склад і молекулярні характеристики білкових компонентів молока

| Компоненти | Вміст | | Молекулярна маса, кД | ІЕТ |
|--------------------------|--------------------------|---------|----------------------|-----------|
| | в % від загальних білків | в г/л | | |
| Казеїн: | 78...85 | ... | | |
| α_{s1} -казеїн | 43...54 | 12...15 | 23,0 | 4,4...4,8 |
| α_{s2} -казеїн | | 3...4 | 25,0 | - |
| β -казеїн | 25...35 | 9...11 | 24,0 | 4,8...5,1 |
| χ -казеїн | 8...15 | 2...4 | 19,0 | 5,4...5,8 |
| Білки сироватки | 15...25 | 6...8 | | |
| β -лактоглобулін | 7...12 | 3,6 | 18,3 | 5,1 |
| α -лактоальбумін | 2...5 | 1,7 | 14,2 | 4,2...4,5 |
| імуноглобуліни | 1,5...2,5 | 0,6 | 150...1000 | 5,5...8,3 |
| альбумін сироватки крові | 0,7...1,3 | 0,4 | 69,0 | 4,7...4,9 |

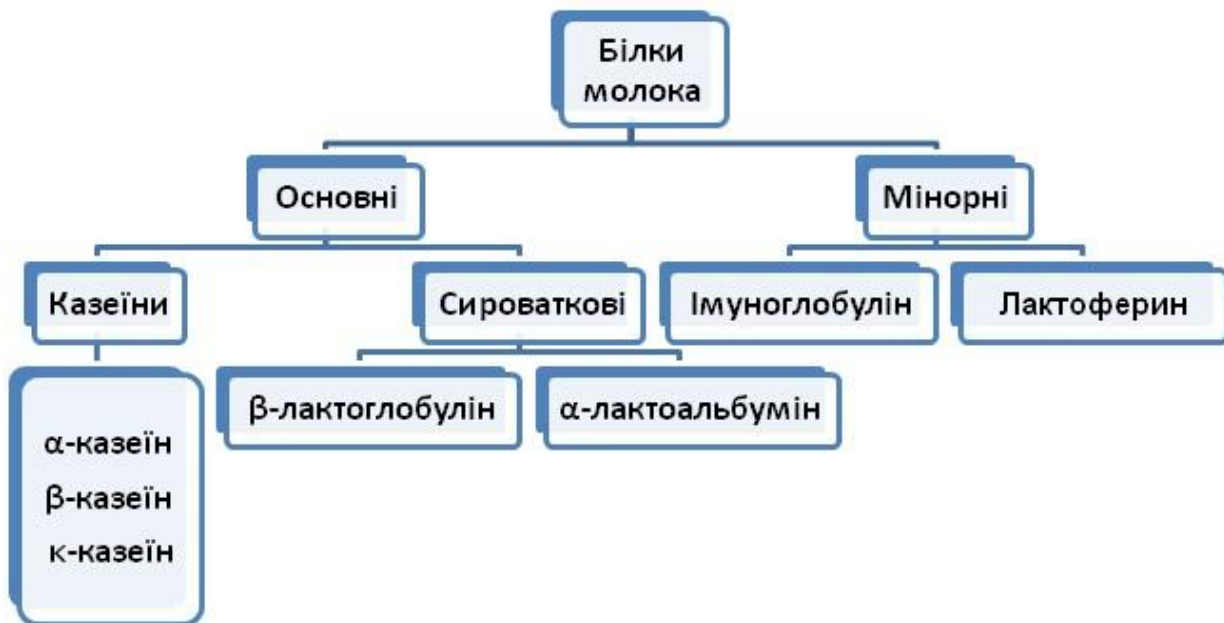


Рисунок 4.7 – Основні та міnorні білки молока

Два основних типи білків молока: казеїни (80%) і сироваткові білки (20%)



казеїн

сироватка

Сироватка (молочна сироватка) – це рідина, що залишається після коагуляції молока та видалення сиру. Вона містить воду, лактозу та розчинні неказеїнові білки.

Казеїни

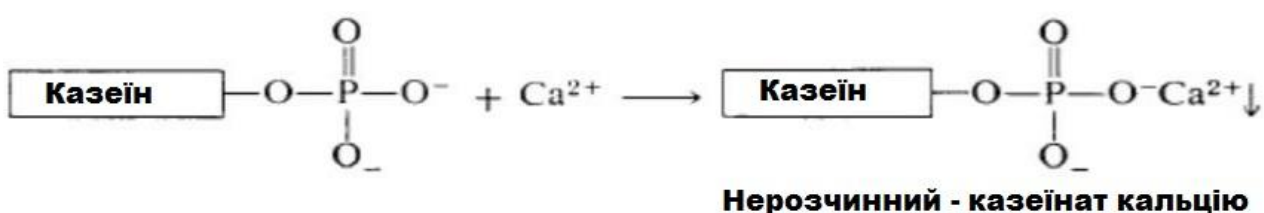
Казеїн є білки з "відкритою структурою" (мала частка вторинної структури), гідрофобні; осаджуються за $\text{pH} = 4,6$; поділяються на α_{S1} -, α_{S2} -, β -, κ -казеїни. В молоці утворюють структури – *міцели* і знаходяться у вигляді *комплексу з фосфатом кальцію*. Казеїни є фосфопротеїдами. Фосфорилування відбувається за серином.

α-казеїни β-казеїни

α-казеїни є основними білками казеїну, вони містять фосфатні групи. Не розчинні у молоці.

β-казеїни містять близько 5 фосфатних залишків, вони є більш гідрофобними, ніж *α-казеїни* та *κ-казеїн*; нерозчинні у молоці.

Оскільки *α-казеїни* та *β-казеїни* сильно фосфорилуються, вони дуже чутливі до концентрації кальцієвих солей – осаджуються за надлишку йонів Ca^{2+} :



к-казеїни

к-казеїни є глікопротеїдами – містять вуглеводну частину, яка заряджена негативно – гідрофільна частина. к-Казеїн має два цистеїни, які можуть утворювати S-S-містки.

У молоці к-казеїн поєднується з α -казеїнами та β -казеїнами з утворенням міцели (рисунок 4.8); не осаджується за присутності йонів Ca^{2+} , захищає інші казеїни від осадження, що робить казеїн більш розчинним.

к-Казеїн містить зв'язок Phe-Met, що легко гідролізується, зокрема хімозином (сичужний фермент).

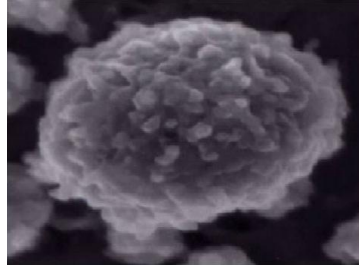


Рисунок 4.8 – Міцела казеїну під електронним мікроскопом

Міцела казеїну утворена декількома сполуками: водою, протеїнами та солями. Будова молекули казеїну наведена на рисунку 4.9. Небілковий компонент міцел включає кальцій (37,5%) і фосфати (50%), так званий кластер фосфату кальцію $\text{Ca}_9(\text{PO}_4)_6$.

Через великі розміри, міцели не вважаються по-справжньому розчинними у воді. Вони досить розсіяні у воді і залишаються підвішеними у формі колоїдної суспензії.

Молекули гідрофільного казеїну (к-казеїни), що мають спорідненість до води, утворюють зовнішню частину міцели (волосиста частина).

Гідрофобні молекули казеїну (α -казеїни та β -казеїни) утворюють внутрішнє ядро міцелової сфери.

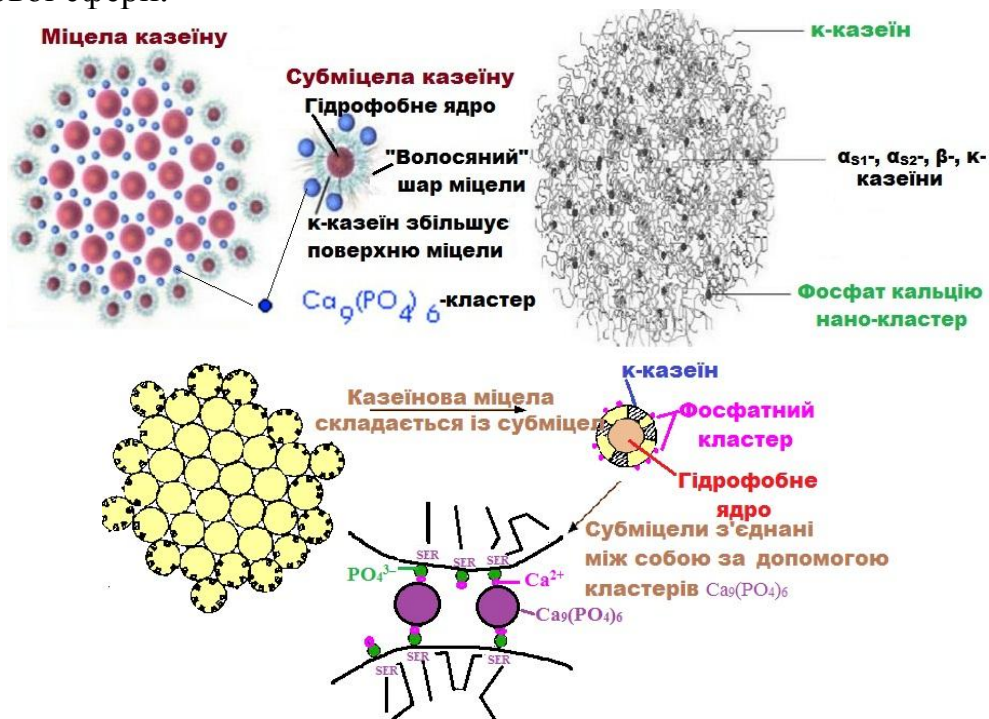


Рисунок 4.9 – Будова міцели казеїну

Агрегація міцел

Казеїн може бути осадженим:

1. За допомогою кислого середовища
2. За допомогою ферментів (ренін)

Міцели мають тенденцію до об'єднання і коагуляції; за нормальних умов це не відбувається з двох причин:

1 – за рН молока 6,6...6,7 поверхні казеїнів заряджена негативно, а частинки з однаковим зарядом відштовхуються;

2 – наявність гідрофільної вуглеводневої частини на С-кінці к-казеїну. Відсутність одного або двох цих факторів призводить до злипання міцел, а потім і до їх коагуляції

Коли рН досягає величини 4,6 (ізотонічна точка казеїну) міцели втрачають негативний заряд і стають нейтральними; втративши здатність до електростатичного відштовхування, коагулюють (рисунок 4.10).

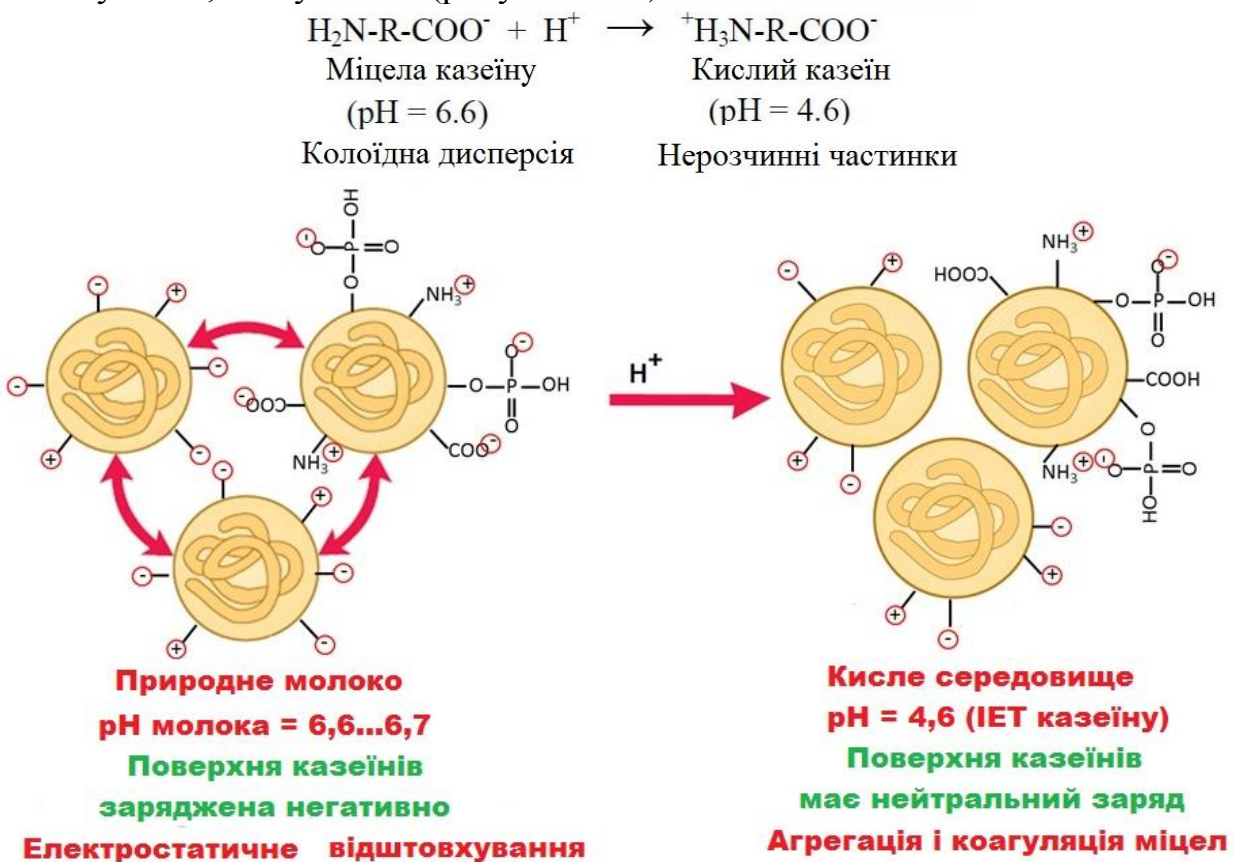
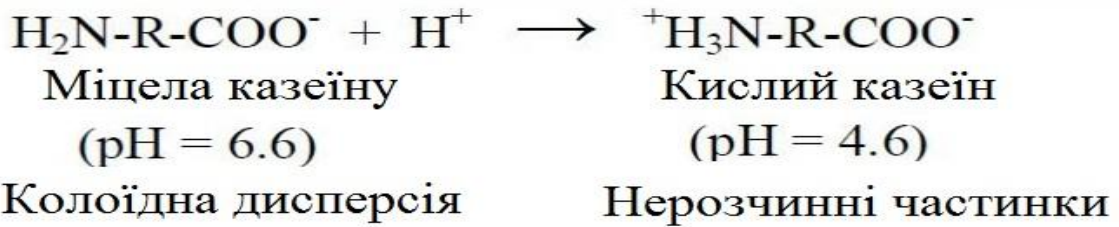


Рисунок 4.10 – Коагуляція казеїну в кислому середовищі

Осадження казеїну соляною кислотою

Соляна кислота, разом зі зниженням рН середовища призводить до підвищення розчинності мінералів, тому органічний Са-Р, що містяться в міцелі, починає розчинятися у водній фазі.

Підкислення молока призводить до дестабілізації міцел казеїну та агрегації через зменшення електростатичних взаємодій в їх ізоелектричній точці (рН 4,6).



Ферментативне осадження казеїну

Для ферментативного осадження казеїну використовують сичужний фермент ренін або хімосин, який додають в молоко за температури 30...37°C.

Ренін (хімосин) фермент: виробляється у шлунку новонароджених жуйних тварин для згортання молока, що сприяє його кращому перетравлюванню. Широко використовується у виробництві сиру.

Ренін розщеплює пептидний зв'язок між Phe 105 і Met 106 у ланцюзі κ-казеїну (рисунок 4.11) внаслідок чого від'єднується його С-кінцева частина (містить вуглевод).

Так як κ-казеїни стабілізують міцели, то після його розщеплення білки казеїну осаджуються під впливом йонів кальцію (рисунок 4.12).

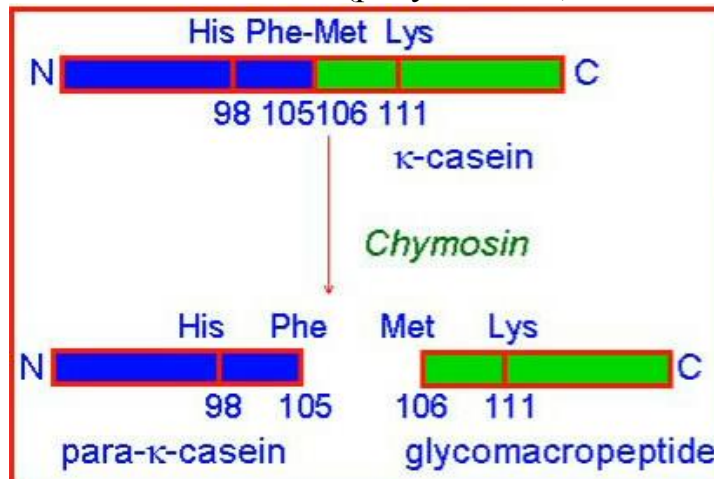


Рисунок 4.11 – Розщеплення ферментом реніном (Chymosin) пептидного зв'язку між Phe 105 і Met 106 у ланцюзі κ-казеїну

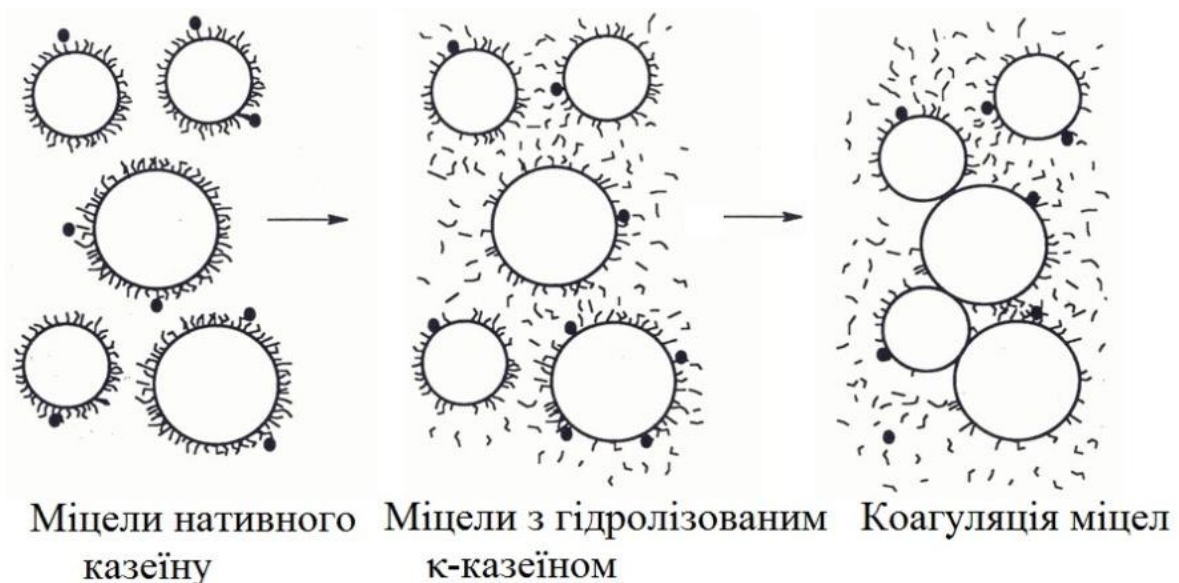


Рисунок 4.12 – Ферментативна коагуляція казеїну

Використання пепсину або мікробних протеаз може призвести до більш високого ступеню гідролізу з утворенням невеликих пептидів з гірким смаком.

Сироваткові білки

Сироваткові білки – це неказеїнові білки (таблиця 4.4), що залишилися в молоці після осадження казеїнів за рН 4,6; вони є гарним джерелом амінокислот, містять Сульфур-вмісні амінокислоти (цистеїн та метіонін): у 8 разів більше, ніж у казеїну; багаті на лейцин, ізолейцин і валін; містять більше лейцину, ніж у казеїні, яйці та соєвому білку.

Сироваткові білки є глобулярними білками з більш високою розчинністю у воді, ніж казеїн. Вони мають низьку термостійкість і тому можуть коагулювати під дією високих температур. Денатурація збільшує силу утримання води сироватковими білками.

Білки сироватки не коагулюють ні під дією кислоти, ні під дією ферментів, а тільки за підвищення температури.

Нативні сироваткові білки мають гарні гелеутворюючі та піноутворюючі властивості.

Таблиця 4.4 – Неказеїнові білки

| Назва білка | Функція | Конц., мг/л |
|------------------------|-------------------|---------------|
| α -лактальбумін | Синтез лактози | 700 |
| β -лактоглобулін | | 3000 |
| Альбумін | Як альбумін крові | 300 |
| Імуноглобулін | Імунний захист | 600 |
| Лактоферин* | Залізов'язуючий | 18 |
| Церулоплазмін | Сu-носій | Низький вміст |
| Білковий гормон | | ≈ як у крові |
| Інші ферменти | Фактори росту | Низький |

*Лактоферин є одним з компонентів імунної системи організму, бере участь в системі неспецифічного гуморального імунітету, регулює функції імунокомпетентних клітин і є білком гострої фази запалення

β -лактоглобулін

Сироватковий протеїн β -лактоглобулін (β -LG) має високу поживну цінність; серед сироваткових білків його кількість є найбільшою; містить п'ять молекул цистеїну (Cys), тому може утворювати дисульфідні містки з κ -казеїном за термічної обробки; денатурує і випадає в осад за високих температур. β -Лактоглобулін здатний оборотно зв'язуються ретинол й інші неполярні молекули.

Біологічна активність β -лактоглобуліну

β -Лактоглобулін має антимикробні властивості :in vitro, після часткового перетравлювання ендопептидазами підшлункової залози, діє на бактерії, а також інгібує реплікацію ротавірусу залежно від дози.

β -Лактоглобулін проявляє антиканцерогенний ефект, зв'язуючи мутагенні гетероциклічні аміни (ГЦА).

α-лактоальбумін

Сироватковий білок α-лактоальбумін (α-LA) є регулятором синтезу лактози; має високу поживну цінність (містить триптофан (Trp) і цистеїн (Cys)).

α-Лактоальбумін містить 8 залишків цистеїну (Cys), тому утворює міжмолекулярні дисульфідні містки з більшою складністю ніж β-лактоглобулін. Цей білок є більш стійким до теплової денатурації.

Біологічна активність α-лактоальбуміну

α-Лактоальбумін має антиканцерогенні властивості. Так був виявлений складний варіант під назвою "BAMLET" з коров'ячого α-лактоальбуміну, який є смертельним для пухлинних клітин. Він селективно входить до ракових клітин і індукує апоптозис.

α-Лактоальбумін підвищує продуктивність стрес-вразливих людей шляхом збільшення триптофану в мозку та серотоніну; проявляє морфінну активність (заспокійливу); поліпшує сон у людей, що страждають від розладів харчування; є також антигіпертензивним.

Цей білок добре підходить для збагачення молочних сумішей для новонароджених внаслідок великого вмісту незамінних амінокислот. Клінічні випробування молочних сумішей збагачених α-лактоальбуміном продемонстрували антимікробну активність.

Використання сироваткових білків

Сироваткові білки і казеїнати в якості інгредієнтів в продуктах харчування

Сироваткові білки молока (молочна сироватка) є продуктом високої біологічної цінності (GRAS визначає їх як "в цілому визнаний безпечним") і можуть використовуватись для поліпшення функціональних властивостей багатьох харчових продуктів.

Використовуються сироваткові білки в якості гелеутворюючих агентів, емульгаторів, загусників, затверджувачів, піноутворювачів в різних типах сиру, соусах, ковбасах, пудингах.

Використання казеїнатів

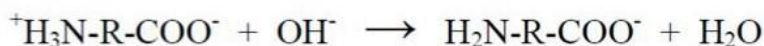
Казеїнати використовуються як:

- вологоутримувачі: в м'ясі, м'ясних виробих, кондитерських виробих, цукерках;
- емульгатори: соуси, плавлений сир, печиво, штучні збиті вершки;
- піноутворювачі: муси, бісквіти, морозиво;
- відбілювачі: супи, соуси, м'ясні продукти.

Виробництво казеїну

Виробництво казеїну відбувається в два етапи:

- 1 – виробництво кислого казеїну шляхом зниження рН за допомогою HCl;
- 2 – одержання казеїнату натрію шляхом додавання розведених лугів.



Кислий казеїн
(рН = 4.6)

Казеїнат
(рН = 6.6)

Нерозчинні частинки

"Розчин" (Na, K, або NH₄⁺-казеїнати)
або колоїдна дисперсія (Ca-казеїнат)

Рівняння реакції нейтралізації кислого казеїну, де R-казеїновий протеїн

Казеїнат натрію

Казеїнат натрію – це порошок, від білого до світло-жовтого кольору, без запаху, без смаку або з незначним своєрідним ароматом та смаком. Легко розчинний у воді. Розчин є нейтральним і дає осаджений казеїн з додаванням кислот.

Казеїнат натрію характеризується такими функціональними властивостями: добре розчинний у воді, в'язкий, має вологоутримуючі, емульгуючі, піноутворюючі властивості.

Що до його токсичності ФАО/ВООЗ (1985) постановила, що немає межі прийнятної добової споживання (ADI). Крім того, FDA також вважає його як і GRAS (загалом визнається безпечним), без токсичності.

Застосовується казеїнат натрію як харчова добавка E469.

Казеїнат натрію має сильну гідрофільність, яка є більшою ніж у казеїну. Використовується в м'ясних виробках, бульйонах, морозиві, бісквітах, хлібі, локшині та інших зернових продуктах.

Як харчові добавки казеїнати використовуються в м'ясній, хлібопекарській та кондитерській промисловості для:

- поліпшення харчових властивостей, продукту, смаку і запаху;
- збільшення термінів зберігання;
- збагачення продуктів органічними амінокислотами. Використовуються в.

У м'ясних продуктах (ковбасах), казеїнат використовується для рівномірного розподілу жиру, а також підвищення адгезійної властивості м'яса. Дозування в ковбасі становить 0,2%...0,3%. У рибному фарші – для покращення еластичності.

У хлібі, печінці та локшинах доза становить 0,2...0,5%; В кондитерських виробках, пончиках та шоколаді – 0,59%...5,0%, а в коктейлях з молока – 0,2%...0,39%.

Засвоюваність білків молока

Казеїни добре засвоюються в кишечнику і є високоякісним джерелом амінокислот.

Більшість сироваткових білків відносно менш засвоюється в кишечнику.

У випадку неповного перетравлення основного сироваткового білка в кишечнику, його інтактна частина може стимулювати локалізовану кишкову мікрофлору або системну імунну відповідь – алергію на білки, вважається, що викликана β-лактоглобуліном (сироватковим білком).

4.3. Білки яйця

Білок яйця – це концентрований розчин (золь) протеїну у воді, безбарвний, без смаку, має лужну реакція з рН від 7,6...7,9 до 9,7.

Складається з трьох окремих шарів (рисунок 4.13):

- зовнішній шар, в контакт з мембраною, рідкої консистенції;
- проміжний шар, більш щільний
- внутрішній шар, що прилягає до жовтка, теж рідкої консистенції.

Таке розшарування білка характерне тільки для свіжих яєць.



Рисунок 4.13 – Будова яйця

Білки яєчного білка згруповані в три основні класи та виробляються альбуміногенними залозами яйцеводу (рисунок 4.14):

Альбуміни (овальбумін А1 і А2 і кональбумін);

Глобуліни (овоглобулін, лізоцим G2 і G3);

Глікопротеїди (овомукоїд, овомуцин, авідін).

| Білки | Вміст% |
|---------------|------------|
| Овальбумін | 54 |
| Кональбумін | 12 |
| Овомукоїд | 11 |
| Овоглобулін | 8 |
| Лізоцим | 3,4 |
| Овомуцин | 3,5 |
| Флавопротеїни | 0,8 |
| Авідін | 0,05...0,8 |



Рисунок 4.14 – Схема класифікації білків яйця

Особливості білків яйця: амінокислотний склад наближений до ідеального білка; коагулюють за температури 60...70°C

Овоальбумін класифікується як фосфоглікопротеїд, оскільки вуглеводні та фосфатні фрагменти приєднуються до поліпептиду; складається з трьох компонентів, А1, А2 і А3, які відрізняються вмістом фосфору: А1 має два фосфати на молекулу, А2 – один, А3 – жодного.

Овоальбумін має високу біологічну цінність, багатий на Сульфур-вмісні НАК лейцин (Leu) та ізолейцин(Іе). Один з небагатьох чистих білків, які повністю відповідають потребам людини в незамінних амінокислотах.

Під час зберігання овоальбумін перетворюється на S-овоальбумін – більш термостабільний; легко денатурується під час струшування.

У очищеній кристалічній формі овоальбумін використовується як стандарт у дослідженнях складу, фізичних властивостей, і структури білків.

Овотрансферин або Кональбумін – мономерний глікопротеїд, що складається з одного поліпептидного ланцюга, кислий, багатий на лізин (Lys) і тирозин (Tyr). Він є фіксатором заліза: транспортує залізо у розчинній формі до клітин. Овоальбумін має антивірусну та антибактеріальну активність.

Овоальбумін і кональбумін денатурують за температури 60°C, відповідальні за формування згустку – білого гелю.

Овоглобулін – кислий глікопротеїд, потужний піноутворювач.

Лізоцим – маленький простий білок глобулін, з позитивним зарядом, багатий на Сульфур-вмісні амінокислоти; потужний піноутворювач; денатурує за 63°C протягом 10 хв; має ферментативну активність – гідролізує полісахаридні стінки бактеріальних клітин, і таким чином проявляє антимікробну активність. Активність лізоциму зменшується з часом (через 45 днів на 20 %) за рахунок утворення комплексу з овомуцином.

Завдяки своєму відносно високому позитивному заряду електростатично взаємодіє з негативно зарядженими білками

Овомукоїд – глікопротеїд (25% вуглеводів) кислий, багатий на Сульфур-вмісні амінокислоти. Інгібує фермент підшлункової залози – трипсин.

Овомуцин – кислий глікопротеїд, має негативний заряд, розташований в щільному (проміжному) шарі; функціональні властивості: гарний піноутворювач та емульгатор; відповідає за гелеві характеристики яєчного білка.

Овомуцин взаємодіє з лізоцимом у яйці, що сприяє розрідженню яєчного білка. Взаємодіє також із позитивно зарядженим альбуміном і глобулінами пшениці, що впливає на розпушення кондитерських виробів (торти, бісквіти).

Авідин – основний глікопротеїд, містить валін (Val). Пригнічує засвоєння вітаміну B8 (біотину або вітаміну H)

Алергенні властивості білків яйця

Більшість білків, що мають алергенні властивості знаходяться в яєчному білку.

Овомукоїд може викликати серйозні алергічні реакції, як на сире яйце, так і на продукти, до складу яких він входить. Алергічні реакції можливі у людей чутливих до цього білка.

У двох третинах випадків алергія виникає в ранньому дитинстві і зникає з роками, але може зберегтись на все життя.

Овальбумін відповідає за важкі алергічні реакції у випадку споживання яйця в сирому вигляді.

Овомукоїд може викликати реакцію як на варене, так і на сире яйце, алергія може зберігатися протягом всього життя.

Лізоцим є невеликою молекулою, термостійкий за теплової обробки за температури 80°C протягом 2 хвилин, може бути інактивованим за більш низьких температур і за високих значень рН.

Лізоцим є найслабшим алергеном, але, так як у випадку потрапляння його в якості добавки в продуктах харчування, фармацевтичні препарати і промислові

товари (прихований алерген), може викликати побічні реакції у сенсibilізованих осіб.

Жовток

Жовток є емульсією ліпідів, з'єднаних з білками у воді. Вміст білків 15-16%. Комплекс білкової суміші, що містить глікопротеїди, фосфоглікопротеїди, ліпопротеїди та фосфоглікопопротеїди.

Відокремлений від білка жовтковою мембраною, що складається з 2-х концентричних шарів: білий (багатий на ліпіди) жовтий (багатий на білки)

Вміст протеїнів і ліпопротеїдів у жовтку 50 %

Протеїни жовтка – ліповітелін (40%) ліветин (15%) фосвітин (13,4%)

Білки жовтка мають збалансований амінокислотний склад.

Ліповітелін найкраще засвоюється організмом, має ідеальне співвідношення НАК. Ліпідна частина білка представлена фосфоліпідом – джерело органічного фосфору.

Технологічні перетворення білків яйця

Фосфоропропротеїни жовтка – вітелін, ліветин і фосвітин – містять різну кількість фосфору і є добрими емульгаторами, що дозволяє використовувати їх під час виготовлення майонезу. Яйця містять також білки, які є антиферментами і гальмують харчове травлення. Під час теплової обробки антиферменти руйнуються й яйця засвоюються краще. І білок і жовток – концентровані золі. Під час нагрівання білки яєць денатурують, а потім зсідуються. Зсідання яєчного білка починається за температури 50...55°C. Спочатку з'являється поступове помутніння, за 65°C білок густішає і за 75°C перетворюється в непрозору білу драглеподібну масу ніжної консистенції. За температури 80°C утворюється гель, що зберігає форму, за подальшого нагрівання він стає все більш щільним. Жовток починає густішати за вищої температури (70°C). Ціле розмішане яйце густішає за тієї самої температури, що і жовток. Для деяких кулінарних виробів (омлетів) яйце розводять водою або молоком. Розведене яйце дає під час зсідання гель більш ніжної консистенції, ніж натуральне. Додавання цукру до яєць підвищує температуру зсідання.

4.4 Білки риби

Білки м'язової тканини риб мало чим відрізняються від білків м'яса теплокровних тварин. Так само, як і білки м'яса тварин, вони складаються з нерозчинних глобулінів (іхтулін риб – аналог міозину – білка м'яса тварин), розчинних у воді альбумінів та деякої кількості складних фосфоровмісних білків – нуклеопропротеїдів. У саркоплазмі міститься 20...30% загального білка м'язової тканини. У скорочувальному апараті 65...75% білку, в сполучній тканині кісткових риб – 3%, а у хрящових, таких як акули і скати – до 10%.

Сполучнотканинні білки зовсім не містять еластину і складаються в основному з колагену, який швидко перетворюється під час нагрівання за температури 45°C в глютин, желатин. Перетворення колагену в глютин супроводжується різким зниженням міцності тканин, в результаті чого риба, що була піддана тепловій обробці, легко розжовується. У м'язовій тканини риб кількість сполучної тканини становить 0,6...3,5%, з чого можна зробити висновок, що м'ясо риб містить приблизно в 5 разів менше сполучної тканини, ніж м'ясо

теплокровних тварин. Ці два фактори роблять рибне м'ясо більш ніжним, ніж м'ясо ссавців.

Пігменти зосереджені в темних м'язах. Наприклад, в темних м'язах скумбрії міститься 3,9 г/кг міоглобіну, 5,8 г/кг гемоглобіну і 0,13 г/кг цитохрому С. Світлі м'язи містять тільки міоглобін і гемоглобін в кількості приблизно 0,1 г/кг.

Білки риби містять всі незамінні амінокислоти в добре збалансованих відношеннях. Амінокислотний склад білків риби відрізняється від амінокислотного складу білків м'яса. Так, у білок м'яса риби містить більше лізину, аланіну, цистеїну і аспаргінової кислоти, решта замінних і незамінних амінокислот у ньому міститься менше, ніж у білку м'яса тварин.

Високий вміст таких кислот як лізин і аргінін, які є ростовими факторами, дозволяє віднести рибу до продуктів, які є абсолютно необхідними в дитячому харчуванні. До переваг білків риби можна віднести високий вміст в них метіоніну і цистеїну, кількість яких сумарно перевищує їх вміст у такому визнаному джерелі цистеїну і метіоніну як сир. Тому м'ясо риби відносять до продуктів, які мають виражені ліпотропні властивості. Ліпотропними називаються речовини, які попереджають ожиріння печінки та приймають участь у нормалізації жирового і пов'язаного з ним холестеринового обміну.

В основі будови м'язової тканини риби також лежать м'язові волокна. Окремі волокна з'єднуються перемізем у зигзагоподібні міокоми. Міокоми за допомогою горизонтальних і вертикальних прошарків (септ) утворюють тіло риби. Септи – це прошарки сполучної тканини між окремими м'язами (рисунок 4.15).

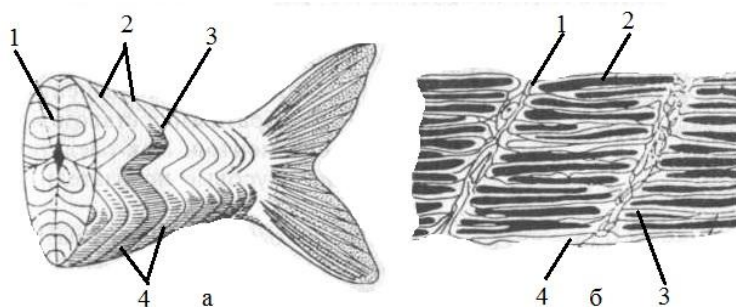


Рисунок 4.15 – Будова м'язів риби:

- а – поперечний розріз: 1 – поздовжні септи; 2 – поперечні септи (міосепти); 3 – м'язові волокна (напрямок їх показано штрихами); 4 – міотоми;
- б – поздовжній розріз: 1 – поперечна септа; 2 – м'язове волокно; 3 – перимізій; 4 – кровоносні і лімфатичні судини

Будову м'язової тканини добре видно у звареної риби, в якій після розм'якшення сполучної тканини добре розділяються міокоми. В м'язових волокнах тканини риб немає білка міоглобіну. Більшість білків риби повноцінні і легко засвоюються організмом. Білки м'язової тканини риби змінюються так само, як білки м'яса, але процес згортання білків риби закінчується за температури 75°C. Сполучна тканина риби майже повністю складається із колагену і не має еластину.

Зварювання колагенових волокон шкіри риби викликає деформацію шматків під час теплової обробки. Тому під час виготовлення рибних напівфабрикатів шкіру в декількох місцях перерізають. Зварювання колагенових волокон риби відбувається за нижчої температури (40°C), ніж у м'яса.

Зміна ваги м'яса і риби під час теплової обробки

Денатурація білків призводить до зміни їх колоїдного стану – згортання. Білки переходять у розчин, згортаються й утворюють піну. Під час варіння м'яса і риби ущільнюється білковий гель міофібрил, що призводить до зменшення ваги і об'єму продукту. Кількість води, яка виділяється м'ясом і рибою, залежить від ряду причин: величини шматків, умов нагрівання та ін. Із м'яса і риби переходять в навколишнє середовище разом з водою розчинені білки, мінеральні солі, екстрактивні речовини. Виділення води під час згортання білків м'яса проходить більш інтенсивно за 45...75°C, але продовжується до 100°C. У риб цей процес закінчується за 75°C. Зменшення ваги продукту зумовлюється також витопленням із нього жиру.

Екстрактивні речовини м'яса і риби зумовлюють смак і сокогінну дію бульйонів, тому важливим є режим варіння, за якого найбільша кількість цих речовин переходить в розчин. Є два основні прийоми варіння м'яса для одержання бульйонів і для других відварних страв. Для бульйону м'ясо заливають холодною водою, нагрівають до кипіння і варять за слабого кипіння. В цьому випадку в розчин переходить більше екстрактивних речовин. Для других страв м'ясо закладають у гарячу воду, доводять до кипіння і варять за температури 85...90°C. В такому випадку білки утримують більше вологи, менше екстрактивних речовин і білків переходить у розчин. М'ясо стає більш ніжним, соковитим, смачним. Втрати сухих речовин м'яса в середньому становлять 1,5...3% від ваги м'яса. Кількість речовин, що переходить у розчин, залежить від величини шматків, виду м'яса, частин туші. Під час смаження втрачається значно менше поживних речовин, ніж під час варіння, оскільки частина води випаровується з поверхні, а розчинені в ній речовини залишаються і частина з них переходить у м'ясний сік. Вироби, поміщені для смаження в добре розігрітий жир, втрачають менше поживних речовин, менше з них виходить соку і вони стають більш соковитими.

4.5 Нові форми білкової їжі

Основним напрямом науково-технічного прогресу в галузі виробництва продовольства є інтенсифікація процесів приготування їжі з одночасним наданням їй комплексу властивостей, що відповідають вимогам науки про здорове харчування. Нові харчові виробництва в якості пріоритетних включають технології отримання білкових продуктів.

Об'єктивними причинами створення принципово нових технологій отримання білкових компонентів їжі наступні:

- зростання чисельності населення;
- усвідомлення того, що ресурси планети не є безмежними;
- необхідність випуску харчових продуктів із складом, що відповідає сучасному способу життя.

До потенційних сировинних джерел відносять:

- зернобобові (соя, горох, сочевиця та ін.);
- хлібні і круп'яні культури (пшениця, жито, овес та ін.);
- олійні (соняшник, льон, рапс та ін.);
- вегетативна маса рослин (люцерна, конюшина та ін.);
- продукти переробки фруктів і ягід (кісточки абрикос, сливи і т.п.);

– кедрові й інші горіхи.

Традиційною для виробництва білкових продуктів є соя і пшениця.

Характерною особливістю нових харчових технологій є застосування комплексної переробки продовольчої сировини, що дозволяє використати величезні потенційні ресурси білку і інших нутрієнтів.

Нові продукти харчування, що отримуються на основі грубих білкових фракцій продовольчої сировини, прийнято в науковій літературі називати *новими формами їжі*, а також текстурованими, структурованими і штучними харчовими продуктами.

Основними завданнями технології виробництва харчового білку є:

– вилучення його з сировини з максимальним виходом за мінімальних витрат і втрат інших цінних компонентів;

– мінімальні зміни функціональних властивостей білку або спрямована зміна у бажаний бік;

– збереження біологічної, харчової цінності білку;

– необхідний ступінь відділення і дезактивація небажаних домішок.

– харчові білки виготовляють у вигляді *трьох основних типів* продуктів, які відрізняються за вмістом білку і його фракційним складом.

Перший тип – *крупна і борошно* – містить 50% білку (знежирене борошно бобів, сої, інших культур). Різні види борошна розрізняють за вмістом жиру, розміром частинок, ступенем теплової обробки.

Другий тип – *концентрати*, зі вмістом білку 70...75% на суху речовину.

Третій тип – *ізоляти* – найбільш дорогий і стандартний тип білкових продуктів, вміст 90% білка і більше.

Концентрати і ізоляти білку практично повністю використовуються в харчових цілях.

Усі три основні типи харчових білків (чи білкових продуктів) виготовляються у вигляді широкого набору модифікацій, які розрізняються за функціональними властивостями.

Широке застосування в харчовій промисловості отримали білкові продукти з соєвих бобів (знежирене соєве борошно, соєві концентрати, соєве молоко і тому подібне, ізоляти – соєвий сир), що мають високі функціональні властивості.

Для інших рослинних білків ще недостатньо розроблені технології отримання білкових продуктів, придатних в їжу.

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте склад і властивості білків м'яса.
2. Які зміни відбуваються з білками м'яса в ході технологічного процесу?
3. Охарактеризуйте склад і властивості білків молока.
4. Охарактеризуйте склад і властивості білків яєць.
5. Як впливає тепла обробка на білки яєць?
6. Охарактеризуйте склад і властивості білків риби.
7. В чому перевага м'яса риби над м'ясом тварин?
8. Які соєві білкові продукти представлені на сучасному ринку?
9. Що є соєвими білковими концентратами? Соєві білкові ізоляти?
10. Яке призначення текстурованих соєвих білкових продуктів?

ЛЕКЦІЯ 5. ЛІПІДИ

План

- 5.1 Визначення, класифікація ліпідів та їх значення у харчуванні людини
- 5.2 Гліцериди. Жирні кислоти у складі гліцеридів та їх характеристика
- 5.3 Речовини супутні гліцеридам
- 5.4 Харчові жири та їх класифікація
- 5.5 Технологічні функції жирів в хлібобулочних виробках
- 5.6 Біохімічні та фізико-хімічні перетворення жирів під час переробки та зберігання

5.1 Визначення, класифікація ліпідів та їх значення у харчуванні людини

Ліпіди є одними з основних компонентів харчових продуктів, і їх роль у харчуванні людини є однією з найважливіших проблем, що викликають занепокоєння у галузі харчової науки і нутріціології. Цікаво, однак, ліпіди – це такий різноманітний асортимент сполук, що не існує жодного узгодженого визначення. Основним критерієм включення в цю групу сполук є їх гідрофобність, а не їх хімічні властивості.

Ліпіди, як правило, визначаються як природні сполуки, що містять зв'язані жирні кислоти, які містять більше трьох атомів вуглецю в молекулі. Це визначення використовується більшістю біологічно орієнтованих спеціалістів.

Ліпіди – це органічні сполуки, що за хімічним складом є похідними жирних кислоти, спиртів, альдегідів, побудованих за допомогою етерного, естерного та глікозидного зв'язків, спільними властивостями яких є нерозчинність у воді і розчинність в органічних розчинниках.

Класифікація ліпідів за будовою наведена на схемі рисунку 5.1.

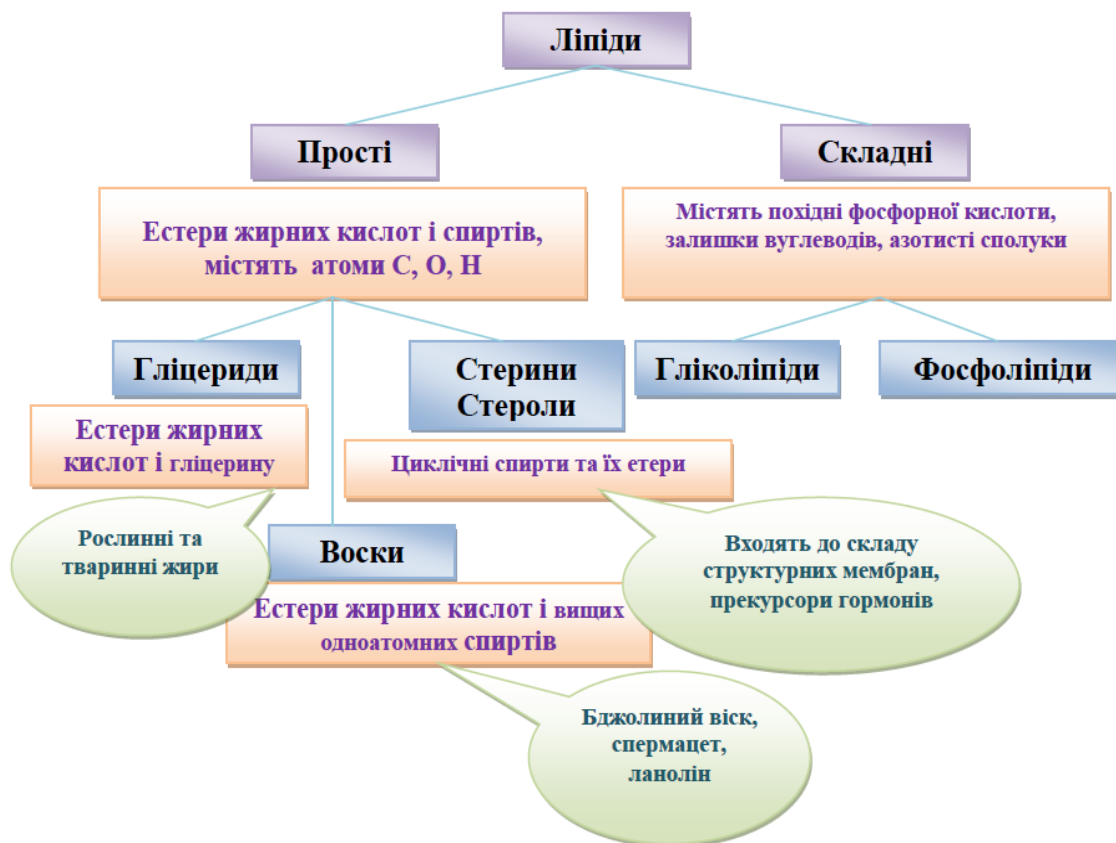


Рисунок 5.1 – Класифікація ліпідів за будовою

Значення ліпідів:

Джерело енергії (37 кДж/г або 9 ккал/г)

Адсорбенти жиророзчинних вітамінів (А, D, Е, К)

Джерела ненасичених жирних кислот, що мають біологічну активність (лінолева, ліноленова)

Відповідальні за органолептичні властивості харчових продуктів

5.2 Гліцериди. Жирні кислоти у складі гліцеридів та їх характеристика

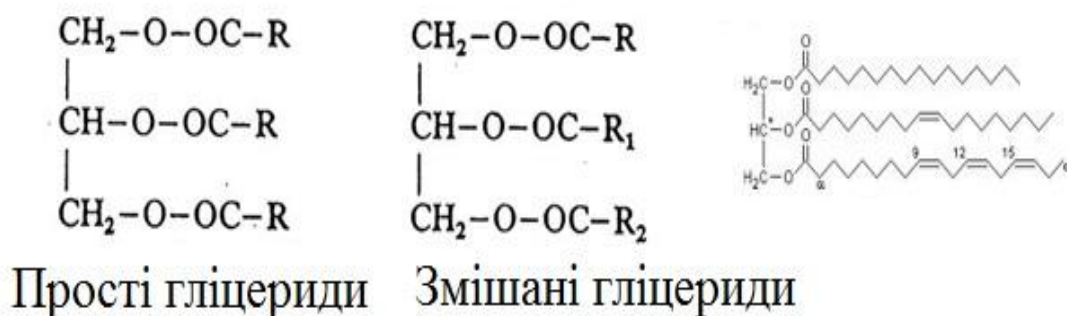
Гліцериди (або ацилгліцериди) – це естери гліцерину і вищих карбонових кислот.

Вони складають основну масу ліпідів (іноді до 95%) і, по суті, саме їх називають жирами або оліями.

Залежно від ступеня заміщеності утворюють моно-, ди- і тригліцериди.



Тріацилгліцерини (ТАГ) або тригліцериди, молекули яких містять однакові залишки жирних кислот, називаються *простими*, а ті, які містять різні залишки – *змішаними*. Природні жири і олії містять, головним чином, змішані ТАГ.



Молекули тригліцеридів харчових жирів містять жирні кислоти різної довжини і ступеня насиченості.

За довжиною ланцюга жирні кислоти поділяються на:

Коротколанцюгові – $1 \leq C \leq 6$

Середньоланцюгові – $8 \leq C \leq 12$

Довголанцюгові – $14 \leq C < 18$

Серед довголанцюгових виділяють також

Кислоти з дуже довгим ланцюгом $20 \leq C < 26$

Кислоти з ультра довгим ланцюгом $28 \leq C < 38$

Коротко-
ланцюгові

$1 \leq C \leq 6$

Масляна (C 4:0)

Капронова (C 6:0)

Капрілова (C 8:0)

Капрінова (C 10:0)

Молочні жири

Переважно молочні жири і деякі рослинні олії (кокосова, пальмова, соєва, ріпакова)

Кокосова і пальмоядрова олії, олія насіння лавру

Всі олії і тваринні жири, молоко (8...12%), кокос і пальма (15...30%), Мускатникові (мускатний горіх 70...80%)

Середньо-
ланцюгові

$8 \leq C \leq 14$

Лауринова (C 12:0)

Міристинова (C 14:0)



Пальмітинова (C 16:0)

Всі олії і тваринні жири, яловичий, баранячий і смалець (25...30%), пальмова олія (30...50%), какао-масло (25%)

Довго-
ланцюгові

$14 \leq C < 18$

Стеаринова (C 18:0)

Всі олії і тваринні жири, яловичий, баранячий (20%), смалець (10%), какао (35%), олії (1...5%)

Арахінова (C 20:0)

Всі олії і тваринні жири в обмеженій кількості, тільки в арахісовій олії 1...2%



| | | |
|---|------------------|--|
| Кислоти з дуже довгим ланцюгом | $20 \geq C < 26$ | Бегенова (C 22:0) |
| Кислоти з ультра довгим ланцюгом | $28 \geq C < 38$ | Лігноцерина (C 24:0) Церотинова (C 26:0) Монтанова (C 28:0) Мелісова (C 30:0) |

Всі олії і тваринні жири в обмеженій кількості, тільки в арахісовій олії 1...2%, присутня в олії хрестоцвітих

Всі олії і тваринні жири в обмеженій кількості, тільки в арахісовій олії 1...2% Бджолиний та карнаубський віск, ланолін

Рослинний і тваринний віск

Рослинний і тваринний віск



Бджолиний віск



Карнаубський віск

Жирні кислоти з $C > 20$ вважаються антиаліментарними. Чим довший ланцюг кислоти, тим гірше метаболізується кислота в організмі людини, кислоти з $C > 20$ не метаболізуються в мітохондріях, а тільки в пероксисомах – мембранні міхурці, що містять ферменти, необхідні для окиснення цих кислот. Накопичення цих кислот в пероксисомах пов'язують з погіршенням передачі імпульсів нервовими клітинами.

Довжина ланцюга визначає температуру плавлення жиру, а отже впливає і на фізичні властивості продукту: чим довший ланцюг, тим вищою є температура плавлення жиру.

За ступенем ненасиченості жирні кислоти поділяються на насичені і ненасичені жирні кислоти (рисунок 5.2).

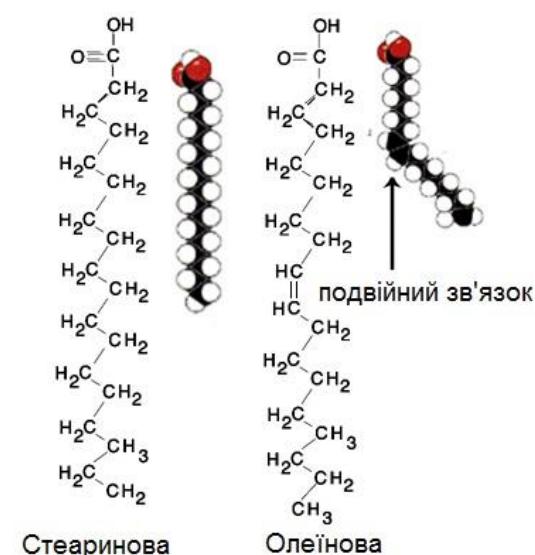


Рисунок 5.2 – Просторова конфігурація насиченої і ненасиченої жирної кислоти

температури плавлення (-20...0°C), рідкий стан за 18°C (рисунок 5.3).

Насичені жирні кислоти – кислоти, у яких подвійні зв'язки у вуглецевому ланцюзі відсутні (наприклад, каприлова (C 8:0), пальмітинова (C 16:0), стеаринова C (18:0) кислота); містяться як у тваринних, так і рослинних жирах. Високий їх вміст у жирі визначає високу температуру плавлення (44...75°C), твердий стан за 18°C (рисунок 5.3).

Надмірне споживання жирів з високим вмістом насичених жирних кислот підвищує рівень холестерину в крові. Причому, **лауринова (C 12), міристинова (C14) і пальмітинова (C 16) підвищують рівень холестерину**, тоді як стеаринова (C 18) – ні.

Ненасичені жирні кислоти – кислоти, у яких у вуглецевому ланцюзі присутні подвійні зв'язки. Високий їх вміст у жирі визначає низькі



Рисунок 5.3 – Порівняльна характеристика властивостей твердих і рідких жирів

Вміст деяких насичених жирних кислот у рослинних і тваринних жирах наведений на рисунку 5.4.



Рисунок 5.4 Жирнокислотний склад деяких тваринних і рослинних жирів

Характеристика деяких насичених жирних кислот

Середньооланцюгові жирні кислоти (C8...C12) присутні, як правило, як незначні компоненти, у триацилгліцеридах молочного жиру. Вони не зустрічаються в більшості рослинних олій, за деякими винятками. Високий вміст цих жирних кислот, особливо **лауринової кислоти (C 12:0)**, в суміші з іншими кислотами, міститься в пальмовій олії (пальми родини Агесасеае), кокосовій, пальмовядровій (palm kernel oil) та в олії з насіння лаврових (родина Лаврових – Lauraceae). Кокосову олію одержують із насіння (ядра) кокосових горіхів.

Міристинова кислота (C 14:0) є звичайним ліпідним компонентом більшості живих організмів, як правило, становить близько 1...2% загальної кількості жирних кислот і присутня у більш високих кількостях у молочному жирі (10%) та кокосовій і пальмовій олії (14...21%).

Жир сільськогосподарських тварин, особливо свиней та жуйних, містить довголанцюгові насичені жирні кислоти, пальмітинову та стеаринову кислоту. Вміст цих жирних кислот є нижчим в депозитарному жирі комерційно вирощених птахів.

Пальмітинова кислота – найпоширеніша насичена жирна кислота. Її вміст у коров'ячому молоці становить від 26 до 41%, а в грудному молоці – від 6,1 до 12,1%.

Більшість ліпідів тваринних тканин містять 20...30% пальмітинової кислоти; її вміст в насінневих рослинних оліях становить 5...30%, а в пальмовій олії досягає 40% і більше.

Олія, як вилучається з м'якоті (мезокарпа) плодів пальми називається пальмовою олією, вона має зовсім інший склад, ніж олія, одержана з ядра (ендосперму) плодів пальми (рисунок 5.5). Її фракції (пальмолеїн і пальмостеарин) є комерційно доступними і часто додаються до харчових продуктів.



Кисті з плодами пальми

Фрукт пальми (кістянка)

Шкірка (перикарп)

М'якоть (мезокарп)

з якої одержують
пальмову олію

Насінина (ядро)

з якої одержують
пальмоядрову олію

М'якоть :

- 85-92% від маси плоду
- 49% вмісту олії
- Олія, що містить переважно С:16 і С:18 жирні кислоти
- Олію, одержують пресуванням, вибілюють, рафінують

Ядро :

- 5-8% від маси плоду
- 50% вмісту олії
- Олія, що містить переважно С:12 і С:14 жирні кислоти
- Олію, одержують пресуванням, вибілюють, рафінують

Рисунок 5.5 – Плоди пальми

Стеаринова кислота в найбільших кількостях міститься в жирі жуйних тварин (молочний жир, і яловичий жир). У рослинних оліях її найвищі концентрації зустрічаються в какао-маслі та маслі ши⁵, і у шортенінгу⁶. У оліях із ядер горіхів стеаринова кислота може складати до 80% загальної кількості жирних кислот.

⁵ Ши – невелике тропічне африканське дерево, яке дає маслянисті горіхи, з яких одержують масло твердої консистенції за кімнатної температури. За традицією новонароджених дітей повітуха вимазувала в масло ши.

⁶ Шортенінг (від англ. shorten – той, що робить розсипчастим) – кондитерський жир (або кулінарний жир) – харчовий жир, одержаний шляхом часткової гідрогенізації сумішей рослинних олій, або рослинних і тваринних (китовий, свинячий або яловичий жир); використовується для кондитерських виробів або хліба.

Арахінова кислота та інші дуже довголанцюгові жирні кислоти (бегенова та лігноцеринова), як правило, присутні у вигляді слідів у тваринних жирах; лише в деяких оліях вони зустрічаються у відносно високих концентраціях.

Наприклад, арахісова олія містить 5...7% кислот C20...C24, з яких арахінова кислота становить близько третини. Близько 2% бегенової кислоти міститься в олії канола. Ці і вищі жирні кислоти знаходяться у більших кількостях у восках.

Насичені жирні кислоти з **непарною кількістю атомів вуглецю** (C13...C25) відносно рідкісні і зустрічаються лише у вигляді слідів в тріацилгліцеридах, наприклад, у молоці ссавців.

Таблиця 5.1 – Вміст насичених, моно- та полієнових жирних кислот в деяких жирах та оліях (% від загальної кількості жирних кислот)

| Тип жиру | Жирні кислоти | | | Тип жиру | Жирні кислоти | | |
|----------------------|---------------|-------------|---------|-----------------------|---------------|---------|---------|
| | Насичені | Моноен и | Полієни | | Насичені | Моноєни | Полієни |
| Яловичий жир | 47...86 | 40...60 | 1...5 | Оливкова олія | 8...26 | 54...87 | 4...22 |
| Свиняче сало | 25...70 | 37...68 | 4...18 | Рисова олія | 19...35 | 42...50 | 16...37 |
| Курячий жир | 27...30 | 42...47 | 20...24 | Бавовникова олія | 24...33 | 15...23 | 46...59 |
| Молочний жир | 53...72 | 26...42 | 2...6 | Олія зародків пшениці | 12...24 | 24...42 | 40...62 |
| Короп жирний | 22...25 | 46...50 | 23...28 | Соева олія | 14...20 | 18...26 | 55...68 |
| Масло печінки тріски | 14...25 | 35...68 | 20...45 | Соняшникова олія | 9-17 | 13...41 | 42...74 |
| Оселедець | 17...29 | 36...77 | 10...24 | Сезамова олія | 13...18 | 36...44 | 42...48 |
| Кокосова олія | 88...94 | 5...9 | 1...2 | Сафлорова олія | 7...13 | 8...23 | 68...84 |
| Олія пальмового ядра | 75...86 | 12...20 | 2...4 | Арахісова олія | 14...28 | 40...68 | 15...45 |
| Пальмова олія | 44...56 | 36...42 | 9...13 | Ріпакова олія | 5...10 | 52...76 | 22...40 |
| Какао масло | 58...65 | 33...36 | 2...4 | Ляна олія | 10...12 | 18...22 | 66...72 |

Ненасичені жирні кислоти поділяються за ступенем ненасиченості (кількістю подвійних зв'язків) на:

– *мононенасичені* (MUFA: Mono Unsaturated Fatty Acid) – кислоти, у вуглецевому ланцюзі яких присутній один подвійний зв'язок (наприклад, олеїнова (C 18:1), гадолеїнова (C 20:1), ерукова (C 22:1));

– *поліненасичені* (PUFA: Poli Unsaturated Fatty Acid) – кислоти, у вуглецевому ланцюзі яких присутній **більш ніж один** подвійний зв'язок (наприклад, ліолева (C 18:2), ліноленова (C 18:3), арахідонова C 20:4) кислота).

Структурні формули та просторова будова деяких ненасичених кислот показана на рисунку 5.6.

Утворення назв омега-3, омега-6 та омега-9 жирних кислот показана на рисунку 5.8.



Рисунок 5.8 – Утворення назв омега-3, омега-6 та омега-9 жирних кислот

Найбільш поширеними жирними кислотами є моноенові та поліенові жирні кислоти з 16...18 атомами вуглецю. Вміст ненасичених жирних кислот у жирах та маслах коливається в широкому діапазоні: від більш ніж 90% загальної кількості жирних кислот у ріпаковій олії до менше 10% у кокосовій олії. Ненасичені жирні кислоти в тваринних жирах зустрічаються в набагато меншому діапазоні концентрацій, як правило, від 50 до 70%. Єдиним винятком є риб'ячий жир, оскільки він містить жирні кислоти з 20...22 атомами Карбону та 4-6 подвійними зв'язками. Жир прісноводної риби у складі відрізняється від жирнокислотного складу у жирі морських риб. В організмі риб ці жири не синтезуються а потрапляють разом із їжею (вони присутні в планктоні, наприклад, у ракоподібних та водоростях). Тому водні ссавці (такі як кити), що харчуються невеликими ракоподібними, мають схожий склад жирних кислот з рибами. У складі ненасичених жирних кислот у рослинах набагато більше різноманітності, ніж у тварин.

Олії поділяються на групи відповідно до їх складових жирних кислот:

– олії з насіння пальмових культур, які в основному містять невелику кількість олеїнової кислоти та лише сліди поліненасичених жирних; типовими прикладами є олія кокосового горіха та пальмоядрова.

– олії рослини, у яких вміст ненасичених жирних кислот подібний до вмісту їх тваринних жирів і складається головним чином з олеїнової кислоти. Типовим прикладом є какао-масло (сьогодні існують заперечення щодо терміну рослинного масла, оскільки його можна сплутати із маслом корів).

– олії з переважно олеїною кислотою та невеликими кількостями поліненасичених жирних кислот; найбільш поширеним представником є оливкове масло.

Сьогодні вирощується ряд гібридних сортів рослин жирокислотний склад насіння яких подібний до складу оливкової олії (негібридні сорти цих рослин характеризується високим вмістом омега 6 кислоти – лінолевої). Наприклад, соняшник (його гібрид – високоолеїновий соняшник), сафлор та арахісове масло;

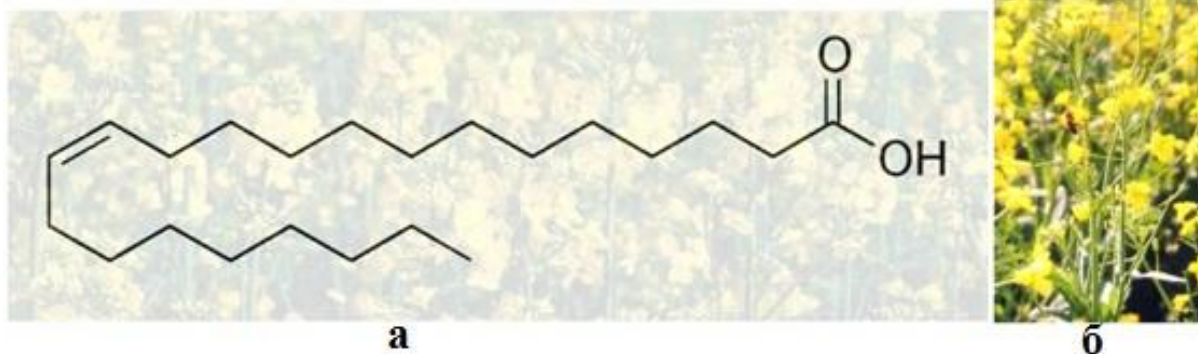
– олії з середнім вмістом лінолевої кислоти, але не містять ліноленову кислоту; Ці олії включають традиційне арахісову олію.

– олії з високим вмістом лінолевої кислоти, але не містять ліноленову кислоту, такі як традиційні соняшникова, бавовняна, сафлорова, макова, кунжутна олія.

– олії з середнім вмісту ліноленової кислоти, такі як соєва та ріпакова олії; ця група також включає олії з насіння рослин Brassica, які спочатку містили ерукову кислоту; лляна олія – це традиційна олія, багата ліноленовою кислотою.

– олії, що містять деякі специфічні жирні кислоти, такі як гамма-ліноленова кислоти, наприклад олія з насіння енотери (ослинник дворічна рослина родини Onothenaceae), бурачник (Boiago лікарський, родина Boraginaceae) і олія насіння зі смородини і агрусу (Ribes spp., Grossulariaceae).

Ерукова кислота (рисунок 5.9) виявлена в насінні хрестоцвітих (Brassicaceae) та рослинах, що належать до родини Tropeolaceae; петроселінова кислота знаходиться в оліях насіння моркви, петрушки та селери.



а – структурна формула ерукової кислоти; б – ріпак – рослина родини хрестоцвітих, олія з насіння яких містить ерукову кислоту

Рисунок 5.9 – Ерукова кислота

Ненасичені жирні кислоти можуть утворювати цис- і транс-ізомери (рисунок 5.10)

Ненасичені жирні кислоти існують у двох ізомерних формах: цис- і транс-, тобто дві молекули, які мають одну і ту ж формулу, але відрізняються за орієнтацією в просторі сусідніх атомів Гідрогену до подвійного зв'язку:

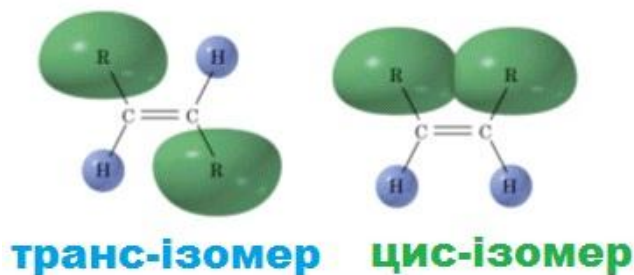


Рисунок 5.10 – Орієнтація в просторі сусідніх атомів Гідрогену до подвійного зв'язку в молекулах цис- і транс-ізомерів

Насичені жирні кислоти і транс-ізомери ненасичених жирних кислот мають аналогічні характеристики, такі як висока температура плавлення в порівнянні з цис-ненасиченими жирними кислотами з однаковим ступенем ненасиченості.

Транс-жирні кислоти, що містяться у харчових продуктах промислового виробництва є ненасиченими жирними кислотами з, щонайменше, одним подвійним зв'язком в транс-конфігурації.

Джерела транс-жирних кислот:

– природні джерела: в невеликих кількостях (5...8% від загальної кількості жиру) в м'ясі, молоці і молочних продуктах жуйних тварин (наприклад, корів, овець

і т.д.), в яких утворюються в рубці в результаті бактеріального гідрування; основна транс-ізомерна кислота – транс-вакценова (C 18:1 Δ11);

– промислові процеси, такі як гідрування і рафінування олій, а також технологічні процеси, пов'язані з нагріванням і смаженням олій за високих температур (рисунок 5.11).

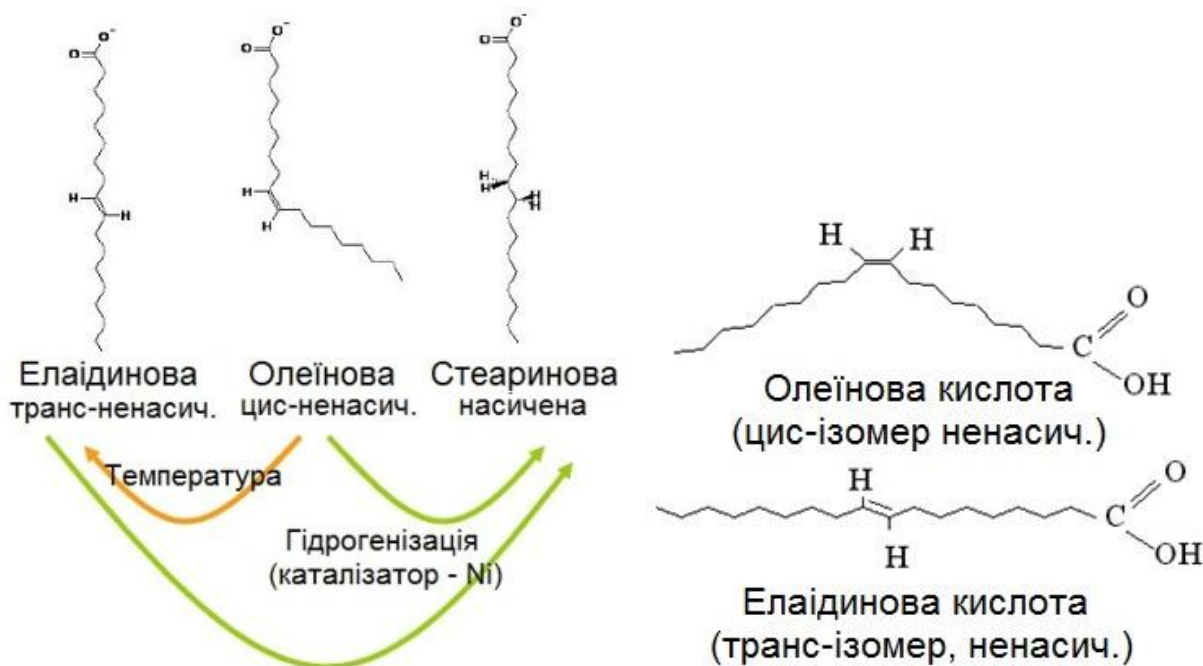


Рисунок 5.11 – утворення транс-ізомерних жирних кислот під час гідрогенізації та рафінуванні рослинних олій

Чому промисловість так широко використовує гідрогенізовані жири?

Гідрогенізовані жири полегшують ведення технологічних процесів, надають кращої текстури готовим виробам, збільшують термін придатності продуктів харчування, в яких вони містяться: маргарини, хлібобулочні вироби, сніданки, картопляні чіпси, кондитерські вироби.

Чи шкідливі транс-ізомери для здоров'я людини?

Споживання продуктів, в яких вміст транс-жирних кислот перевищує 2,5 г, вважаються шкідливими для здоров'я, так як призводять до підвищення рівня холестерину в крові і збільшують ризик серцево-судинних захворювань (ішемічна хвороба серця – погіршення кровопостачання серцевого м'яза, інфаркт, стенокардія).

Які заходи вживаються, щоб зменшити вміст транс-ізомерів в харчових продуктах

– В Україні – жодних. Випуск продуктів з високим вмістом транс-ізомерів набуває все більших обертів

– У деяких країнах Європи (Данія), Канаді та США виробники зобов'язані вказувати на етикетках харчових продуктів вміст транс-ізомерів (рисунок 5.12).



Рисунок 5.12 – Етикетка харчового продукту із зазначенням вмісту транс-ізомерних жирних кислот

– У США з 2017 використання гідрогенізованих жирів у продуктах харчування заборонено законодавчо

– У країнах Європейського союзу з 13/12/2014 на етикетці звикористанням гідрогенізованих жирів має бути вказано "повністю або частково гідрогенізована олія", а також вказувати джерело походження олій, що входять до гідрогенізованої суміші.

Транс-жирні кислоти є ненасиченми жирними кислотами з, щонайменше, одним подвійним зв'язком в транс-конфігурації, які потрапляють у харчові продукти з різних природних джерел або технологічних процесів.

Так, в рубці жуйних тварин (наприклад, корів, овець і т.д.) транс-ізмери жирних кислот утворюються в результаті бактеріального гідрування. Тому транс-жирні кислоти присутні в невеликій кількості в м'ясі, молока і молочних продуктах з цих тварин (5...8% від загальної кількості жиру).

Ненасичені жирні кислоти, які потрапляють в рубець піддаються гідрогенізації під дією декількох бактеріальних штамів; таким чином, більшість з жирних кислот, які досягають дванадцятипалої кишки у жуйних тварин є насиченими, незалежно від ступеня ненасиченості жиру в їжі тварини.

По суті, рубцеві бактерії здатні гідролізувати і гідрогенізувати ненасичені жирні кислоти з утворенням транс-вакценової кислоти (C 18:1 Δ11).

Цікаво відзначити, що депозитарні ліпіди жуйних тварин мають більш стабільний склад жирних кислот і більш насичений по відношенню до більш змінного складу і ненасиченості жирів у тканинах тварин з однокамерним шлунком тварин (птахів і т.д.), які споживають харчові жирні кислоти, не змінюючи їх.

У доповнення до природних способів гідрування, більшість гідрогенізованих жирів, що знаходяться в промислових харчових продуктах утворюються в результаті промислових процесів, такі як гідрування і рафінування олій, що включають фази термічної обробки, як дезодорування та дезодорування теж призводять до утворення транс-конфігурацій жирних кислот.

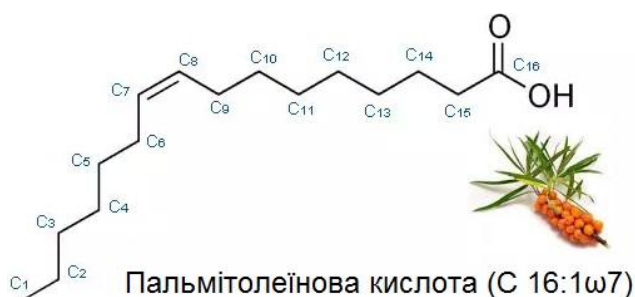
Споживання продуктів, в яких вміст транс-жирних кислот перевищує 2,5 г, вважаються шкідливими для здоров'я, так як збільшують ризик серцево-судинних захворювань. Вміст транс-ізомерних жирних кислот в деяких поширених харчових продуктах наведений в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Вміст транс-ізомерних жирних кислот в деяких харчових продуктах

| Продукт харчування | Транс-жирні кислоти г/100г продукту | Транс-жирні кислоти г/100г загального жиру |
|---------------------------------|-------------------------------------|--|
| Білий хліб | 0,4 | 18,5 |
| Хліб з висівками | 0,5 | 15,6 |
| Круасан | 3,0 | 18,1 |
| Крекери | 6,4 | 40,3 |
| Сніданок із злакових батончиків | 0,1 | 4,2 |
| Шоколад плитка | 2,3 | 9,16 |
| Арахісова олія | 1,9 | 4,1 |
| Чіпси | 1,4 | 5,9 |
| Картопля фрі (фаст-фуд) | 2,1 | 37,7 |
| Маргарин бутербродний | 16,8 | 16,8 |
| Твердий маргарин | 39,8 | 39,8 |
| Сир (Чеддер) | 0,87 | 2,54 |
| Цільне молоко | 0,09 | 2,94 |
| Маффіні | 1,3 | 11,2 |

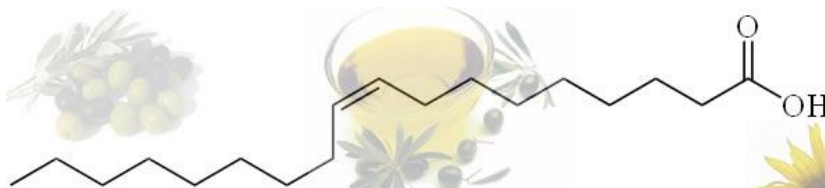
Основні ненасичені жирні кислоти

Пальмітинова (C 16:1 ω7) – жирна омега-7 кислота міститься у невеликих кількостях у всіх рослинних і тваринних жирах; підвищеним вмістом цієї кислоти відрізняються горіхи макадамії (17 %), риба холодних водоем та ягоди обліпихи (40 %).



Має значення для підтримки здорового стану шкіри, волосся, нормальної ваги тіла, для профілактики серцево-судинних захворювань.

Олеїнова (C 18:1ω9) – міститься в рослинних і тваринних жирах в різній кількості: найбільше – в оливковій і соняшниковій оліях.



Присутність мононенасичених жирних кислот надає оліям, які їх містять стабільності проти окиснення, особливо під час термічної обробки.

Ненасичені жирні кислоти та термостійкість олій

Серед численних олій, доступних на ринку, є деякі більш стабільні і стійкі до впливу високих температур і такі, які розкладаються легше.

На термічну стійкість олії під час смаження впливають три основні чинники:

- температура і час термообробки продукту;
- концентрація поліненасичених жирних кислот;
- точка димоутворення олії (таблиця 5.3).

Так, олія, яка містить велику кількість поліненасичених жирних кислот не повинна використовуватися для смаження, наприклад, лляна, горіхова (таблиця 5.4).

Таблиця 5.3 – Точка димоутворення деяких олій та жирів

| Точка димоутворення олій та жирів * | |
|-------------------------------------|-----------------|
| Олія | Температура, °C |
| Олія соняшникова | <130°C |
| Соєва олія | 130°C |
| Кукурудзяна олія | 160°C |
| Арахісова олія | 180°C |
| Оливкова олія | 210°C |
| Кокосова олія | 177°C |
| Рафінована пальмова олія** | 240°C |

(*) Запропоновані значення можуть істотно відрізнятися в залежності від ступеня очищення, сорту насіння, сезонних тенденцій і методів культивування
 (**) Рафіновані олії мають більш високу температуру димоутворення, ніж нерафіновані і тому більш придатні для смаження

Точка димоутворення зменшується – навіть значно – якщо олія не правильно зберігається (наприклад, на світлі і в теплі), або несвіжа, або якщо використовується для смаження повторно.

Оливкова олія краще підходить для смаження, завдяки досить високій температурі димоутворення.

Арахісова олія має температуру димоутворення 180°C і тому є стабільною за високих температур, і вважається однією з найкращих олій для смаження.

Таблиця 5.4 – Процентне співвідношення жирних кислот в деяких оліях

| Процентне співвідношення жирних кислот, знайдене в рослинних оліях | | | |
|--|----------------|----------------|----------|
| Олії | Мононенасичені | Поліненасичені | Насичені |
| Соняшникова | 24 | 65 | 11 |
| Кукурудзяна | 27 | 60 | 13 |
| Арахісова | 50 | 30 | 20 |
| Соєва | 22 | 63 | 15 |
| Ріпакова | 60 | 30 | 10 |
| Виноградних кісточок | 16 | 72 | 12 |
| Оливкова | 75 | 10 | 15 |

Тож найбільше підходять для смаження такі олії: арахісова, оливкова, пальмова, кукурудзяна, соняшникова рафінована, кокосова

Ерукова кислота (C 22:1 Δ 3) є антиаліментарною кислотою (рисунок 5.9). Міститься в оліях рослин родини хрестоцвітих (ріпак, гірчиця, суріпка), в яких може досягати вмісту 50 %.

Встановлено, що ерукова кислота погано метаболізується в міокарді і є причиною виникнення мікроневрозів. Метаболізм ерукової кислоти відбувається в печінці, але дуже повільно. Надмірне вживання олій з високим вмістом ерукової кислоти може призвести до цирозу печінки. Ерукова кислота накопичується в тканинах. За вимогами стандартів щодо якості олій вміст ерукової кислоти не повинен перевищувати 5 %.

Чи небезпечна олія ріпаку та гірчиці?

Олія з озимого ріпаку є безпечною, містить ерукової кислоти < 5 %. Сорт озимого ріпаку був виведений в Канаді (отримали шляхом мутації ДНК під дією УФ), звідси походить назва "Канола" або Canola – Canadian Oil Low Acid)

Сорти гірчиці з низьким вмістом ерукової кислоти – сарептська (1...3% від вмісту жирних кислот)

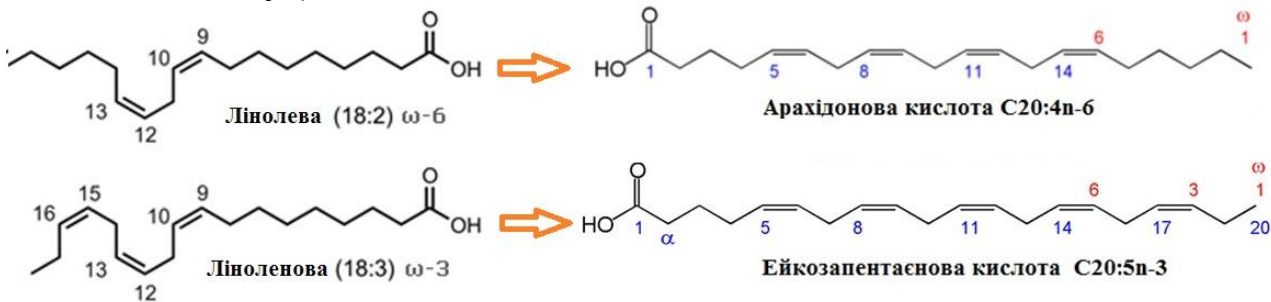
Поліненасичені жирні кислоти

ω -6 жирні кислоти містяться у рослинних оліях, а ω -3 жирні кислоти характерні для морських тварин (таблиця 5.5)

Серед цих кислот є есенціальні:

– лінолева (C 18:2 ω -6) в організмі людини перетворюється на арахідонову кислоту;

– ліноленова (C 18:3 ω -3) – перетворюється на ейкозапентаєнову (C 20:5) і докозогексаєнову (C 22:6).



Таблиця 5.5 – Вміст ω -3 жирних кислот в деяких продуктах

| Вміст ω -3 жирних кислот | |  |
|---------------------------------|-----------------------------|---|
| Харчовий продукт | Вміст мг/ на 100 г продукту | |
| Скумбрія | 1400 |  |
| Тунець | 1200 | |
| Ракоподібні, сепія | 600 | |
| Молюски | 400 | |
| Тріска | 200 | |
| Ячний жовток | 110 | |
| Курятина | 30 | |
| Печінка свиняча | 30 | |

Значення ПНЖК

Приймають участь в метаболізмі холестерину і знижують його рівень в крові;

– є прекурсорами простагландинів – гормонодіючих речовин, що знижують ризик тромбоутворення, знижують артеріальний тиск;

– всі омега-3 і деякі омега-6 кислоти підтримують протизапальну функцію в організмі, в той час як інші омега- (наприклад, арахідонова), навпаки підтримують прозапальні функції;

– арахідонова і ейкозогагексаєнова кислота є структурними елементами клітинних мембран.

Ідеальне співвідношення вмісту ω -6-ПНЖК / ω -3 ПНЖК = 6:1. Близьке до ідеального співвідношення есенціальних ПНЖК зустрічається в соєвій олії, свинячому салі, риб'ячому жири, гірчичній олії.

Негативні наслідки надмірного вживання ПНЖК

Вживання ПНЖК в кількості більшій за 2,5...3 % від загальної кількості жирних кислот може призвести до надлишкового утворення простагландинів, які мають прозапальні та протромбогенні властивості і тим самим можуть знижувати стійкість організму до захворювань. Крім того, надлишок ПНЖК збільшує кількість утворення пероксидів жирів, які є факторами утворення злоякісних клітин.

5.3 Речовини супутні гліцеридам

Ліпоїдні речовини у складі жирів. Кількість і вміст речовин, супутніх гліцеридам (ліпоїдних речовин) є непостійними і залежать від якості жирової сировини, технології отримання та ступеню рафінації жирів.

У рослинних оліях на частку ліпоїдних речовин припадає 3...4% маси, в тваринних – у декілька разів менше. Виняток – жири морських тварин та риб, в яких вміст ліпоїдних речовин сягає десятків відсотків. До речовин, супутніх гліцеридам, належать фосфоліпіди, стерини, вільні жирні кислоти, барвникові речовини, вітаміни, воски.

Вільні жирні кислоти в ідеалі не повинні міститись у жирах. Їх наявність свідчить про те, що виготовлення тваринних жирів та їх зберігання відбувалися з порушенням технологічних режимів. Показник, який кількісно характеризує наявність в жирах вільних жирних кислот – кислотне число. Воно нормується стандартами на всі види жирів і від нього залежать сорти тваринних топлених жирів.

Барвникові речовини містяться здебільшого у рослинних жирах, тваринні жири їх майже не містять. Ці речовини легко руйнуються, окиснюючись під дією світла. Найбільш відомі барвникові речовини – це каротиноїди, хлорофіл, госсіпол.

Вітаміни жирів представлені групою жиророзчинних вітамінів А, Д, Е, К.

ФОСФОЛІПІДИ

Найважливішими представниками складних ліпідів є фосфоліпіди. Молекули фосфоліпідів побудовані із залишків спиртів (гліцерину, сфіногозину), жирних кислот, фосфорної кислоти (H_3PO_4), а також містять азотисту основу (найчастіше холін ($HO-CH_2-CH_2-(CH_3)_3N^+OH$) або етаноламін ($HO-CH_2-CH_2-NH_2$)), залишки амінокислот і деяких інших сполук.

Фосфоліпіди є основним компонентом біомембран клітинних структур, вони відіграють істотну роль в проникності клітинних оболонок і внутрішньоклітинному обміні. Найбільш важливими з фосфоліпідів є фосфатидилхолін, або лецитин, проявляє ліпотропну дію, перешкоджаючи ожирінню печінки і кращому засвоєнню жирів.

Нестача фосфатидів в раціоні призводить до накопичення жиру в печінці, до її ожиріння, а потім і до цирозу. Добова потреба у фосфатидах здорової дорослої людини становить 5...10 г.

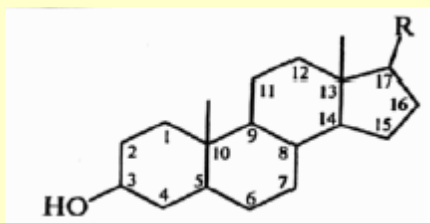
Лецитин зустрічається в усіх тканинах рослинного і тваринного походження в насінні олійних рослин його кількість може досягати 1...1,5%, в деяких тканинах тваринного організму – 6...10%. Лецитином багаті ячні жовтки, ікра, мозок,

печінка. Джерелом лецитину є, також нерафіновані рослинні олії, у тому числі і жири обліпих, а також молочні. У жирах вершків і сметани лецитину більше, ніж у вершковому маслі. У яловичому, свинячому, баранячому жирах лецитину майже немає. Джерелом фосфатидів також можуть служити бобові (соє, горох), насіння соняшнику, горіхи, особливо кедрові.

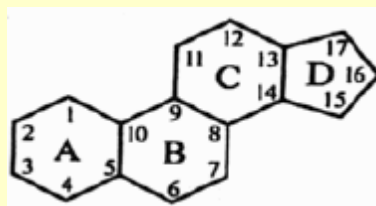
Під час оцінки харчових жирів найвище цінуються жири, що містять лецитин. Для промислових цілей лецитин і кефалін (фосфатидилетаноламіни) отримують з соєвих бобів. Вони використовуються у виробництві шоколаду, маргарину і як антиоксиданти в жирах.

СТЕАРИН

Стерини – це аліциклічні речовини, що входять до групи стероїдів, і є одноатомними високомолекулярними спиртами (стероли) або їх естерами (стериди), містяться в тканинах рослин і тварин:



Стерини мають у своїй основі структуру циклопентанпергідрофенантрону (ЦППФ):



В молекулі стеринів в положення 3 знаходиться гідроксильна група, і в положенні 17 – розгалужений вуглеводневий радикал. Стерини є нерозчинними у воді, але добре розчинними у жирах.

За походженням розрізняють:

- зоостерини – стерини тваринного походження (холестерин);
- фітостерини – стерини рослинного походження (ситостерин, стигмастерин);
- мікостерини – стерини грибного походження.

Стерини мають кристалічну будову, форма кристалів зоостеринів й фітостеринів різняться, що дозволяє ідентифікувати природу жиру (встановити його походження).

Вміст стеринів в різних культурах є незначним, так в бавовниковій олії – 1,6% від маси олії; соєвій – 0,35%, рапсовій – 0,30; льняній – 0,40; арахісовій – 0,25.

Стерини та їх похідні, незважаючи на їх невисокий вміст відіграють важливу роль в житті живих організмів: у вигляді складних комплексних сполук з білками вони входять до складу протоплазми і мембран, регулюють обмін речовин в клітині.

З тваринних стеринів важливе значення має холестерин. Він є нормальним структурним компонентом усіх клітин і тканин. У ссавців він служить попередником ряду найважливіших активних речовин: гормонів, деяких вітамінів (вітаміну Д, частина якого утворюється під впливом ультрафіолетових променів з

того ж холестерину), жовчних кислот. Холестерин є попередником гормонів, що відносяться до групи стероїдних гормонів, у тому числі жіночих статевих гормонів прогестерону, естрадіолу і чоловічого статевих гормону тестостерону.

Вміст холестерину в продуктах харчування наведений в таблиці 5.6.

Нормальний вміст холестерину в крові становить 1,9...2,1 г/л. Підвищення його рівня до 2,6 г/л є дуже небезпечним – у людини виникає і розвивається атеросклероз, ускладненими наслідками якого є інфаркти, інсульту.

Нестача холестерину в крові (менше 1,5 г/л) викликає ураження наднирників, розростання щитовидної залози. Явна нестача холестерину виявляється у випадку цирозу, інфекційному гепатиті та інших захворюваннях печінки. Близько 80% холестерину утворюється в організмі у печінці та інших органах з насичених жирних кислот. Решта 20% надходить з їжею. Але відповідними дослідженнями встановлено чіткий зв'язок – чим більше холестерину надходить з їжею, тим меншу його кількість синтезує печінка й навпаки.

Таблиця 5.6 – Вміст холестерину в продуктах

| Продукт | Вміст, мг/100 г | Продукт | Вміст, мг/100 г |
|---------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|
| Мозок | 2300 | Масло вершкове | 240 |
| Ячний жовток | 1480 | М'ясо тварин і свійської птиці | 70 |
| Цілісне яйце | 515 | | |
| Нирки | 375 | Риба | 55 |
| Ікра зерниста | більше 300 | Сир | 90 |
| Печінка | 300 | Сир жирний | 75 |

Склад харчових жирів, що входять до раціону людини може помітно впливати на рівень холестерину в організмі. Якщо в раціоні багато рослинних жирів (олій), то вміст холестерину знижується, якщо споживаються значною мірою тваринні жири, то концентрація холестерину в крові підвищується.

Чистий холестерин – перлинчасті пластинки, жирні на дотик. Він нерозчинний у воді, малорозчинний в органічних розчинниках. Температура плавлення холестерину становить 149°C.

В процесі варіння м'яса і риби втрачається до 20% холестерину. Звичайний добовий раціон – 500 мг холестерину. Відомо, що його високий рівень в крові є чинником ризику виникнення атеросклерозу, тому у випадках відповідних захворювань рекомендується обмежити споживання харчових продуктів з високим вмістом холестерину. У країнах, де споживають найменшу кількість тваринних жирів (більшість країн Африки, Індія, Японія), вміст холестерину в крові жителів є набагато нижчим, ніж в США, Англії, Фінляндії. Відомо, що зменшення вмісту холестерину в крові на 1% призводить до зменшення ризику розвитку серцево-судинних захворювань на 2%. Холестерин потрібний для синтезу вітаміну D, жовчних кислот, гормонів статевих залоз і кори надниркових залоз, а також регуляції проникності мембран клітин.

З фітостеринів, рослинних продуктів харчування, що містяться в жирі, найбільш активним вважається β-ситостерин. Він є антагоністом холестерину,

затримує його всмоктування в кишечник. β -Ситостерин у великих кількостях міститься в рослинних оліях, особливо його багато в соєвій олії. β -Ситостерин зустрічається і в м'якуші плодів грейпфрута (як в незв'язаній формі, так і у вигляді глюкозиду), в насінні грейпфрута він є присутнім лише у вільній формі. Він служить перешкодою для абсорбції холестерину, тим самим запобігає підвищенню рівня холестерину в крові. Споживання в їжу продуктів, що містять фітостерин, знижує рівень холестерину в крові.

ВОСКИ

Воски – це складні ефіри високомолекулярних карбонових кислот та одноосновних високомолекулярних спиртів (цетиловий, міристиловий, карнаубіловий і т.д.). За природою всі воски є хімічно інертними. Розрізняють рослинні та тваринні, тверді та м'які воски. Рослинний віск є складною сумішшю органічних сполу з великою масою, він вкриває листя та стебла рослин, зменшуючи випаровування води. Прикладом рослинного воску є карнаубський віск із восконосної пальми карнауби.

Воски тваринного походження:

– бджолиний;

– овечий: виділяється на шкіру та вовну овець і складає 5...10% від маси вовни, його видаляють розчинниками й отримують технічний *ланолін*, а *очищений* використовують як сировину для медичних і косметичних мазей, кремів тощо;

– жир кашалотів (*спермацетовий жир*) на 75% складається з воскоподібної речовини, з нього вилучають віск спермацет, який також є основою для виготовлення окремих видів медичних і косметичних мазей, кремів, а також мила.

Крім восків тваринного і рослинного походження виділяють віск викопного походження (озокерит), який не має жодного відношення до харчової промисловості.

5.3 Харчові жири та їх класифікація

Існує декілька класифікацій харчових жирів: за походженням (рисунок 5.13) і за температурою плавлення (таблиця 5.7)

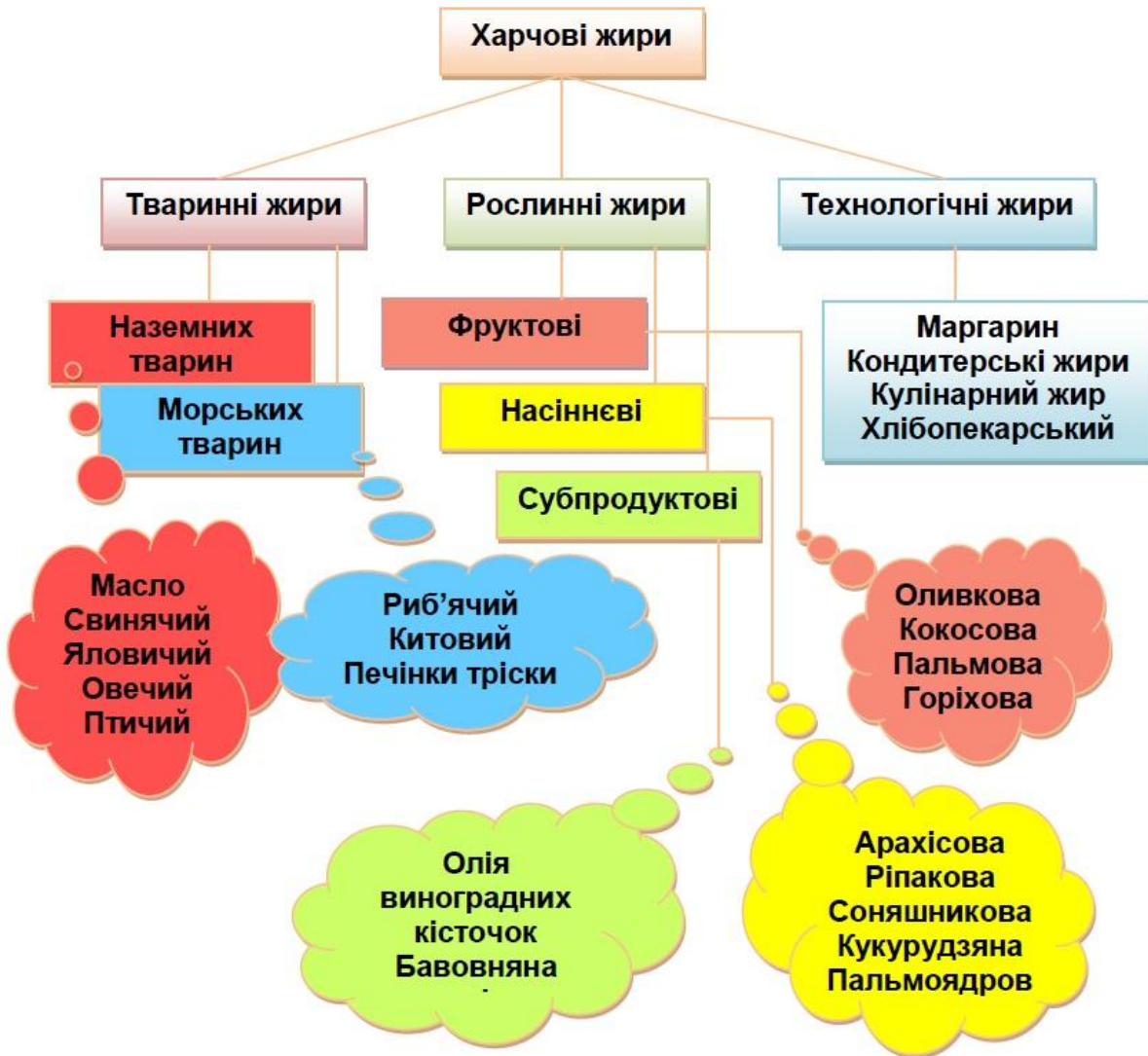


Рисунок 5.13 – Схема класифікації харчових жирів за походженням

Таблиця 5.7 – Температура плавлення деяких харчових жирів

| За консистенцією за 18°C харчові жири поділяються на: | | | |
|---|--------|-------------|-------|
| Тверді | | Рідкі | |
| Смалець | + 45°C | Арахісова | -10°C |
| Вершкове масло | + 38°C | Соєва | -20°C |
| Какао-масло | + 36°C | Соняшникова | -16°C |
| Пальмова олія | + 40°C | Ріпакова | -3°C |

Тваринні топлені жири одержують із жиру-сирцю:

I група – підшкірний жир, навколосерцевий, навколонирковий, обрізки сала;

II група – жир шлунку, кишковий;

Способи витоплення тваринних жирів:

Мокрий (за участі води) в результаті утворюється жир, бульйон і шквара;

Сухий (без води) з утворенням жиру і шквари;

Залежно від температури процесу розрізняють

– жири вищого гатунку, $T = 65...75^{\circ}\text{C}$;

– жири 1-го гатунку, $T = 75...95^{\circ}\text{C}$;

– збірний або технічний жир, $T = 120^{\circ}\text{C}$, $P = 0,2 \text{ МПа}$;

Модифіковані технологічні жири

Модифікація рослинних олій пов'язана з одержанням продукту, що має тверду консистенцію за кімнатної температури і є стійким до тривалого нагрівання та до псування.

Температура плавлення жирів та твердість (ступінь кристалізації) залежать від:

– довжини вуглеводневого ланцюга: чим довший ланцюг – тим більшою є молярна маса – більше Ван-дер-ваальсових зв'язків – висока температура плавлення

– ступеня ненасиченості: чим більше подвійних зв'язків, тим більш вигнуті ланцюги (рисунок 5.14), тим менше контактів між ними, менше Ван-дер-ваальсових зв'язків – низька температура плавлення

– цис- або транс-конфігурація (рисунок 5.14): чим більше цис-ізомерів – тим більше криволінійних ланцюгів, тим менший контакт і тим менше Ван-дер-Ваальсових зв'язків – низька температура плавлення; чим більше транс-ізомерів, тим менш кривих ланцюгів, тим більше контакту, тим більше Ван-дер-Ваальсових зв'язків – висока температура плавлення.

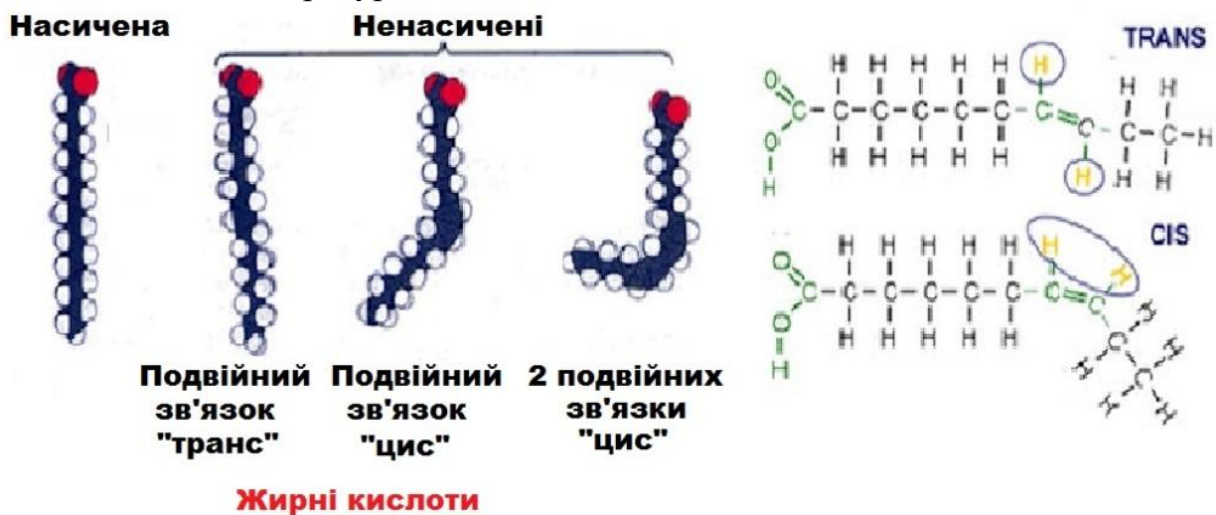


Рисунок 5.14 – Просторова будова молекул насиченої жирної кислоти та ненасичених з цис- і транс- конфігурацією

Модифікація рослинних жирів може здійснюватись:

– фізичними методами – фракціонування

– хімічними методами – гідратування, переестерифікація

Фракціонування – розділення жиру на фракції, що мають різні температури плавлення і ступінь твердості за кімнатної температури.

Це досягається шляхом відокремлення тригліцеридів високої температури плавлення під час охолодження рідкого масла в контрольованих умовах (рисунок 5.15).

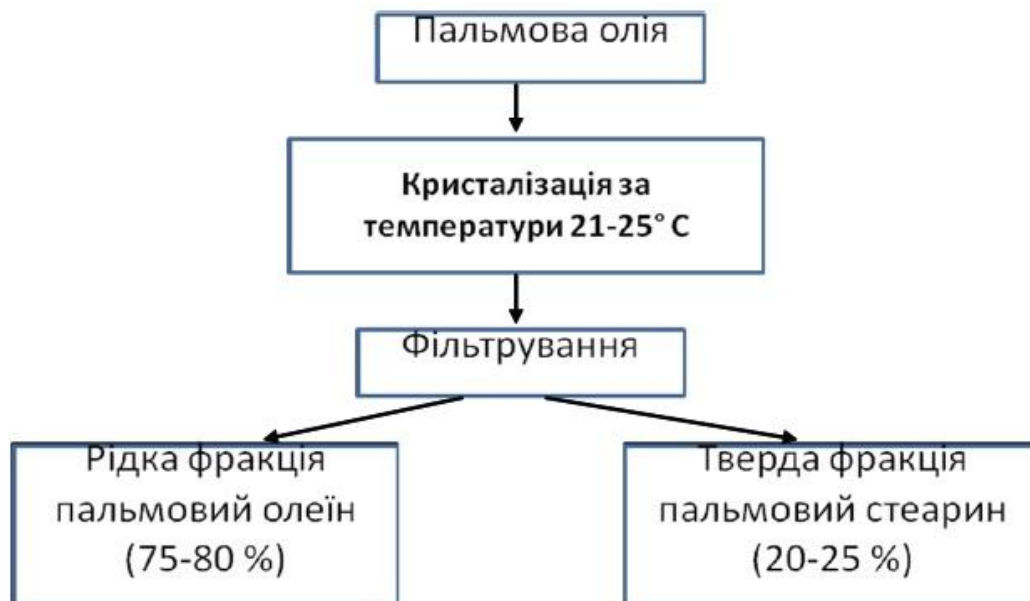


Рисунок 5.15 – Схема фракціонування пальмової олії

Фракціонування фізично змінює співвідношення тригліцеридів шляхом поділу олії на олеїнову та стеаринову фракції. Фракціонування в основному є двоетапним процесом. По-перше, олія кристалізується шляхом охолодження, а потім фракцію рідини (олеїну) відокремлюють від твердої (стеаринової) фракції.

Гідрування ненасичених жирів

Гідрування олій використовується в харчовій промисловості протягом останніх 100 років.

Гідрогенізовані жири є дешевою альтернативою природним тваринним жирам та мають оптимальні властивості для технологічних цілей, включаючи: тривалий термін зберігання, надання бажаної текстури випічці та стабільність під час нагрівання.

Гідрування – процес перетворення рідких олій в тверді жири за рахунок приєднання водню за місцем подвійного зв'язку у вуглеводневому ланцюзі залишків ненасичених жирних кислот.

Параметри гідрування

- Водень високого тиску
- Температура ~ 200°C
- Нікелевий каталізатор

Процес гідрування здійснюють в гідрогенізаторах, за схемою, представленою на рисунку 5.16.

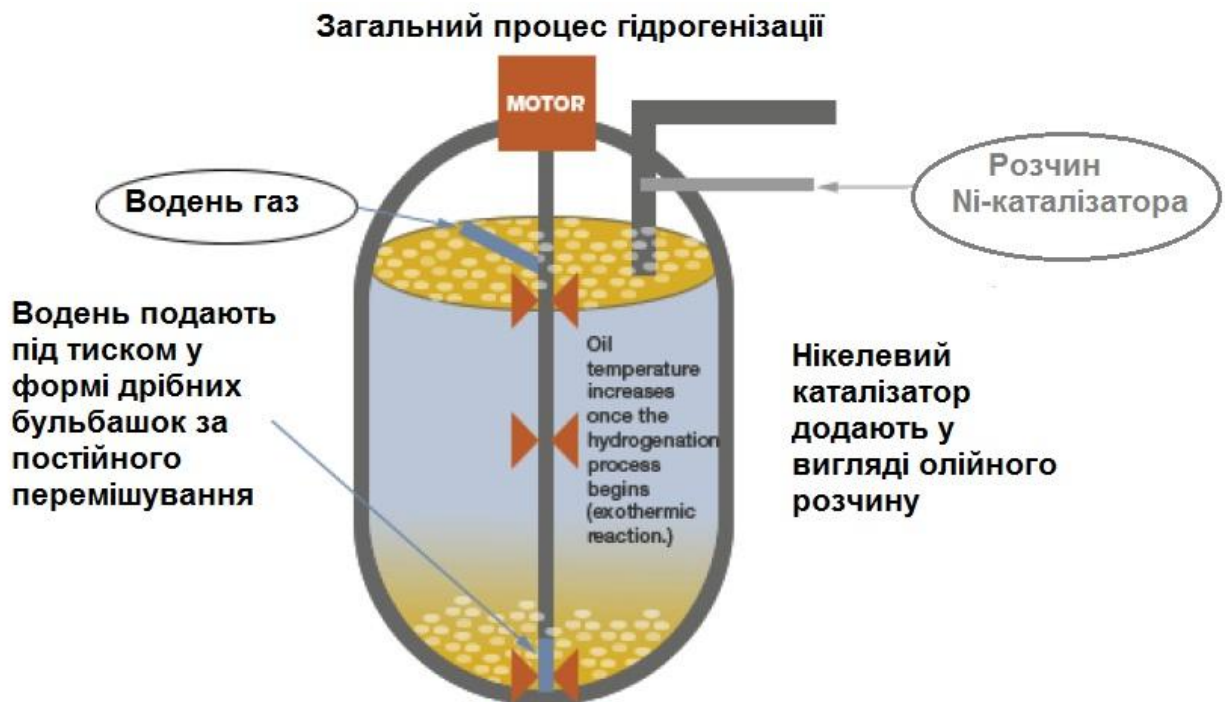


Рисунок 5.16 – Загальний процес гідрогенізації

Розрізняють:

- Повне гідрування – процес повного перетворення ненасичених подвійних зв'язків, що є в жирі на насичені (рисунок 5.17);
- Часткове гідрування – це неповний процес, який завершують раніше повного насичення вуглецю атомами Гідрогену, таким чином, залишається певна кількість подвійних зв'язків.

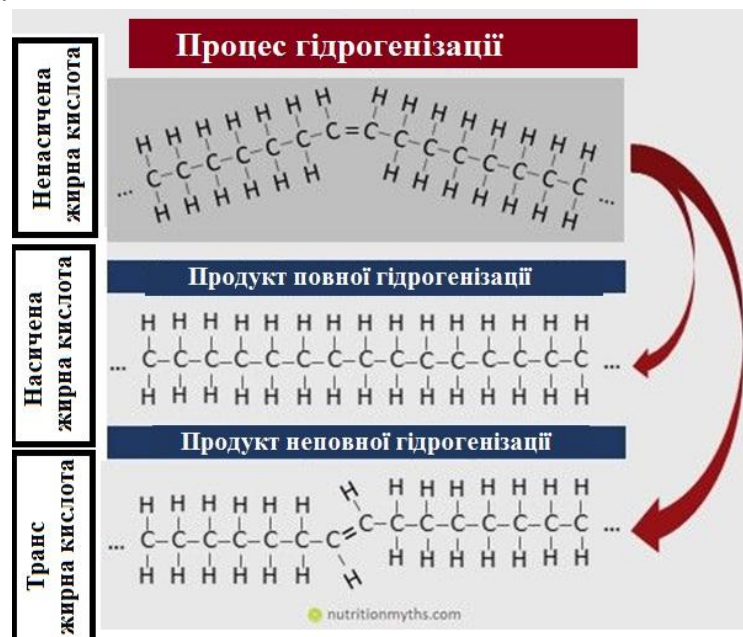


Рисунок 5.17 – Просторова будова жирних кислот за різних способів гідрування

Повністю гідрогенізовані олії є твердими за кімнатної температури більш стійкими до окиснення і мають подовжений термін придатності.

Повністю гідрогенізовані олії є занадто твердими для використання в технологічних процесах. Цю проблему вирішують двома шляхами: змішуючи

повністю гідрогенізований твердий жир з рідкими оліями, щоб зробити їх м'якшими або ж здійснюють часткове гідрування.

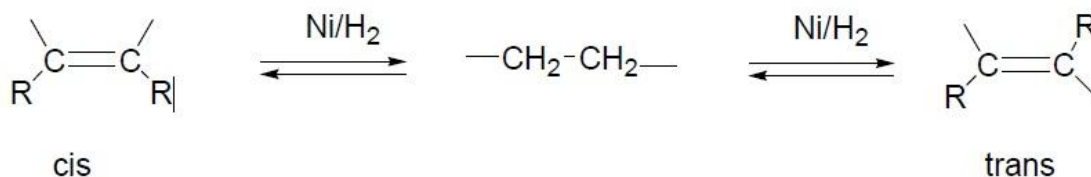
Мета часткового гідрування олій – зробити їх властивості оптимальними для технологічних процесів.

Переваги часткового гідрування:

– одержаний продукт (шортенінг) має м'яку консистенцію за кімнатної температури, може надавати широкого діапазону консистенції жировмісним продуктам, використовуються в кондитерському виробництві.

Недоліки часткового гідрування:

– під час часткової гідрогенізації утворюються транс-ізомери жирних кислот (до 50%), які пов'язують з підвищеним ризиком серцевих захворювань.



– більшість частково гідрогенованих продуктів виготовляються з сої та кукурудзи, які переважно генетично модифікованими г

– частково гідрогенізовані жири містять велику частку прозапальних омега-6 жирних кислот

– залишки каталізатора в продукті.

Переестерифікація (інтерестерифікація)

Переестерифікація – виробництво олії з бажаною температурою плавлення шляхом змішування різних олій.

Переестерифікація – процес обмін залишків жирних кислот, що призводить до утворення нових гліцеридів, в результаті чого змінюються фізико-хімічні властивості жирових сумішей: знижується температура плавлення і твердість, підвищується пластичність.

Випадкова переестерифікація є альтернативою частково гідрогенізованим оліям, яка змінює характеристики плавлення жирних і олійних сумішей без утворення транс-ізомерів.

Переестерифікації піддаються як суміші рослинних олій, так і суміші рослинних з тваринними.

Відбувається в два етапи:

I етап – гідроліз

II етап – випадкова естерифікація.

Параметри: каталізатор – метал, температура $T = 100^{\circ}\text{C}$.

Приклад: пальмова олія з високим вмістом стеаринової кислоти змішується з пальмоядровою з високим вмістом олеїнової кислоти; температура плавлення суміші до естерифікації – $T = 50^{\circ}\text{C}$, після – 37°C .

Переестерифіковані жири використовуються для виробництва кулінарних, кондитерських жирів та маргарину.

Виробництво маргарину

Метою переробки рідких рослинних олій в маргарин є одержання продукту, який нагадує коров'яче масло смаком, текстурою та властивостями. Кінцевий продукт також має бути стабільним до псування.

Маргарин складається з близько 80% жиру та 16% води.

Маргарин – це високодисперсна емульсія жиру у водній фазі.

Жирна фаза: гідрогенізований жир в суміші з барвниками (каротиноїдами), ароматизаторами (бутандіон), емульгаторами (лецитин) і жиророзчинними вітамінами (A, D), антиоксиданти.

Водна фаза: вода з добавками натрій хлориду, цукор, лимонна, винна, фосфорна кислота.

Маргарин може містити сухе молоко та рідкі рослинні олії.

Виробництво маргарину передбачає наступні етапи:

→ Змішування інгредієнтів у відповідних пропорціях залежно від бажаної фактури кінцевого продукту

→ Перемішування суміші за 60°C для досягнення бажаної консистенції

→ Пастеризація (знешкодження мікроорганізмів за рахунок підвищення температури) емульсія нагрівається до 80°C

→ Охолодження суміші

→ Для досягнення бажаної консистенції маргарин витримують протягом 24 годин за низьких температур

→ Після охолодження продукт готовий до пакування

→ Зберігається за температури 2...5°C.

Жири кондитерські, хлібопекарські, кулінарні

Кондитерські, хлібопекарські і кулінарні жири – це безводна суміш саломасу (кінцевий продукт гідрування або переестерифікації) з рафінованими оліями, тваринними топленими жирами, емульгатором і антиоксидантом.

Жири цієї групи – це безводна (без водно-молочної фази) суміш саломасу з рафінованими оліями, тваринними топленими, переестерифікованими жирами.

В залежності від призначення ці жири можуть містити такі добавки, як фосфатидний концентрат, барвники, ароматизатори, антиоксиданти, вітаміни.

Жири даної групи отримують так само як і маргарин, але без ретельного емульгування – тому, що продукція являє собою, в основному, жирові суміші.

Кулінарні жири, на відміну від маргарину, містять менше води (до 0,3%), більше жирів (99,7%), менше біологічно-активних речовин (вітамінів, ненасичених жирних кислот). Температура плавлення цих жирів перебуває у межах 26...36°C, засвоюваність – 96,5%. Використовують їх для смаження продуктів основним способом і у фритюрі.

Кондитерські жири:

– жир твердий кондитерський – переестерифікований жир з високою температурою плавлення – до 45°C; цей жир використовують для виготовлення жирової глазури;

– жир кондитерський для вафельних і прохолоджувальних начинок – містить 20...40% кокосової або пальмової олії і саломасу малої твердості; має пластичну консистенцію;

– жир кондитерський для цукерок і харчових концентратів з температурою плавлення 35...37°C; має тверду консистенцію.

Жир рідкий для хлібопекарської промисловості – виготовляють з суміші олії і саломасу (87:13%) або тільки з переестерифікованого рослинного жиру.

Фізико-хімічні показники кондитерських жирів, що нормуються: масові частки жиру (не менше 99,7%), вологи та летких речовин (не більше 0,3%), кислотне число (0,4...0,8%), температура топлення (26...36°C). Нормується також вміст антиоксидантів (якщо вони додаються) та пестицидів.

5.4 Технологічні функції жирів в хлібобулочних виробках

Технологічні функції жирів пов'язані з їх поверхнево-активними властивостями. Завдяки амфіфільності: один кінець гідрофобний – "хвіст"; інший – гідрофільний – "голова" (рисунок 5.18).

Побудовані таким чином амфіфільні (що мають подвійну спорідненість) молекули ліпідів легко орієнтуються. Гідрофобні хвости намагаються потрапити в жирову фазу, гідрофільні групи створюють межу розділу між водою і гідрофобною фазою.

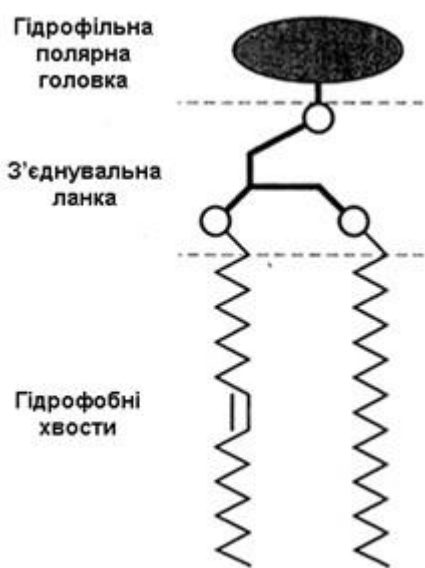


Рисунок 5.18 – Амфіфільна будова молекули жиру

Функціональні властивості жирів у хлібобулочних виробках зводяться до:

– утворення зв'язків з протеїнами і з крохмалем, в результаті чого за допомогою ліпідів утворюються містки між білками клейковини або між ними і крохмалем;

– стабілізація тіста, пов'язана із утворенням міцел на межі поділу газу і рідини, за рахунок чого газ утримується в глютенівій сітці.

Технологічні функції жирів в хлібобулочних виробках

1) аерація тіста (утримання газів);

2) пластифікаційна дія: полегшують замішування і підтримку постійної консистенції тіста

3) уповільнюють процеси черствіння хліба: за рахунок утворення зв'язків між жирами і крохмалем сповільнюються процеси ретроградації

крохмалю;

4) надають відповідних органолептичних властивостей: аромату, утворення блискучої скоринки, м'якості тортам і бісвітам, крихкості – крекеру;

5) мастильна дія: жири використовуються для змашування форм для запобігання прилипанню виробів.

5.5 Біохімічні та фізико-хімічні перетворення жирів під час переробки та зберігання

В процесі переробки і зберігання жировмісних продуктів або виділених з них жирів відбуваються різноманітні перетворення їх під впливом біологічних, фізичних і хімічних чинників.

В результаті цих перетворень змінюється хімічний склад, погіршуються органолептичні показники і харчова цінність жирів, що може призвести до їх псування.

Незалежно від технологічних режимів переробки і зберігання, а також виду жиру в них проходять однотипні зміни, що зводяться до гідролізу і окиснення. Ці процеси відбуваються за схемою

Згірнення (псування) жирів

Ліпіді рослинних и тварин тканин, а також виділені з них в процесі переробки, піддаються хімічним змінам, в результаті яких їх неможливо використовувати для харчових цілей

Згірнення – це деградація жирів, пов'язана з процесами окиснення подвійних зв'язків в молекулах жирних кислот, що входять до складу гліцеридів. В результаті згірнення жири набувають неприємного запаху і смаку через накопичення в них низькомолекулярних сполук, пероксидів, альдегідів, вільних жирних кислот, кетонів та ін.

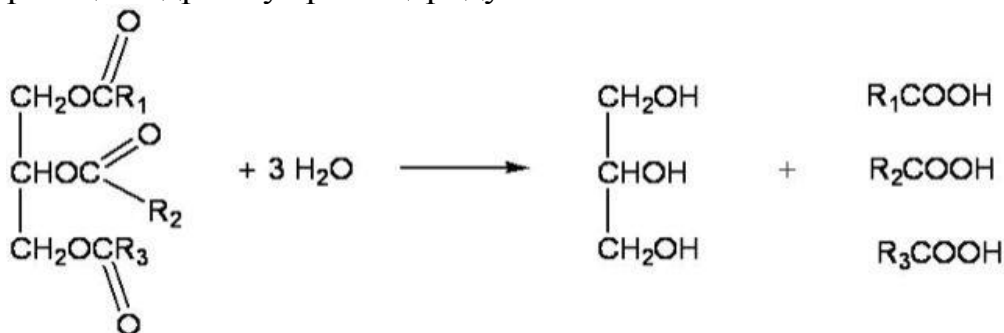
Гідролітичні процеси

Більшості процесам псування жирів передуює процес їх гідролізу

Гідроліз – це процес розщеплення молекул гліцериду на складові елементи в результаті взаємодії з водою.

Причини: вода, світло, ферменти мікробів – ліпази

Схема реакцій гідролізу тригліцериду:



Під час гідролізу накопичуються вільні жирні кислоти, про що свідчить зростання **кислотного числа**

Утворення вільних ненасичених жирних кислот сприяє подальшому хімічному окисненню жиру

Продукти гідролізу

Низькомолекулярні кислоти (масляна, валеріанова, капронова) надають жирам неприємного специфічного смаку і запаху

Гідроліз тваринних жирів, а також рослинних олій, до складу яких не входять низькомолекулярні жирні кислоти, не призводить до утворення продуктів із специфічними, неприємними смаком і запахом, так як в результаті цього процесу з'являються високомолекулярні жирні кислоти, що не мають а ні запаху, а ні смаку.

Неферментативний гідроліз

Неферментативний гідроліз відбувається під дією розчиненої в жирі води. Розчинність води в жирі за кімнатної температури, як правило, не перевищує часток відсотка, що забезпечує незначний ступінь гідролізу жирів. Невелику каталітичну дію на процес гідролізу чинять ПАР, супутні жирам фосфоліпіді, моногліцериди і ін.

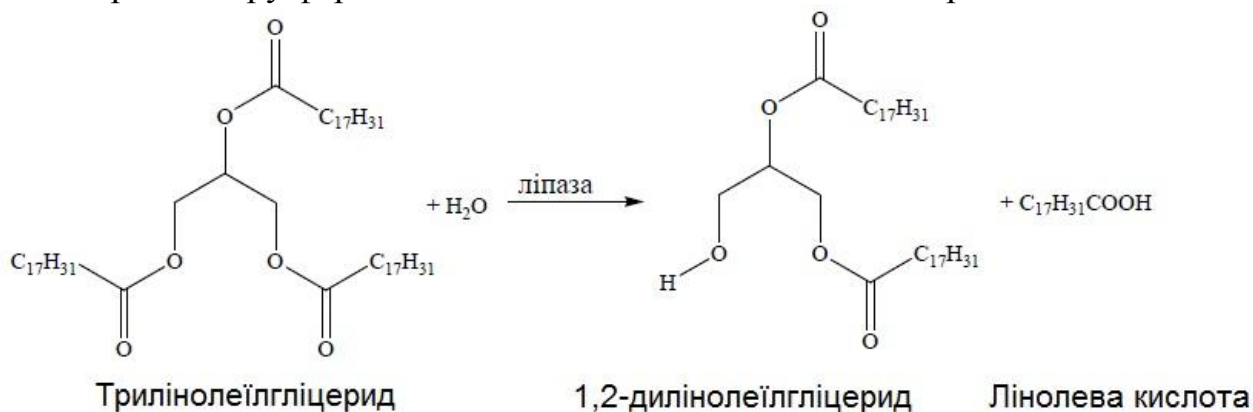
Ферментативний гідроліз

Ферментативний гідроліз має ензиматичну природу і відбувається завдяки діяльності ліпаз.

Ферментативний гідроліз в харчових жирах виникає в основному за недотримання умов зберігання, в наслідок ураження жирів пліснявою і дріжджами, що виробляють ліпазу.

Рафіновані і топлені жири в меншій мірі схильні до цих процесів.

Гідроліз жиру ферментом ліпазою схематично можна представити так:



Типи згіркнення

Розрізняють три типи згіркнення:

- ферментативне згіркнення;
- кетонне згіркнення;
- хімічне згіркнення або автоокиснення

Ферментативне згіркнення

Ферментативне згіркнення – процес, який складається з таких стадій:

- ферментативний гідроліз – накопичення вільних низькомолекулярних жирних кислот, які надають жирам характерного згірклого запаху.
- ферментативне окиснення – накопичення коротколанцюгових альдегідів і кетонів, які надають жирам додаткових неприємних смакових відтінків

У ненасичених жирах переважають альдегіди, а в жирах з невеликою кількістю ненасичених кислот – кетони. Окиснення альдегідів і кетонів призводить до появи у жирах неприємного різкого запаху.

Ферментативне окиснення

Ферментативне окиснення – це процес окиснення жирних кислот під дією ферментів ліпоксигеназ з утворенням гідропероксидів.

Ліпоксигенази каталізують утворення гідропероксидів ненасичених жирних кислот (головним чином, лінолевої і ліноленової).

Вільні жирні кислоти окиснюються швидше, ніж їх залишки, що входять в молекули жиру.

Ферментативне окиснення характерне для ліпідів олійного насіння а також зерна, що неправильно зберігається, та продуктів його переробки (борошно, крупа).

У загальному вигляді цей процес може бути представлений схемою з якої видно, що ліпаза і ліпоксигеназа діють разом (рисунок 5.9).

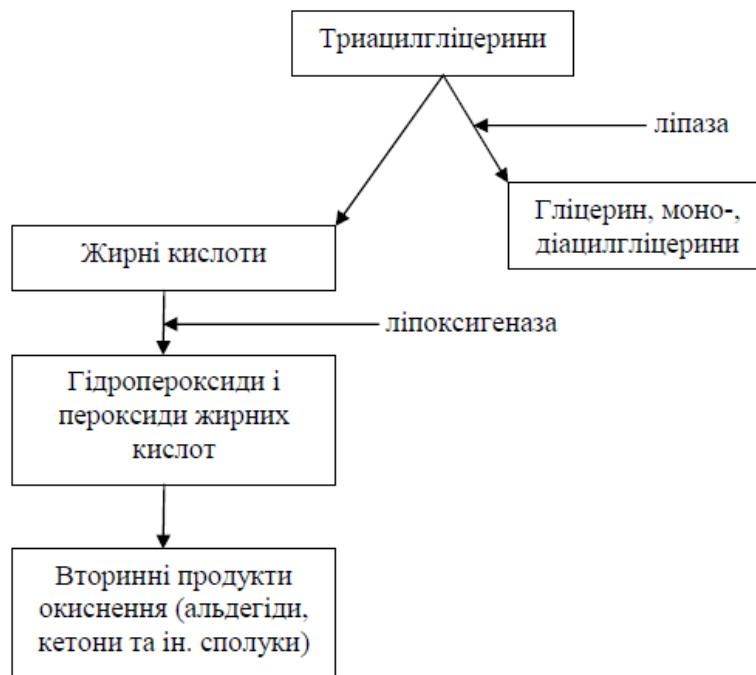


Рисунок 5.19 – Схематичне зображення ферментативного гідролізу жирів

Лінолева кислота, що утворилася в результаті гідролізу, окиснюється за участю ферменту ліпоксигенази:



Гідроліз утвореного 1,2-дилінолеїлгліцерину і окиснення гідропероксиду можуть продовжуватися і далі.

Вторинні продукти окиснення (альдегіди, кетони та інші сполуки), що утворюються, є причиною погіршення якості харчової сировини і багатьох ліпидовмісних продуктів.

Вторинні продукти окиснення гідропероксидів надають жирам додаткових неприємних смакових відтінків.

Так, суміш шести і десяти вуглецевих альдегідів надає жиру смаку "сильно підсмаженого".

Домішка альдегідів, що утворюються в результаті розкладання гідропероксидів в процесі гідрогенізації, надає специфічного запаху саломасу.

У ненасичених жирах переважають альдегіди, а в жирах з невеликою кількістю ненасичених кислот – кетони. Окиснення альдегідів і кетонів призводить до появи у жирів неприємного різкого запаху.

Згірклі рослинні олії типу оливкової, в складі яких переважає олеїнова кислота, мають виражений олеїново-кислий або альдегідний запах, який зумовлений в основному мурашиним, гептиловим, ноніловим, оцтовим альдегідом. Згірклі олії типу макової з переважанням поліненасичених кислот мають запах оліфи.

Кетонне згіркнення (духмяне)

Причиною кетонного згіркнення жирів є мікробні ензими (ферменти плісняви). Кетонне згіркнення називають також кетонізацією або β -окисненням, стосується переважно жирних кислот з кількістю атомів карбону від 6 до 12 і зумовлене дією різних мікроорганізмів, серед яких *Penicillium glaucum* і *Aspergillus niger*.

Ензими цих організмів перетворюють дані кислоти в кетони шляхом окиснення і декарбоксілювання (рисунок 5.10). Кетони, що утворюються мають на один атом карбону менше порівняно з кислотами від яких походять і характеризується сильним запахом.

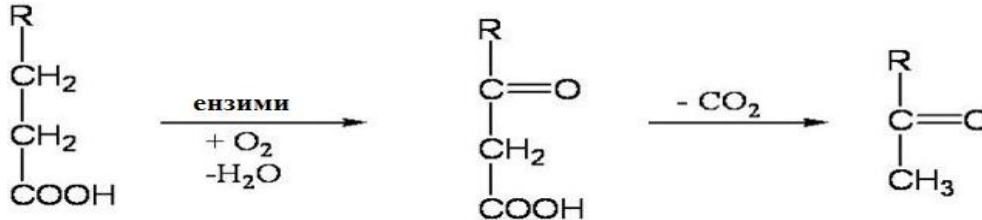


Рисунок 5.20 – Схема кетонного згіркнення

Хімічне згіркнення

Хімічне згіркнення або автоокиснення включає в себе всі зміни, які відбуваються в жирах в результаті дії кисню і призводить до зміни смаку і зменшенню поживної цінності жирів.

Хімічне окиснення (автоокиснення)

Автоокиснення жирних кислот є найбільш поширеним типом окиснення в умовах переробки або зберігання харчових продуктів.

За нормальних температур атмосферним киснем окиснюються лише ненасичені жирні кислоти.

За підвищених температур, таких як під час випікання, смаження та обсмажування, відбувається автоокиснення насичених жирних кислот.

Автоокиснення вуглеводневого ланцюга жирних кислот – це радикальна ланцюгова реакція, що проходить в три етапи.

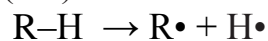
Механізм реакцій окиснення жирів пояснює **пероксидна теорія** Баха-Енглера і **теорія ланцюгових реакцій** М. Семенова



Рисунок 5.21 – Енергія розриву зв'язків Н-С у насичених і ненасичених жирних кислотах

Енергія дисоціації зв'язку Н-СН- (рисунок 5.21) в середині насиченого ланцюга жирних кислот становить 422 кДж/моль, енергія дисоціації зв'язку $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{H}$ у кінці

Перший етап – ініціація (ініціювання) – розщеплення ковалентного зв'язку Н-С вуглеводневого ланцюга з утворенням вільного водневого радикалу ($\text{H}\cdot$) та вільного радикалу жирних кислот ($\text{R}\cdot$)



де R – залишок жирної кислоти; $\text{R}\cdot$ – вільний радикал

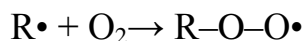
Енергія, необхідна для розщеплення зв'язків Н-С жирних кислот, може бути отримана з різних джерел:

- теплова енергія (від джерела нагрівання);
- ультрафіолетове, радіоактивне або видиме випромінювання.

її ланцюга становить 410 кДж/моль, енергія дисоціація метиленової групи, прилягаючої до подвійних зв'язків, $-H-CH-CH=CH-$, становить 322 кДж/моль, але енергія дисоціації метиленової групи між двома подвійними зв'язками становить лише 272 кДж / моль. Розщеплення молекули жирних кислот (ліпідів) також відбувається за рахунок реакції з іншим вільним радикалом (негайна реакція вуглеводневого ланцюга безпосередньо з киснем термодинамічно є не вигідною) або реакцією з перехідними металами.

Другий етап – поширення – утворення пероксиду:

а) одержаний вільний радикал жирних кислот (ліпідів) ($R\cdot$) дуже реактивний, тому він легко з'єднується з молекулою кисню з утворенням пероксильного радикалу ($R-O-O\cdot$)



б) пероксильний радикал є також дуже реактивним і відщеплює атом водню з іншої молекули ненасичених жирних кислот з утворенням гідропероксиду ($R-O-OH$) та іншого вільного радикалу жирних кислот ($R\cdot$). утворення гідропероксиду

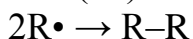


Гідропероксиди – нестійкі сполуки, здатні в результаті розпаду утворювати ряд більш стабільних продуктів окиснення.

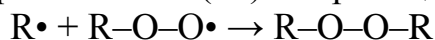
Третій етап – закінчення

Третій етап – взаємодія вільних радикалів між собою з утворенням стабільного продукту і припинення ланцюгової реакції.

За обмеженої кількості кисню основною реакцією припинення є взаємодія (рекомбінація) радикалів жирних кислот ($R\cdot$)



За достатньої концентрації кисню основною реакцією припинення є взаємодія (рекомбінація) радикалів жирних кислот ($R\cdot$) з пероксидними радикалами



і рекомбінація пероксильних радикалів ($ROO\cdot$)



Другий і третій етапи відбуваються одночасно.

Термінація вуглеводневих радикалів є не єдиною реакцією рекомбінації. Інші можливості (в залежності від структури радикалів) є такими:

– припинення шляхом диспропорціонування, коли виділяється водень, що дає олеїн ($R-CH_2-CH_2\cdot \rightarrow R-CH=CH_2 + H\cdot$)

– припинення шляхом перенесення (наприклад, у реакції з антиоксидантами),

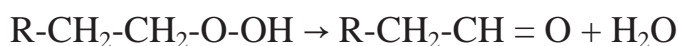
– припинення шляхом рекомбінації з гідроксильним радикалом, що призводить до спиртів:



– подальше окиснення кінцевого гідропероксиду:



У кінцевому гідропероксиді зв'язок між атомами кисню потім розщеплюється, що дає альдегід



Альтернативно, зв'язок між атомами вуглецю може бути розщеплений, що призводить до коротшого алкільного радикалу ($R-CH_2\cdot$).

Особливості окиснення ненасичених жирних кислот.

В молекулі вільного радикалу ненасиченої жирної кислоти, що утворився на першому етапі відбувається внутрішньо-молекулярне перетворення: зсув подвійних зв'язків з утворенням спряжених (дієнових) зв'язків (рисунок 5.22). Цей процес називається процесом утворення дієнових кон'югатів.



Рисунок 5.22 – Утворення спряжених подвійних зв'язків у молекулі вільного радикалу ненасиченої жирної кислоти

У випадку окиснення мононенасиченої жирної кислоти утворюються чотири ізомери гідропероксидів:

– два ізомери гідропероксидів без зсуву подвійного зв'язку – суміш цис- і транс- ізомерів

– два ізомери гідропероксидів із зсувом подвійного зв'язку – транс-ізомери

У випадку окиснення поліненасиченої жирної кислоти утворюються ізомери гідропероксидів із сувом подвійного зв'язку – дієнові кон'югати.

За кімнатної температури або нижчій, це, головним чином, утворюються *cis*, *trans*- та *trans*-, *cis* гідропероксиди, тоді як за підвищеної температури в основному утворюються *trans*-гідропероксиди

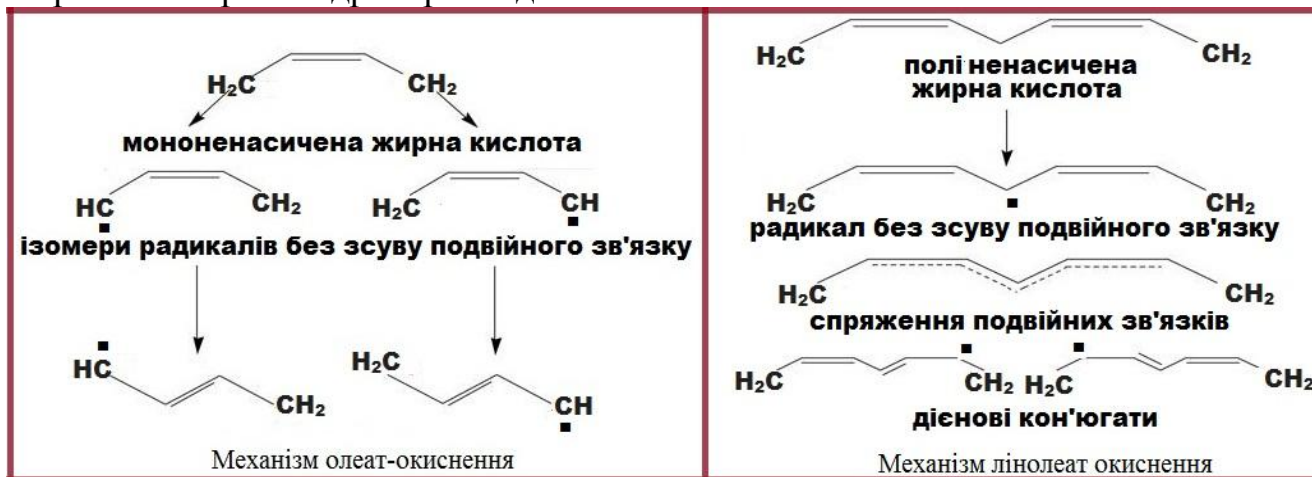


Рисунок 5.23 – Особливості окиснення мононенасиченої жирної кислоти (олеат окиснення) та поліненасиченої жирної кислоти (лінолеат окиснення)

Пероксидні сполук є нестійкими. Вони розкладаються під впливом різних агентів з утворенням вторинних, більш стійких сполук – гідроксикислот, епоксидів, альдегідів, кетонів й інших речовин.

Гідропероксид, гідроксикислоти і епоксиди кислот не мають смаку і запаху.

Носіями неприємного смаку і запаху окиснених жирів (згірклих) є кетони, альдегіди і низькомолекулярні кислоти, що утворюються на наступних стадіях окиснення жиру (рисунок 5.24).



Рисунок 5.24 – Сполуки, що є носіями неприємного запаху і смаку окиснених жирів

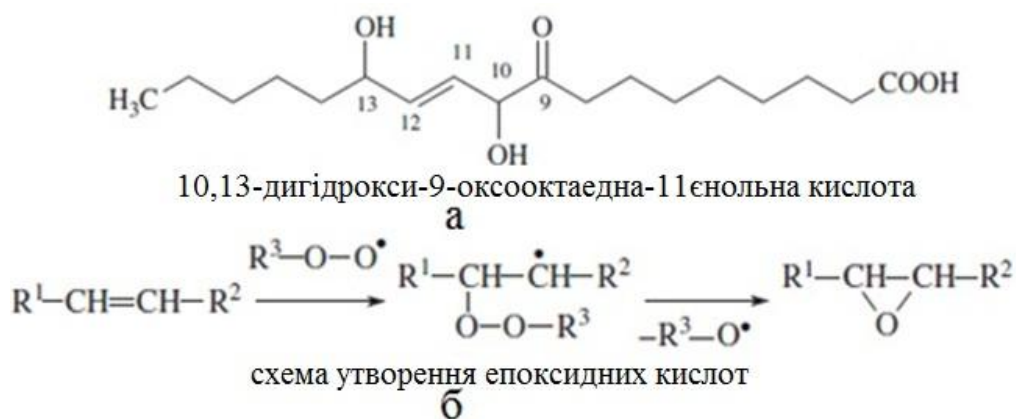
Вторинні продукти автоокиснення

Гідропероксиди жирних кислот та їх радикали реагують трьома способами у вторинних реакціях:

– реакції, які не змінюють кількість атомів вуглецю в молекулі, наприклад, утворення циклічних пероксидів та ендопероксидів, епоксидних кислот, гідроксикислот та оксикислот (рисунок 5.25);

– реакції з розкладанням молекул, з утворенням продуктів з меншим вмістом атомів вуглецю (утворення альдегідів, вуглеводнів або оксикислот);

– реакція полімеризації, в якій кількість атомів вуглецю в молекулі збільшується.



а – гідроксикислота; б – епоксидна кислота

Рисунок 5.25 – Вторинні продукти автоокиснення жирів

Фактори, що прискорюють автоокиснення

Ультрафіолетові промені прискорюють процес окиснення поліненасичених жирних кислот

Підвищена температура, особливо в інтервалі 40...45°C, різко збільшує швидкість утворення і розпаду гідропероксидів.

Йони важких металів також мають сильну каталітичну дію. Вони розкладають пероксиди з утворенням вільних радикалів

Окиснення тваринних жирів прискорюють похідні міоглобіну – гемові пігменти м'яса, які проявляють свою активність навіть за 0°C.

Ліпоксигенази – біологічний каталізатор, зустрічається у рослинних тканинах – каталізує окиснення поліненасичених жирних кислот.

Для запобігання і уповільнення окиснювальних реакцій в жири вводять антиокисники (антиоксиданти). Дія антиокисників ґрунтується на їх здатності обривати ланцюг окиснення (рисунок 5.26). Це пов'язане з ліквідацією активних радикалів, з утворенням нових, що не приймають участь в процесах окиснення.

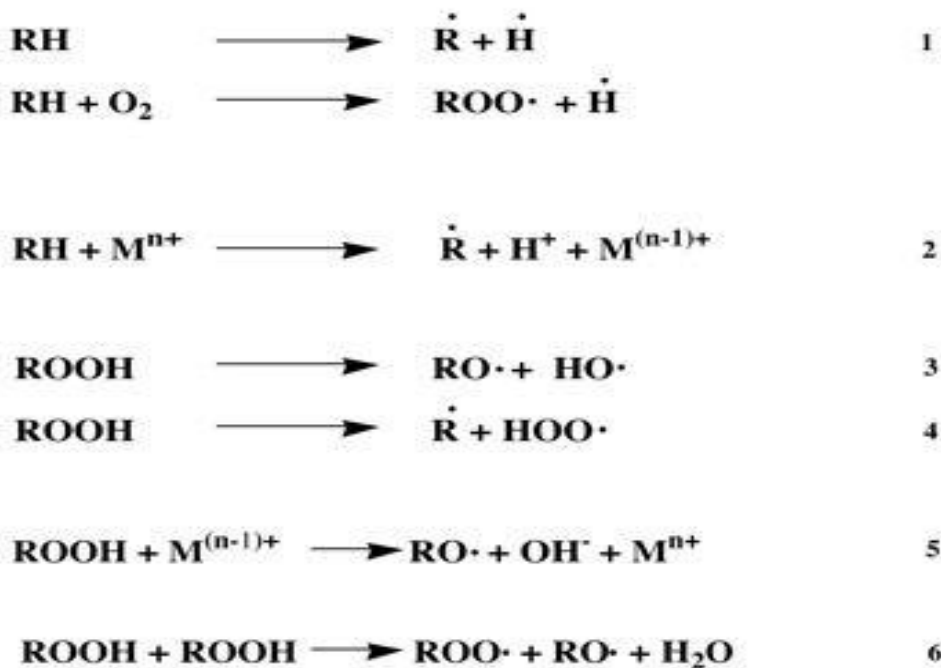


Рисунок 5.26 – Дія каталізаторів – йонів металів

Антиоксиданти

Природними антиокисниками є токоферолі (в рослинних оліях їх міститься від 0,01 до 0,28%), **госипол** бавовняних насіння, **сезамол** кунжутного насіння і деякі **фосфатиди**.

Синтетичні антиоксиданти: фенольні інгібітори окиснення, складні етери галової кислоти (їх введення в кількості близько 0,01%, підвищує стійкість деяких жирів більш ніж в 10 разів); норгідрогуаяретова кислота (рисунок 5.27); бутилгідрокситолуол і бутилгідоксианізол (Е 321 і Е 320).



Рисунок 5.27 – Синтетичні антиоксиданти

Синергісти антиоксидантів

Синергісти – речовини, що підсилюють активність або тривалість дії антиоксидантів.

Дія синергістів зумовлена здатністю дезактивувати йони металів змінної валентності: міді, кобальту, мангану, заліза.

Найбільш активними синергістами є сполуки, що утворюють з йонами металів стабільні комплексні сполуки, що не беруть участі в окиснювальних процесах – комплекси.

До комплексонів відносять деякі окси- і амінокислоти, а також похідні фосфорної кислоти.

Найпоширенішими синергістами є лимонна, аскорбінова, щавлева, винна і деякі інші кислоти. Їх широко застосовують у виробництві маргарину і майонезу.

Осалування жирів.

Процес осалування – зміна органолептичних та фізико-хімічних характеристик жирів в результаті накопичення в них гідроксид-, оксид-, поліоксид- та епоксидних сполук.

Оксидокислоти утворюються в результаті взаємодії вільних радикалів ($\bullet\text{OH}$ і $\text{NO}_2\bullet$) з молекулами жирних кислот.

Кількість оксидокислот визначають за ацетиловим числом, яке зростає зі збільшенням кількості оксигруп.

Вільні радикали виникають в результаті розпаду пероксидів, що утворюються під час окиснення жирних кислот.

Оксидокислоти залучаються до процесу полімеризації з утворенням високомолекулярних сполук, що надають жиру характерної сальної мазеподібної консистенції.

Ознаки осалування жиру:

- підвищення температури плавлення і твердості жиру, поява сальної консистенції

- специфічний неприємний запах (стеаринової свічки, оселедця – триметиламіну) і смак.

- знебарвлення – окиснення каротиноїдів та інших пігментів, розпад токоферолів;

- інколи зміна спектру поглинання і як наслідок – зеленувате забарвлення;

- інколи – темний колір (для олій, одержаних з насіння, уражених цвільлю, внаслідок окиснення мікотоксинів; для бавовняної олії – внаслідок окиснення госиполу)

- утворення токсичних продуктів – вільних радикалів, пероксидів, карбонільних сполук: гідрпероксиди легко засвоюються організмом, затримують розвиток організму, що росте, можуть сприяти утворенню злоякісних пухлин; найбільш токсичним є гідрпероксид лінолевої кислоти.

Процес осалування прискорюється з підвищенням температури і під впливом сонячного світла.

Утворення штафу. На поверхні вершкового масла або маргарину утворюється напівпрозорий темнуватий шар – штаф, що має своєрідний запах і неприємний гіркуватий смак, в результаті одночасного перебігу окиснювальних, гідролітичних, мікробіологічних та фізичних процесів.

Окиснення ліпідів, що зумовлює утворення штафу, проявляється в співвідношенні жирних кислот: знижується вміст низькомолекулярних і ненасичених, одночасно збільшується вміст стеаринової і пальмітинової кислот, накопичуються пероксидні сполуки. Крім того, накопичуються карбонільні сполуки, які зумовлюють неприємний смак і запах штафу. В результаті гідролізу і окиснення знижується кількість тригліцеридів, збільшується вміст моно-, дигліцеридів і вільних жирних кислот.

Мікробіологічні процеси проявляються як ряд перетворень ферментативного характеру в результаті життєдіяльності протеолітичних і психротрофних бактерій.

Одночасно зі зміною ліпідів відбувається розпад білкових речовин. В результаті чого підвищується дисперсність білка, посилюється поглинання кольору, що супроводжується потемнінням штафного шару.

Для попередження розвитку штафу вершкового масла і маргарину використовують газо-, волого-, паронепроникні пакувальні полімерні і комбіновані матеріали.

Висихання жирів. Це здатність рідких, в основному рослинних, олій полімеризуватись за присутності кисню повітря. Під час висихання на поверхні олії утворюються пружні міцні плівки, які з часом товщають. Речовини, що утворюють такі плівки, називаються оксинами. Вони є продуктами окиснювальної полімеризації жирних кислот молекул тригліцеридів.

Термічне розкладання жирів

Термічне розкладання жиру з виділенням диму (піроліз) відбувається за високих температур, понад 200°C.

Температура, за якої починається виділення диму, називається температурою (або точкою) димоутворення, або піролізу (рисунок 5.28).

Величина точки димоутворення залежить від

- природи жиру (рідкі жири мають нижчі значення ТД);
- вмісту вільних жирних кислот (чим їх більше, тим нижчою є ТД)

Наприклад, збільшення у свинячому жирі вмісту вільних жирних кислот з 0,02 до 0,81% зменшує температуру піролізу з 221 до 150°C.

- вміст транс-ізомерів
- матеріалу і розміру посуду (чим більша площа поверхні, тим нижча ТД);
- присутність металів (залізо і мідь каталізують піроліз).

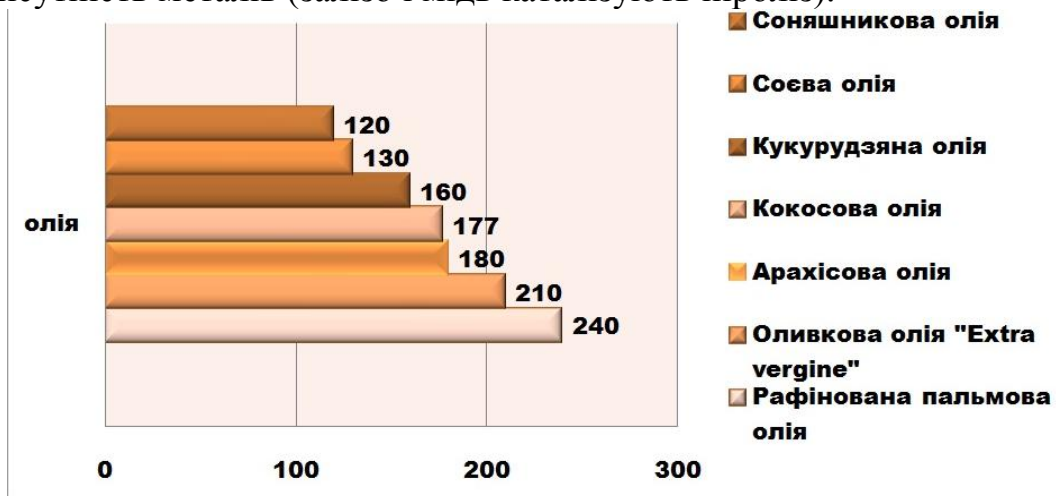


Рисунок 5.28 – Температура димоутворення деяких олій

Утворення акриламідів характерно для крохмалистих продуктів (картоплі, крупи) та кави.

Утворення акриламідів полегшується відсутністю води та наявністю аспарагіну (амінокислоти) і редуруючих цукрів (таких як глюкоза або фруктоза, що містяться в картоплі, але також і в карамелізованій їжі).

Контрольні питання

1. Дайте визначення ліпідам та назвіть їх класифікацію.
2. Назвіть найбільш важливі ПНЖК. Які їх функції в організмі людини?
3. Чому потрібне збільшення споживання жирної риби?
4. Яка роль арахідонової кислоти в організмі людини? Яка жирна кислота є попередником арахідонової кислоти в організмі?
5. Яка позитивна і негативна роль холестерину в організмі людини?
6. Яка роль лецитину (фосфатидилхоліну) в харчуванні? З чого отримують лецитин і кефалін? Під час виробництва яких продуктів використовують лецитин і кефалін?
7. Охарактеризуйте процеси промислового гідролізу тригліцеридів. З якою метою проводиться гідроліз жирів?
8. У чому полягає основна реакція, що відбувається під час гідрогенізації жирів?
9. Які види ізомеризації можливі в процесі гідрогенізації тригліцеридів?
10. У чому полягає процес переетерифікації тригліцеридів?
11. Де використовують переетерифіковані жири?
12. Які основні хімічні і біохімічні перетворення відбуваються в процесі переробки і зберігання жирів?
13. У чому полягає процес автоокиснення жирів? Назвіть основні продукти окиснення жирів.
14. У чому полягає окиснювальне псування жирів?
15. Чим зумовлено згіркнення жирів?
16. У чому проявляється осалювання жирів і яка його причина?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ленинджер А. Основы биохимии. – М.: Мир, 1985.
2. Пищевая химия / Нечаев А.П., Траубенберг С.Г., Кочеткова А.А. и др. Под ред. А.П. Нечаева. Издание 2-е, перераб. и испр. – СПб.: ГИОРД, 2003. –640 с.
3. Смоляр В.И. Рациональное питание. - Киев: Наук. думка, 1991. - 355с.
4. Belitz H.-D., Grosch W., Schieberle P.: Food Chemistry. 4th revised and extended edn, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2009.
5. Coultate T.P.: Food. The Chemistry of its Components. 2nd edn, The Royal Society of Chemistry, London, 2002. – 432 p.
6. DeMan J.M. Principles of Food Chemistry. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland, 1999. – 520 p.
7. Fennema O.R. Food Chemistry, Third Edition. CRC Press, 1996. – 1088 p.
8. Velisek J. The Chemistry of Food. – Wiley-Blackwell, 2014. – 1124 p.