Львівський професійний коледж
готельно-туристичного та ресторанного сервісу

ЗАТВЕРДЖУЮ
Заступник директора з НМР
_____ Марія СКОРОБОГАТА
26 серпня 2025 р.

Методичні матеріали для проведення лекцій з дисципліни «ХАРЧОВА ХІМІЯ»

Спеціальність «Харчові технології»
Освітньо-професійний ступінь фаховий молодший бакалавр
Освітньо-професійна програма «Харчові технології»

Підготувала:
Викладач Мельник Н.М.

Погоджено на засіданні циклової комісії викладачів природничо-математичного циклу
Протокол № 01 від 26 серпня 2025 р.

Голова циклової комісії _____ Ігор МАТВІЇВ

Львів 2025

Лекція 1. Вода в сировині та харчових продуктах

План

1 Вода в сировині і харчових продуктах, її вміст
2 Властивості води
3 Форма зв'язку води в харчових продуктах: вільна і зв'язана
4 Активність води в харчових продуктах: волога Залежність збереження стабільності харчових продуктів від активності води

Вода є важливою складовою харчових продуктів. Вона є присутньою в різноманітних рослинних і тваринних продуктах як клітинний і позаклітинний компонент, розчинник, зумовлюючи їх консистенцію і структуру і впливаючи на зовнішній вигляд, смак і стійкість продукту під час зберігання. Завдяки фізичній взаємодії з білками, полісахаридами, ліпідами і солями, вода вносить значний вклад в текстуру їжі.

Вода, хоча і не є поживною речовиною, але відіграє надзвичайно важливу роль в організмі як:

– стабілізатор температури тіла;

– переносник нутрієнтів (поживних речовин) і травних відходів;

– компонент реакцій і реакційне середовище;

– стабілізатор конформації біополімерів;

– речовина, що полегшує динамічну поведінку макромолекул, включаючи каталітичні властивості.

Вода як найважливіший компонент харчових продуктів має наступне значення:

– є клітинним і позаклітинним компонентом в рослинних і тваринних продуктах;

– є диспергуючим середовищем і розчинником у великій різноманітності продуктів;

– зумовлює консистенцію і структуру продукту;

– впливає на його зовнішній вигляд і смак;

– впливає на стійкість продукту під час зберігання.

Завдяки тому, що багато видів харчових продуктів містять велику кількість вологи, потрібні ефективні способи для тривалого їх зберігання. Видалення вологи, істотно змінює біологічні речовини і природні властивості продукту. Вміст вологи в харчових продуктах знаходиться в широких межах.

Вода підтримує хімічні реакції, є прямим учасником в гідролітичних реакціях. Тому видалення вологи з харчових продуктів або зв’язування її збільшенням вмісту солі або цукру, гальмує багато реакцій й інгібує ріст

мікроорганізмів. Таким чином, збільшується тривалість зберігання багатьох харчових продуктів. Завдяки фізичній взаємодії з білками, полісахаридами, ліпідами і солями, вода вносить значний вклад в текстуру їжі.

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОДИ І ЛЬОДУ

Вода має молекулярну масу приблизно рівну 18,02 і може існувати в станах рідини, пари і льоду, що характеризуються наступними показниками фазових переходів:

Точка замерзання (плавлення) за 101,3 кПа, °С.....	0,00
Кипіння.....	100,00
Потрійна точка.....	
температура, °С.....	0,0099
тиск, Па (мм рт. ст.).....	610,4 (4,579)
Теплота, кДж/моль (ккал/моль).....	
плавлення за 0°С.....	6,01 (1,435)
Пароутворення за 100°С.....	40,63 (9,704)
Сублімації за 0°С.....	50,91 (12,16)

Як видно з цих даних для води характерні висока температура кипіння і плавлення, високі значення теплоти фазових переходів (плавлення, пароутворення, сублімації) в порівнянні з гідридами деяких елементів, розташованих близько до Оксигену в періодичній системі (CH_4, NH_3, HF, H_2S, HC1).

Воду виявляє незвичайна властивість розширюватися під час замерзання, внаслідок чого густина льоду нижча, ніж води за тієї ж температури, що нехарактерно для інших речовин під час переходу з рідкого стану в твердий. Серед інших аномалій води слід зазначити високе значення поверхневого натягу і діелектричної сталої та високу теплопровідність. Теплопровідність води вища, ніж інших рідин, а льоду – більше, ніж інших неметалічних твердих речовин. Слід також відмітити, що теплопровідність льоду за 0°С приблизно в чотири рази більше, ніж води за тієї ж температури, тобто лід проводить тепло значно швидше, ніж іммобілізована (нерухома)

вода, що знаходиться в тканинах. Якщо врахувати, що темературопровідність льоду на порядок вище, ніж води, стає зрозумілим, чому тканини замерзають швидше, ніж відтають, якщо задається однакова різниця температур.

БУДОВА МОЛЕКУЛИ І ВЛАСТИВОСТІ ВОДИ. ВЗАЄМОДІЯ ВОДИ З РОЗЧИННИМИ РЕЧОВИНАМИ

Аномальні властивості води дають змогу зробити припущення про існування міцних сил між молекулами води.

Молекула води (sp^3-гібридизація) має два частково негативних і два частково позитивних заряди в кутах тетраедра. Внаслідок цього, кожна молекула води, тетраедрично координована з чотирма іншими молекулами води завдяки водневим зв'язкам

Одночасна присутність в молекулі води двох донорів і двох акцепторів робить можливою асоціацію в тривимірну структуру, стабілізовану водневими зв'язками, що забезпечує велику силу взаємодії між молекулами. Ця структура пояснює особливі фізичні властивості води, незвичайні для малих молекул.

Здатність води утворювати тривимірні водневі зв'язки, для руйнування яких потрібна додаткова енергія, пояснює розглянуті вище незвичайні властивості води, наприклад високі значення теплоємності, точок плавлення і кипіння, поверхневого натягнення і теплот фазових переходів.

З хімічної точки зору вода є дуже реакційноздатною речовиною. Вона взаємодіє з багатьма оксидами металів і неметалів, взаємодіє з активними металами і вступає в різні інші реакції найрізноманітнішого характеру.

Перетворення білків, ліпідів, вуглеводів за участю води мають важливе значення в харчових технологіях.

Окрім хімічних реакцій, в які вступає вода, за розчинення в ній речовин мають також місце взаємодії фізико-хімічного характеру.

У випадку додавання різних речовин до води змінюються властивості як самої речовини, так і води. Гідрофільні речовини взаємодіють з водою шляхом іон-дипольного або диполь-дипольного механізму, викликаючи зміни в структурі води, її рухливості, а також в структурі і реакційній здатності гідрофільних речовин. Гідрофобні групи доданих до води речовин взаємодіють з нею слабо, віддаючи перевагу неводному оточенню. Молекули біля гідрофобних груп стають більше впорядкованими, що призводить до зменшення ентропії. Щоб зменшити контакт з водою, гідрофобні групи агрегуються.

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

Загальна вологість продукту вказує на кількість вологи в ньому, але не характеризує її причетність до хімічних, біохімічних і мікробіологічних змін

в продукті. У забезпеченні його стійкості під час зберігання важливу роль відіграє співвідношення вільної і зв'язаної вологи.

З*в'язана волога* – це асоційована вода, міцно зв'язана з різними компонентами – білками, ліпідами і вуглеводами за рахунок хімічних і фізичних зв'язків. Така вода існує поблизу розчиненої речовини й інших неводних компонентів, має зменшену молекулярну рухливість та інші властивості, що відрізняються від усієї маси води в тій же системі, і не замерзає за температури -40ºС.

Вільна волога – це волога, яка не зв'язана полімером і доступна для перебігу біохімічних, хімічних і мікробіологічних реакцій.

Наприклад, за вологості зерна 15...20% зв'язана вода складає 10...15%. За більшої вологості з'являється вільна волога, що сприяє посиленню біохімічних процесів (наприклад, проростанню зерна).

Плоди і овочі мають вологість 75...95%. В основному, це вільна вода, проте приблизно 5% вологи утримується клітинними колоїдами в міцно зв'язаному стані. Тому овочі і плоди легко висушити до 10...12%, але висушування до нижчої вологості вимагає застосування спеціальних методів.

Більша частина води в продукті може бути перетворена на лід за температури -5°С, а вся – за температури -50ºС і нижче. Проте певна частка міцно зв'язаної вологи не замерзає навіть за температури -60ºС.

Зрозуміло, що на видалення вільної і зв’язаної вологи затрати енергії будуть різні.

Вільна вода слабко зв'язана з сухими речовинами, легко видаляється з продукту під час висушування (t ~ 100º С), віджимання, пресування, замерзає за 0ºС. 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).

Зв'язана вода міцно утримується сухими речовинами і погано видаляється навіть випаровуванням (t > 300ºС). Зв'язана вода знаходиться в мікрокапілярах, адсорбується внутрішньоклітинними системами і утримується колоїдами білків і вуглеводів. До зв'язаної води відноситься також *кристалізаційна* вода. Наприклад, вода, що входить до складу кристалів лимонної кислоти і глюкози ($C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$). Таку воду можна видалити з продукту в результаті термічного розкладання деяких речовин за підвищених температур. Зв'язана вода має інший показник заломлення, має нижчу температуру замерзання, густину, не засвоюється мікроорганізмами і позитивно впливає на збереження продукту.

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.

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 тканинами з різною силою. Так, 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).

1. Гонський Я.І., Максимчук Т.П. Біохімія людини. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2001.

2. Николаев А.Я. Биологическая химия. – М.: Высшая школа, 1989.
3. Азбука харчування. Раціональне харчування /За ред. А.І.Смолякової і І.О.Мартинюк. – Львів: Світ, 1991. – 200 с.
4. Біохімія: Підручник для вузів. – К.: Либідь, 1995. – 464 с.

Лекція 2. Білкові речовини та ферменти в сировині та харчових продуктах

План

1 Визначення та функції білків. Значення білків в харчуванні людини

2 Норми споживання білків. Білково-калорійна недостатність та її наслідки. Харчові алергії

3 Амінокислоти та їх деякі функції в організмі

4 Незамінні амінокислоти. Харчова та біологічна цінність білків

5 Будова пептидів та білків

Білки або протеїни – високомолекулярні азотовмісні сполуки, молекули яких побудовані із залишків α-амінокислот.

Термін "протеїн", введений Берцеліусом в 1838 р. в перекладі з грецької означає "первинний", що відображає головуючу роль білків в природі.

У природі існує $10^{10}...10^{12}$ різних білків, що становлять основу $1{,}2 \cdot 10^{12}$ видів живих організмів, починаючи від вірусів і закінчуючи людиною. Вони кількісно переважають над іншими макромолекулами, є присутніми в живій клітині і складають приблизно 20% маси людського тіла, більше 50% сухої маси клітини.

Величезна різноманітність білків зумовлена здатністю двадцяти протеїногенних α-амінокислот взаємодіяти одна з одною з утворенням полімерних молекул.

Виняткова властивість білків – самоорганізація структур, тобто здатність до самодовільного створення визначеної, властивої тільки даному білку просторової структури.

За хімічною будовою білки – це біополімери, які складаються із залишків амінокислот, з'єднаних пептидними зв'язками. Для хімічного складу білків характерний постійний середній вміст нітрогену – приблизно 16%.

Білки належать до незамінних, ессенціальних речовин, без яких неможливе життя, ріст та розвиток організму. Це зумовлено фізіолого-гігієнічними функціями, які виконують білки харчового раціону в організмі людини.

БІОЛОГІЧНІ ФУНКЦІЇ БІЛКІВ

1) ***каталітична*** полягає в тому, що білки (ферменти) прискорюють біохімічні реакції в процесі обміну речовин;

2) ***структурна –*** білки у тварин утворюють рогові покриви, є основою сполучення між клітинами (на структурний білок сполучної тканини колаген припадає третина всіх білків організму за масою);

3) ***рухова,*** яку виконують скорочувальні білки, які у всіх живих організмів побудовані і функціонують за спільним принципом, наприклад, актин і міозин у м'язовому волокні;

4) ***транспортна –*** перенесення по крові гормонів, газів (гемоглобін і міоглобін), заліза, залишків жирних кислот (альбумін крові), та ін.; активний транспорт багатьох речовин через клітинну мембрану;

5) ***регуляторна –*** регулювання швидкості біохімічних процесів (гормони гіпофізу, підшлункової залози, які є білками або похідними амінокислот); нейроолігопептиди забезпечують в головному мозку складні психічні і фізіологічні явища (пептид страху, пам'яті тощо); білки є регуляторами зчитування спадкової інформації з ДНК; рецепторами мембран, які забезпечують трансформацію і передачу в клітину інформації (гормонального сигналу);

6) ***захисна*** функція білків полягає у синтезі антитіл у відповідь на появу чужорідних молекул (антитіла зв'язують і знешкоджують їх); одним із білків, що виконує таку функцію є білок інтерферон, що знешкоджує чужорідну нуклеїнову кислоту; токсини (наприклад ботулізму);

7) *енергетична* – білки можуть бути джерелом енергії для людини, так в результаті повного окиснення 1 г білка виділяється біля 17 кДж енергії, проте білки не відкладаються про запас – надмірна кількість білків, що надійшла до організму, витрачається для отримання енергії; крім того, під час розщеплення білків вивільняється токсичний продукт – аміак, на детоксикацію якого витрачається енергія. Половина з амінокислот, які утворюють білки, в організмі людини не синтезується і повинна надходити з їжею, тому використання білків як джерела енергії є для організму вимушеним, пов'язаним із незбалансованим вмістом в їжі амінокислот, необхідних для побудови білків;

8) ***інформаційна*** функція білків полягає в тому, що через білки відбувається передача генетичної інформації з покоління в покоління.

ЗНАЧЕННЯ БІЛКІВ В ХАРЧУВАННІ ЛЮДИНИ

Білки неможливо замінити іншими речовинами, їх роль в організмі людини є надзвичайно важливою і необхідність білків для організму людини пояснюється наступним:

– *білок потрібний для росту і розвитку*, так як він є основним будівельним матеріалом для утворення нових клітин;

– *білок управляє обмін речовин* (метаболізмом): за фізичного навантаження в м'язовій тканині спочатку відбувається процес розпаду речовин – катаболізм (дисиміляція), під час якого вивільняється енергія, а потім – зворотний процес – анаболізм (асиміляція), за якого енергія запасається;

– *білки справляють сильну динамічну дію на метаболізм*: після їди швидкість метаболізму зростає, так наприклад, якщо їжа багата вуглеводами, метаболізм прискорюється на 4%, якщо білками – на 30%;

– *білки регулюють водний баланс в організмі* (завдяки своїй гідрофільності – здатності притягувати воду): у здорових людей білки у поєднанні з деякими мінеральними речовинами регулюють вміст води в різних ділянках тіла; нестача білків в їжі позначається на його вмісті в крові – вона збіднюється білками, в результаті чого вода із крові переходить в міжклітинний простір і в такому випадку вода не видаляється нирками, що призводить до виникнення набряків;

– *білки підсилюють імунну систему*, синтезуючи антитіла, які борються з інфекцією, ліквідовуючи загрозу захворювання.

НОРМИ СПОЖИВАННЯ БІЛКУ

Найважливішим питанням нутриціології є питання про потребу в білках. Вважають, що денний синтез білка в організмі дорослої людини становить 500 г. Інтенсивність оновлення білків у різних тканинах є неоднаковою. Вважають, що у середньому за 3 тижні оновлюється 50% білків. Синтезуються білки в організмі людини з амінокислот, що утворюються за рахунок дисиміляції білків харчового раціону і під час дисиміляції власних білків. У тканинах існує фонд вільних амінокислот, який поповнюється як за рахунок амінокислот білків їжі, так і за рахунок дисиміляції власних білків. За рахунок реутилізації амінокислот, що утворюються внаслідок обміну білків, синтезується 2/3...3/4 власних білків організму. Відповідно, харчовий раціон повинен забезпечити надходження такої кількості амінокислот, щоб забезпечити синтез 1/3...1/4 власних білків. Наукове обґрунтування цієї кількості білка відбувається за азотистим балансом. Якщо людина знаходиться на безбілковому харчовому раціоні, то втрата азоту з сечею, калом та потом становить 85 мг на 1 кг маси тіла. Коли азот перерахувати на білок (85мг×6,25), то це буде становити 0,5 г білка на 1 кг маси тіла. Таким чином, для підтримання рівноваги між процесами синтезу та деструкції білків необхідно, щоб з харчовим раціоном надходило на 1 кг маси тіла 0,5 г білків. Але за такого рівня білка у харчовому раціоні процеси синтезу та деструкції білків не завжди врівноважені.

Для вивчення потреби організму у білках вимірюють їх баланс, тобто зіставляють кількість протеїнів, що надійшли до організму, і продуктів їх розпаду, що виділилися.

У здорової дорослої людини за повноцінного раціону харчування існує ***азотиста рівновага.***

Молодий організм, який росте, характеризується ***позитивним балансом*** білків – азоту виводиться з організму менше, ніж надходить, оскільки переважають пластичні процеси.

Коли кількість білка у харчовому раціоні недостатня, то спостерігається ***від'ємний азотистий баланс***. Це свідчить про те, що витрата тканинних білків перевищує надходження незамінних амінокислот з білками харчового раціону. Від'ємний азотистий баланс може виникати за нестачі білків в раціоні, а також у старих людей.

Таким чином, враховуючи можливості виникнення з тих чи інших причин від'ємного азотистого балансу, під час розрахунку норм споживання білку на мінімальну потребу (0,5 г білка на 1 кг маси тіла) роблять поправки: 10% на стрес (0,55 г), 40% на важку працю (0,77 г), 30% на найгіршу засвоюваність (1 г). Потреба у білках залежить також від статі, віку, характеру трудової діяльності, кліматичних умов, національних особливостей харчування.

Продовольча комісія ВООЗ рекомендувала встановити оптимальний рівень потреби у білку для чоловіків та жінок 1 г на 1кг маси тіла (в середньому, 60...110 г/добу для дорослих людей). Це є середнє число необхідної потреби людини. Однак коли місцеві раціони базуються на грубій, волокнистій їжі, згідно з рекомендаціями, необхідно збільшити вміст білка у харчовому раціоні відносно зменшення рівня його перетравлювання та засвоєння (на 10...15%).

Рекомендовані норми споживання білка в різних країнах є різними. Рекомендовані норми споживання білків в нашій країні є такими: 72...120 г білків на добу для чоловіків і 60...90 г – для жінок, у тому числі білків тваринного походження 43...65 і 43...49 г відповідно. Нижня межа для осіб, чия робота не пов'язана з фізичною працею, верхня – для осіб, що відчувають сильні навантаження.

Потреба у білках збільшується до 110...120 г для осіб, що перенесли важкі інфекції, хірургічні втручання, що мають захворювання органів травлення, дихання, а у високобілковій дієті, наприклад, у діабетиків, його кількість може досягати 135...140 г.

Білки обмежуються до 20...40 г/добу під час захворювань, пов'язаних з нирковою недостатністю та деяких інших.

Враховуючи вікові категорії, норми споживання білків складають:

для немовлят.....	3 г/кг	для молоді до 18...1.....	1,5 г/кг
для дітей 4...6 років.....	2 г/кг	для дорослих.....	0,9 г/кг
для дітей 10...12 років...	1,5 г/кг	для вагітних жінок і людей старших 60 років..	1,5 г/кг

Літнім людям потрібно білків більше, оскільки у них гірше відбуваються процеси травлення і засвоюваності білків.

Порушення норм надходження білків має негативні наслідки (рисунок 4.1).

Надмірний вміст білків призводить до:

– збільшення утворення аміаку в тканинах;

– накопичення токсичних продуктів в товстому кишечнику, оскільки посилюються неконтрольовані організмом процеси гниття;

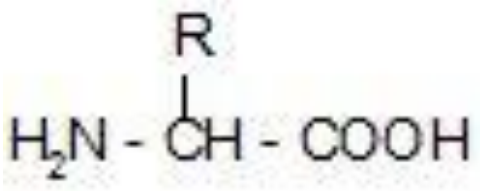
– підвищення навантаження на печінку, в якій відбувається знешкодження, і на нирки, через які продукти виводяться з організму;

– надмірне збудження нервової системи, гіповітаміноз А і B_6.

Тривале споживання білків понад 3 г на 1кг маси тіла призводить до розвитку подагри, що пов’язано з утворенням значної кількості сечовини та сечової кислоти, солі якої відкладаються у суглобах.

До складу білків входять α-амінокислоти, тобто такі, в яких аміногрупа розташована біля другого атома С. Між аміно- і карбоксильною групами знаходиться тільки один α-С атом. В процесах обміну речовин утворюються і інші види амінокислот. Наприклад, γ-аміномасляна кислота (ГАМК) – є медіатором центральної нервової системи. Амінокислоти, що входять до складу білків, а їх більше 20, називаються протеїногенними. Серед амінокислот розрізняють незамінні амінокислоти – це амінокислоти, які необхідні для росту та нормального розвитку організму і не синтезуються в ньому, а засвоюються готовими з їжі. До них належать: валін, лейцин, ізолейцин, лізин, фенілаланін, метіонін, триптофан, треонін, гістидин і аргінін.

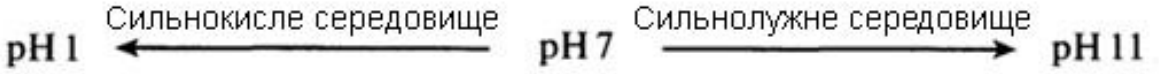
Загальну формулу α-амінокислоти можна зобразити так:



де R- вуглеводневий радикал. Радикал може бути аліфатичний або циклічний, містити різні функціональні групи. Одна із двадцяти α-амінокислот (пролін) є не аміно-, а імінокислотою, тому що її атом Нітрогену входить до складу циклу.

Для пояснення і розуміння властивостей амінокислот варто пам'ятати наступне:

1. Амінокислоти в твердому або розчиненому стані, завжди знаходяться у формі біполярних іонів (цвіттер-іонів), положення рівноваги яких залежить від pH середовища:



Перебування амінокислот у вигляді іонів зумовлює розчинність у воді і нерозчинність в неполярних рідинах. Більшість амінокислот є розчинними у воді, але у амінокислот із гідрофобними групами (ізолейцин, лейцин, тирозин) розчинність є відносно невисокою. В організмі іонний стан амінокислот визначається їх всмоктуваністю в шлунково-кишковому тракті після гідролітичного розщеплення білків і транспорту до різних органів і тканин. Здатність до іонізації в кислому або лужному середовищі лежить в основі розділення амінокислот за допомогою іонообмінної хроматографії і електрофорезу.

2. Більшість природних α-амінокислот відносяться до L-стереохімічного ряду, однак в деяких пептидах (антибіотики граміцидин, актиноміцин) зустрічаються амінокислоти D-ряду. Останні, як правило, не засвоюються організмом людини. Амінокислоти D- і L-рядів значно відрізняються за смаком. Так, D-глутамінова кислота не має смаку, а L-глутамінова кислота має смак м'яса (її отримують із клейковини пшениці і використовують як смакову добавку до харчових концентратів). Солодкий смак мають й інші амінокислоти L-ряду: валін, треонін, пролін, серин (використовуються як замінники цукру в харчуванні діабетиків).

3. Амінокислоти відрізняються одна від одної структурою бічних ланцюгів, від яких залежать хімічні, фізичні властивості і фізіологічні функції білків в організмі

Незамінні амінокислоти. Харчова та біологічна цінність білків

Безпечний рівень споживання білків залежить не тільки від їх кількості у харчовому раціоні, але і від якості. За якістю усі білки поділяються на повноцінні та неповноцінні.

Біологічну цінність білків визначає:

– наявність в них незамінних амінокислот, їх співвідношення із замінимими (незамінних амінокислот 10);

– перетравлюваність ферментами в травній системі

Відомо біля 80 амінокислот, 25 з них найчастіше зустрічаються у білках продуктів харчування та у тканинних білках. Більшість амінокислот синтезується організмом людини. Деякі амінокислоти не синтезуються, забезпечення ними організму людини відбувається за рахунок реутилізації та надходження з їжею. Ці амінокислоти набули назви *незамінних, або ессенціальних*. *До* ***незамінних амінокислот*** *належать:* ***валін, лізин, лейцин, ізолейцин, метіонін, треонін, триптофан та фенілаланін***. Для дитячого організму незамінними амінокислотами є також ***аргінін та гістидин***.

Біологічно цінні білки містять усі незамінні амінокислоти в кількостях, необхідних для нормального розвитку організму людини.

Біологічна цінність білків тваринного походження вища, ніж рослинних білків. Білки, що містяться в рослинах, не містять деяких незамінних амінокислот або утримують їх в недостатній кількості. Найчастіше в невеликих кількостях містяться лізин, тренін, триптофан, тому рослинні білки відносяться до неповноцінних.

Так наприклад, підрахували, що для отримання кількості незамінних амінокислот, яка міститься в 28 г курячого м'яса необхідно з’їсти 453 г картоплі.

Прийнято вважати, що "еталонний" за своїм амінокислотним складом білок міститься в яйцях, а також в материнському молоці.

Амінокислотний склад тваринних білків близький до амінокислотного складу білків людини. Вони містять достатню кількість незамінних амінокислот і, тому, є повноцінними в харчовому відношенні білками.

Показники біологічної цінності білків

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

Амінокислотний скор – відсотковий вміст кожної з амінокислот по відношенню до її вмісту у білку, прийнятому за стандарт (ідеальний білок).

Амінокислотний скор розраховують за формулою:

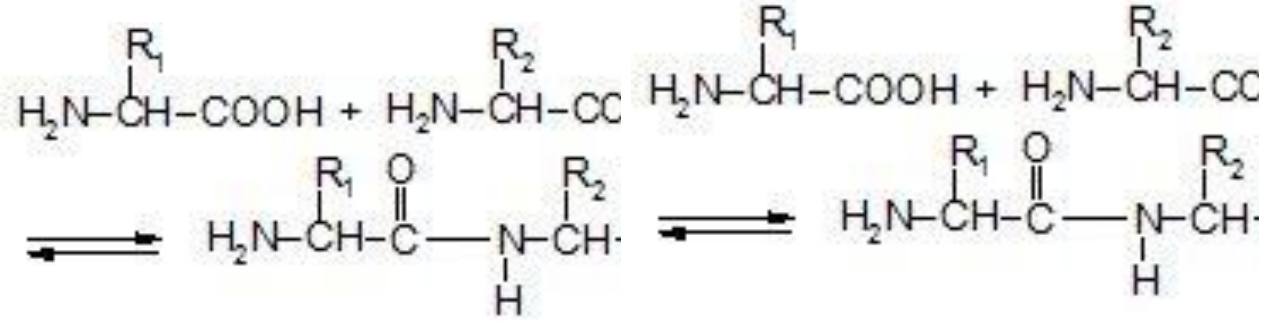
$$\text{Амінокислотний скор} = \frac{\text{мг амінокислоти в 1г білка}}{\text{мг амінокислоти в 1г еталона}}$$

(4.1)

Амінокислотний склад еталонного білку є збалансованим і ідеально відповідає потребам організму людини в кожній незамінній кислоті, через це його ще називають "ідеальним". В 1973 р. в доповіді ФАО і ВООЗ були опубліковані дані щодо вмісту кожної амінокислоти в еталонному білку. В 1985 р. вони були уточнені в зв'язку з накопиченням знань про оптимальний раціон людини

До складу білків входить в основному 20 різних альфа-амінокислот, які сполучені між собою у певній послідовності. У молекулі білка розрізняють такі типи зв'язків: пептидний, дисульфідний, водневий, йонний та гідрофобну взаємодію.

Пептидний зв'язок – це зв'язок, який утворений карбоксильною групою однієї амінокислоти з α-амінною групою іншої кислоти:



Утворена сполука називається пептидом. В результаті сполучення двох амінокислот утворюється дипептид, трьох – трипептид, а багатьох – поліпептид. Пептидний зв'язок є міцним, він піддається гідролізу тільки за тривалого кип'ятіння в кислому або лужному середовищі.

Наявність пептидного зв'язку визначають біуретовою реакцією, характерною для амідів, зокрема, для біурету. Першим біуретову реакцію пептидів вивчав О. Я. Данилевський. Суть її полягає у взаємодії пептидної групи з йонами міді (II) в лужному середовищі з утворенням розчинного комплексу фіолетового кольору. Ця реакція дуже чутлива і використовується як для якісного, так і для кількісного визначення пептидів.

Дисульфідний зв'язок – зв'язок, який утворюється внаслідок відщеплення атомів Гідрогену від сульфідних груп двох амінокислотних залишків цистеїну:

$$SH + HS\text{-} \rightarrow \text{-} S\text{-}S\text{-} + 2H$$

Дисульфідні зв’язки мають велике значення у формуванні третинної структури білків. Вони є нестійкими до дії водню.

У білків розрізняють чотири рівні структурної організації – первинну, вторинну, третинну й четвертинну

Первинна – певна послідовність залишків альфа α-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.

Література

Пасальський Б.К. Хімія харчових продуктів: Навчальний посібник. – К.: Київ. Держ.торг.-екон.ун-т, 2000. – 196 с.

Ластухін Ю.О. Хімія природних органічних сполук : навч. посіб. / Ю.О. Ластухін. – Л. : Нац. ун-т «Львів, політехніка»; Інтелект-Захід, 2005. – 560 с.

Сегеда А.С. Аналітична хімія. Якісний аналіз: навч.-метод. посіб. /

Лекція 3. Вуглеводи в сировині та харчових продуктах

План

1 Класифікація і характеристика вуглеводів
2 Вуглеводи в харчових продуктах
3 Фізіологічне значення вуглеводів
4 Функції вуглеводів в харчових продуктах

Вуглеводи – це складні органічні речовини, що є полігідроксиальдегідами або полігідроксикетонами або утворюють ці речовини в результаті гідролізу.

Вуглеводи поділяють на три основні групи: моносахариди, олігосахариди і полісахариди

МОНОСАХАРИДИ

Моносахариди зазвичай містять від 3 до 9 атомів вуглецю, причому найбільш поширеними є пентози і гексози. За функціональними групами вони поділяться на альдози і кетози.

Моносахариди знаходяться зазвичай в таутомерній рівновазі зі своєю циклічною формою. Таутомерні циклічні форми цукрів є внутрішніми напівацеталями. В результаті циклізації з'являється новий асиметричний атом вуглецю, який називають глікозидним (або аномерним). Ізомери відносно аномерного центру називаються α- і β-аномерами.

Серед моносахаридів широко відомі глюкоза, фруктоза, галактоза, арабіноза, ксилоза і D- рибоза.

Глюкоза (виноградний цукор) у вільному стані міститься в ягодах і фруктах (у винограді до 8%; у сливі, черешні – 5...6%; у меді – 36%). З молекул глюкози побудовані крохмаль, глікоген, мальтоза; глюкоза є складовою частиною сахарози, лактози.

Фруктоза (плодовий цукор) міститься в чистому вигляді у бджолиному меді(до 37%), винограді(7,7%), яблуках(5,5%); є складовою частиною сахарози.

Галактоза – складова частина молочного цукру (лактози), яка міститься в молоці ссавців, рослинних тканинах, насінні.

Арабіноза міститься в хвойних рослинах, у буряковому жомі, входить до складу пектинових речовини, слизу, гуми (камедь), геміцелюлози.

Ксилоза (деревний цукор) міститься у бавовняному лушпинні, кукурудзяних початках. Ксилоза входить до складу пентозанів. З'єднуючись з фосфором, ксилоза переходить в активні сполуки, що відіграють важливу роль у взаємоперетвореннях цукрів.

Серед моносахаридів особливе місце займає D-рибоза – універсальний компонент головних біологічно активних молекул, відповідальних за передачу спадкової інформації, – рбонуклеїнової (РНК) і дезоксирибонуклеїнової (ДНК) кислот; входить і до складу АТФ і АДФ, за допомогою яких у будь-якому живому організмі запасається і переноситься хімічна енергія. Заміна в АТФ одного з фосфатних залишків на піридиновий фрагмент призводить до утворення ще одного важливого агента НАД – речовини, що бере безпосередню участь в перебігу життєво важливих окиснювально-відновних процесів.

ПОЛІСАХАРИДИ

Олігосахариди – це полісахариди 1-го порядку, молекули яких містять від 2 до 10 залишків моносахаридів, з'єднаних глікозидними зв'язками. Відповідно до цього розрізняють дисахариди, трисахариди і т. д.

Дисахариди – складні цукри, кожна молекула яких в результаті гідролізу розпадається на дві молекули моносахаридів. Дисахариди, разом з полісахаридами, є одним з основних джерел вуглеводів в їжі людини і тварин. За будовою дисахариди є глікозидами, в яких дві молекули моносахаридів з'єднані глікозидним зв'язком.

До дисахаридів належать мальтоза, сахароза і лактоза. Мальтоза – α глюкопіранозил-(1,4)-α-глюкопіранозою, утворюється як проміжний продукт в результаті дії амілаз на крохмаль (або глікоген).

Серед природних трисахаридів найбільш відомою є рафіноза, що містить залишки фруктози, глюкози і галактози. Вона знаходиться в значних кількостях в цукровому буряку і у багатьох інших рослинах, зокрема у бобових. В цілому олігосахариди, присутні в рослинних тканинах.

Полісахариди ІІ-го порядку за загальними принципами будови поділяються на дві групи: гомополісахариди (складаються з однакових моносахаридних ланок) і гетерополісахариди (складаються із моносахаридних ланок різних типів).

За функціональним призначенням полісахариди поділяють на структурні і резервні. Важливим структурним полісахаридом є целюлоза, а головними резервними полісахаридами є глікоген і крохмаль (у тварин і рослин відповідно).

Крохмаль є комплексом двох гомополісахаридів: лінійного – амілози і розгалуженого – амілопектину, загальна формула яких $(C_6H_{10}O_5)_n$. Як правило, вміст амілози в крохмалі складає 10...30%, амілопектину 70...90%. Полісахариди крохмалю побудовані із залишків глюкози, з'єднаних в амілозі і в лінійних ланцюгах амілопектину α-1,4-зв'язками, а в точках галуження амілопектину міжланцюговими α-1,6-зв'язками. Крохмаль є головною

складовою частиною їжі людини. Хліб, картопля, крупи, овочі – головний енергетичний ресурс її організму.

Глікоген – полісахарид, що міститься в тканинах тварин, близький за своєю будовою до амілопектину. Молекула глікогену, як і молекула амілопектину, побудована з сильно розгалужених ланцюжків (розгалуження через кожні 3...4 ланки) із загальною кількістю глюкозидних залишків 5...50 тис (з молекулярною масою 1...10 млн).

Целюлоза (або клітковина) – найбільш поширений рослинний гомополісахарид. Вона виконує роль опорного матеріалу рослин, з неї будується жорсткий скелет стебел, листя. У чистому вигляді вона відома у вигляді вати і фільтрувального паперу (письмовий й усі інші види паперу проклеюються). Деревина наполовину складається з клітковини і, крім того, містить зв'язаний з нею лігнін – високомолекулярну речовину фенольного характеру. Целюлоза є полімером, що містить 600...900 залишків глюкози (середня молекулярна маса 1...1,5 млн.).

У молекулі целюлози залишки глюкози з'єднані β-(1,4)-глікозидними зв'язками, що визначає лінійну структуру полімеру. Целюлоза не розщеплюється звичайними ферментами шлунково-кишкового тракту ссавців, а тільки під дією ферменту целюлази, що виділяється з кишкової флори травоїдних, розпадається на целодекстрини (олігоцелсахариди) і целобіозу.

Декстрани – гомополісахариди, побудовані із залишків D-глюкози з домінуючим типом α-(1,6)-глікозиднго зв'язку; бічні розгалуження приєднуються до центрального ланцюга в положеннях 3 і 4. Декстран утворюється з сахарози під дією специфічного ферменту декстрансахарази, що виробляється бактеріями. В залежності від вживаного штаму бактерій синтезуються декстрани різного ступеня розгалуженості. Декстрани використовують для отримання молекулярних сит – сефадексів різних марок.

Пентозани – целюлозоподібні полісахариди, побудовані з ксилози, арабінози й інших пентоз. Особливо багаті пентозанами шкаралупа горіхів, соняшників, кукурудзяні початки, солома, жито.

Інулін – високомолекулярний вуглевод, розчинний у воді, осаджується з водних розчинів під час додавання спирту. В результаті гідролізу за допомогою кислот утворює фруктофуранозу і невелику кількість глюкопіранози. Міститься у великій кількості у бульбах земляної груші і жоржини, в коренях кульбаби, коксагизу і цикорію, в артишоках, в коренях, листі і стеблах каучуконосної рослини гваюли (Parthenium argentatum). У цих рослинах інулін замінює крохмаль. Фермент який гідролізує інулін з

утворенням фруктози – інулаза – міститься у рослинах, пліснявих грибах і дріжджах.

Слиз і гумі (камедь) – група колоїдних полісахаридів, до яких належать розчинні у воді вуглеводи, що утворюють надзвичайно в'язкі і клейкі розчини. Типовими представниками цієї групи є гумі, що виділяються у вигляді напливів вишневими, сливовими або мигдалевими деревами в місцях ушкодження гілок і стволів. Слиз міститься у великій кількості в льняному насінні і в зерні жита. Саме їх вмістом пояснюється висока в'язкість відвару з льняного насіння або ж водяної бовтанки житнього борошна.

Вишневий клей складається із залишків галактози, манози, арабінози, n-глікуронової кислоти і незначної кількості ксилози. Слиз житнього зерна майже на 90% складається з пентозанів. Цей слиз надзвичайно сильно набрякає у воді і дає дуже в'язкі розчини.

Камеді мають такі цінні властивості, як підвищена в'язкість, клейкість, здатність до набрякання і т. д. Камедь (гуміарабінотрагакант) застосовується в якості зв’язуючих речовин і загусників, служить емульгатором, основою для косметичних і фармацевтичних кремів і паст, стабілізатором в харчовій промисловості.

Пектинові речовини – полісахариди, основою яких є полігалактуронова (пектова) кислота. Вони входять до складу рослинних клітин і виконують важливі фізіологічні функції – регулюють водний баланс, приймають участь в утворенні скелету рослини.

Пектинові речовини, що містяться в рослинних соках і плодах, є гетерополісахаридами, побудованими із залишків галактуронової кислоти, з’єднаних α-(1,4)-глікозидними зв'язками. Карбоксильні групи галактуронової кислоти різною мірою естерифіковані метиловим спиртом.

В рослинах пектинові речовини містяться у формі водорозчинного *пектину*, *протопектину*, а також у формі кальцієвих і магнієвих солей *пектинової кислоти*. Розчинна форма пектинових речовин – вільний пектин – знаходиться в клітинному соку рослин.

Протопектин – нерозчинна у воді похідна пектинових речовин (молекулярна маса 20...30 тис), в якій молекули пектину хімічно з’єднані з іншими компонентами клітинної стінки – целюлозою, арабаном, галактаном, геміцелюлозою, структурним білком.

Під час гідролізу протопектину утворюється розчинний пектин. В рослинних тканинах під час дозрівання соковитих плодів пектинові речовини розщеплюються пектолітичними ферментами і протопектин переходить в розчинний пектин, а всі форми пектину розпадаються аж до вільної галактуронової кислоти.

Пектинові кислоти – це полігалактуронові кислоти, в незначній мірі естерифіковані залишками метанолу;

Пектин – цє майже повністю естерифікована пектинова кислота. Пектини є розчинними у воді, утворюють колоїдні розчини.

Характерною властивістю пектинових речовин є їх гелеутворююча здатність, тобто здатність утворювати желе за певного співвідношення пектину, органічних кислот, цукру. Ця властивість широко використовується в кондитерській промисловості у виробництві мармеладу, пастили, зефіру. В нашій країні пектин отримують із відходів виробництва цукру із цукрового буряка – жому та із яблучних вижимок.

До *геміцелюлоз* відносяться різноманітні за хімічною структурою гетерополісахариди рослин: глюкоманани, галактоманани і ксилани, що містять у бічних ланцюгах арабінозу, глюкозу і т. д. У рослинах геміцелюлози, як правило, супроводжують целюлозу і лігнін, причому ксилани і глюкоманани міцно адсорбуються на поверхні целюлози.

Геміцелюлози, що виділяються з різних рослин, відрізняються за структурою. У деревах і насінні вони представлені лінійними глюкомананами, що містять залишки β-D-манози і β-D-глюкози, сполучених β-(1,4)-глікозидними зв'язками. У травах і деревині виявлені геміцелюлози, ланцюги яких побудовані із залишків ксилопіраноз, з’єднаних β-(1,4)-глікозидними зв'язками, причому в основному ланцюзі є різні розгалуження.

Вуглеводи в харчових продуктах

Вуглеводи складають 3/4 сухої маси рослин і водоростей, вони містяться в зернових, фруктах, овочах і в інших продуктах.

Головними засвоюваними вуглеводами в харчуванні людини є крохмаль і сахароза. Крохмаль є головним енергетичним ресурсом людського організму. Джерела крохмалю – зернові, бобові, картопля. На частку крохмалю припадає приблизно 80% від усіх вуглеводів, що споживає людина.

Моносахариди і олігосахариди (у тому числі сахароза) міститься в зернових культурах у відносно невеликих кількостях (таблицю 6.1 і 6.2). Сахароза зазвичай потрапляє в людський організм з продуктами, в які вона додається (кондитерські вироби, напої, морозиво та ін.). Зважаючи на те, що сахароза значною мірою сприяє зростанню глюкози в крові, варто зазначити, що продукти з високим вмістом цукру (в першу чергу кондитерські вироби) є найменш цінними з усіх вуглеводних продуктів.

Зараз є вже доведеним той факт, що необхідно збільшувати в раціоні кількість харчових волокон, джерелом яких є житні і пшеничні висівки, овочі, фрукти. Хліб з цілісного зерна, з точки зору вмісту харчових волокон, набагато цінніший, ніж хліб з борошна вищих сортів, що не містять алейронового шару і зародка

ОСНОВНІ ФУНКЦІЇ ВУГЛЕВОДІВ

Вуглеводи є основною складовою частиною харчового раціону людини, оскільки їх споживають приблизно в 4 рази більше, ніж жирів і білків. Вони виконують в організмі багато різноманітних функцій але головна з них – енергетична (рисунок 6.2). Упродовж життя людина в середньому споживає близько 14 т вуглеводів, у тому числі більше 2,5 т моно- і дисахаридів. За рахунок вуглеводів забезпечується близько 60% добового енергоспоживання, тоді як за рахунок білків і жирів разом узятих – тільки 40%

Середня потреба у вуглеводах складає 350-500 г/добу. У випадку збільшення фізичного навантаження частка вуглеводів повинна зростати.

Вуглеводи потрібні для біосинтезу нуклеїнових кислот, замінних амінокислот, як складова структурна частина клітин. Вони входять до складу гормонів, ферментів і секретів слизових залоз.

Регуляторна функція вуглеводів різноманітна. Вони протидіють накопиченню кетонових тіл під час окиснення жирів, регулюють обмін вуглеводів і діяльність центральної нервової системи. Важливу роль відіграють вуглеводи, виконуючи захисні функції. Так, глюкуронова кислота, з'єднуючись з деякими токсичними речовинами, утворює розчинні у воді нетоксичні складні ефіри, що легко видаляються з організму.

ЗАСВОЮВАНІ ВУГЛЕВОДИ

За харчовою цінністю вуглеводи поділять на *засвоювані* і *незасвоювані*. Засвоювані вуглеводи перетравлюються і метаболізуються в організмі людини. До них відносяться *глюкоза, фруктоза, сахароза, лактоза, мальтоза, α-глюканові полісахариди – крохмаль, декстрини і глікоген.* Незасвоювані вуглеводи не розщеплюються ферментами, що секретуються в травному тракті людини. До незасвоюваних вуглеводів відносяться рафінозні олігосахариди і не-α-глюконові полісахариди – *целюлоза, геміцелюлоза, пектинові речовини, лігнін, камедь і слиз.*

Відомо більше 200 різних природних моносахаридів, проте тільки деякі з них використовуються в харчуванні людини. Найбільшу поживну цінність мають альдози (глюкоза, галактоза, маноза, ксилоза), а також кетоза (фруктоза). Споживання глюкози і фруктози – двох найбільш поширених в природі моносахаридів – досягає 20% загального споживання вуглеводів. З

кишківника вуглеводи всмоктуються в кров тільки у вигляді глюкози і фруктози. Глюкоза в якості поживного матеріалу в організмі людини використовується в основному нервовими клітинами, мозковою речовину нирок і еритроцитами.

Депонується глюкоза у вигляді глікогену печінки (100 г) і м'язів(250 г). У організмі постійний рівень концентрації глюкози в крові підтримується за допомогою гормонів підшлункової залози – інсуліну і глюкагону.

Фруктоза є менш поширеною, ніж глюкоза, і так само швидко окиснюється. Фруктоза має найбільшу солодкість з усіх відомих цукрів. Потрапляючи в організм, велика її частина швидко засвоюється тканинами без інсуліну, інша, менша, перетворюється на глюкозу. Те, що фруктоза здатна засвоюватися без інсуліну, робить її незамінною в живленні хворих діабетом. Основними харчовими джерелами глюкози і фруктози є мед, солодкі овочі і фрукти. У насінних переважає фруктоза, а в кісточкових (абрикоси, персики, сливи) – глюкоза. Кількість фруктози і глюкози в ягодах приблизно однаково (таблиця 6.4).

У сучасних умовах доцільно задовольняти потребу у вуглеводах, використовуючи нерафіновані продукти, а також продукти, що містять фруктозу (мед, деякі плоди й овочі), оскільки фруктоза, як вказувалося вище, повільніше засвоюється, обмін її практично не пов'язаний з інсуліном і вона не викликає гіперглікемії (збільшення вмісту глюкози в крові). Висока солодкість фруктози дозволяє використати менші її кількості в порівнянні з сахарозою і глюкозою для досягнення солодкості продуктів і напоїв і знизити таким чином загальне споживання цукрів. Основні харчові дисахариди в живленні людини – сахароза і лактоза. Цукор, основним компонентом якого є сахароза, виконує в організмі роль енергоносія.

За останні 150 років споживання цукру нестримно збільшилося – в набагато більшій мірі, ніж вважає корисним медицина. В Україні його реальне споживання досягло 70...100 г на добу. В інших країнах ще вище: в Англії – 130 г, а серед підлітків – 156 г на добу.

За цукром закріпилася назва "біла смерть". У літературі з дієтології з'явилося поняття "цукроголик". Річ у тому, що цукор є рафінованим продуктом, що призводить до недоотримання людиною сотень, а можливо, і тисяч різноманітних біологічно-активних речовин, які засвоювали наші предки з їжею впродовж мільйонів років. Під час попадання в кишечник сахароза швидко розпадається на глюкозу і фруктозу і всмоктується в кров. У крові помітно підвищується концентрація глюкози. Це своєрідний удар по підшлунковій залозі, від якої вимагається поставляти організму достатню кількість гормону інсуліну, щоб відрегулювати вміст глюкози в крові. Подібні різкі коливання рівня глюкози в крові вимагають від організму

напруженої роботи, і навіть включення резервних регуляторних можливостей.

НЕЗАСВОЮВАНІ ВУГЛЕВОДИ

Основними незасвоюваними вуглеводами є так звані "харчові волокна" – суміш різних структурних полісахаридів рослинних клітин – целюлоза, геміцелюлоз і пектинових речовин, лігніну, а також неструктурних полісахаридів, що зустрічаються в натуральному виді в продуктах харчування, – камеді, слизі, а також полісахаридів, що використовуються як харчові добавки.

Харчові волокна стійкі до процесів травлення і адсорбції в тонкому кишечнику; вони частково або повністю можуть ферментуватися мікрофлорою товстого кишечника.

Харчові волокна класифікують за різними принципами. За будовою полімерів вони поділяються на:

– гомогенні (целюлоза, пектин, лігнін, альгінова кислота);

– гетерогенні (целюлозолігніни, геміцелюлозо-целюлозолігніни та ін.).

За видом сировини:

– харчові волокна з нижчих рослин (водоростей і грибів);

– харчові волокна з вищих рослин (злаків, трав, деревних).

За фізико-хімічними властивостями:

– розчинні у воді (пектин, камедь, слиз, розчинні фракції геміцелюлози);

– нерозчинні (целюлоза, лігнін, деякі геміцелюлози).

За методами виділення з сировини:

– неочищені волокна: у складі цілісного зерна і борошна з нього, нетрадиційні види борошна – вівсяна, горохова, пшоняна, вторинні продукти рослинної сировини;

– препарати волокон, виділені і очищені.

За ступенем мікробної ферментації в товстій кишці:

– такі, що майже (чи) повністю ферментуються: пектин, камедь, слиз, геміцелюлози, інулін;

– такі, що частково ферментуються: целюлоза, геміцелюлози;

– неферментовані: лігнін.

За основними медико-біологічними ефектами:

– такі, що прискорюють і підвищують відчуття насичення, завдяки зв'язуванню води в шлунку – пектин, гуар та ін.

– такі, що інгібують евакуаторну функцію шлунку – в'язкі харчові волокна (гуар та ін.).

– такі, що стимулюють моторну функцію товстої кишки – аморфні харчові волокна (целюлоза та ін.).

– такі, що збільшують масу фекалій і, відповідно, частоту дефекації за рахунок утримування води в просвіті товстої кишки (харчові волокна пшениці, бобових) і зростання маси мікрофлори товстої кишки (харчові волокна капусти та ін.).

– такі, що сорбують жовчні кислоти, холестерин, токсини і радіонукліди– гуар, целюлоза, пектин, лігнін.

– такі, що уповільнюють всмоктування вуглеводів – пектин, гуар.

– такі, що знижують рівень глюкози і інсуліну в крові – пектин, β-глюкани.

– такі, що чинять антиоксидантну дію – лігнін.

– такі, що мають пребіотичні властивості, сприяють нормалізації мікрофлори кишечника, – гуміарабік, інулін, полідекстроза.

Целюлоза – основний структурний компонент оболонки рослинної клітини. Основна її фізіологічна дія – здатність зв'язувати воду (до 0,4 г води на 1 г клітковини).

Геміцелюлози – полісахариди клітинної оболонки, що складаються з полімерів глюкози й інших гексоз. Вони здатні також утримувати воду і зв'язувати катіони.

Пектинові речовини входять до числа основних компонентів рослин і водоростей. Загальною ознакою пектинових речовин є основний ланцюг полігалактуронової кислоти. Однією з найважливіших властивостей пектинових речовин є комплексоутворювальна здатність, що ґрунтується на взаємодії молекули пектину з іонами важких металів і радіонуклідів. Це дає основу рекомендувати пектин для включення в раціон харчування осіб, що знаходяться в середовищі, забрудненому радіонуклідами, і що мають контакт з важкими металами. Профілактична норма пектину, затверджена ВООЗ, складає 2...4 г на добу; для осіб, працюючих в несприятливих умовах, складає 8...10 г на добу.

Пектин має лікувальні властивості і застосовується у випадку розладів травного тракту (гастроентерити, діарея), зменшує втрату води організмом, скорочує згортання крові, зв'язує багато отрут, уповільнює виділення з організму аскорбінової кислоти, інсуліну, антибіотиків, знижує вміст холестерину в крові, впливає на обмін жовчних кислот, має анафілактичну дію, зумовлює пролонговану дія багатьох лікарських речовин. Пектин зв'язує стронцій, кобальт, радіоактивні ізотопи. Велика частина пектинів не перетравлюється і не всмоктується організмом, а виводиться з нього разом з шкідливими речовинами. Пектини покращують травлення, знижують процеси гниття в кишечнику і виводять отруйні продукти обміну, що утворюються в самому організмі; сприяють виробленню в кишечнику

вітамінів групи В, особливо B_{12}, життєдіяльності і зростанню корисних мікроорганізмів в кишечнику, виведенню зайвої кількості холестерину.

Пектин яблук затримує розмноження грипозного вірусу "А", зменшує наслідки ртутного і свинцевого отруєння, сприяє виведенню свинцю з кісткової тканини. Пектин у відносно великих кількостях міститься в овочах (0,4...0,6%), фруктах (від 0,4% у вишнях до 1% в яблуках, але особливо багато в шкірці – від 1,5% в яблучній до 30% в цитрусовій) і ягодах(від 0,6% у винограді до 1...2% в чорній смородині), а також в суниці, журавлині, апельсинах, калині та ін.

У промислових масштабах пектин отримують з буряка, віджатих лимонів, яблук і інших продуктів. Він широко використовується в харчовій промисловості для виробництва джемів, зефіру, мармеладу, повидла.

У ламінарії є присутньою *альгінова кислота* – аналог пектиновій кислоті. Вона складається із залишків D-мануронової і D-гулуронової кислот, з'єднаних β-глікозидними зв'язками. У водоростях альгінова кислота присутня у вигляді солей кальцію, магнію, натрію і т.д. і складає до 30% сухої маси водоростей.

Альгінова кислота є природним іонообмінником і має здатність селективно адсорбувати катіони важких металів і радіоізотопи. Застосування альгінової кислоти сприяє запобіганню відкладенню радіоактивного стронцію в організмі людини і тварин. Іонообмінні властивості альгінової кислоти залежать від співвідношення уронових кислот. Більший вміст L-гулуронової кислоти забезпечує велику адсорбційну здатність.

Функції вуглеводів в харчових продуктах

ГІДРОФІЛЬНІСТЬ

Гідрофільність – одна з найважливіших властивостей вуглеводів, що використовуються в отриманні харчових продуктів. Гідрофільність зумовлена наявністю численних ОН-груп. Вони взаємодіють з молекулою води за допомогою водневого зв'язку, призводячи таким чином до сольватації і/або до розчинення цукрів і багатьох їх полімерів. Ефект зв'язування води значною мірою залежить від структури цукру. Наприклад, фруктоза є значно більш гігроскопічною, ніж D-глюкоза, хоча вони мають і однакове число гідроксильних груп. За 100%-вої рівноважної відносної вологості повітря сахароза і мальтоза зв'язують однакову кількість води, в той же час лактоза є набагато менш гігроскопічною. Форми гідратів, що мають міцну кристалічну структуру, у меншій мірі здатні абсорбувати вологу.

Слід зазначити, що неочищені цукор або цукрові сиропи в більшій мірі здатні абсорбувати воду, ніж очищені цукри. Причина цього явища полягає в тому, що домішки перешкоджають утворенню водневих зв'язків між

молекулами цукру, і ОН-групи цукрів стають доступнішими для зв'язування води за допомогою водневих зв'язків. Здатність зв'язувати воду і контролювати активність води (a_w) в харчових продуктах – одна з найбільш важливих властивостей вуглеводів.

ЗВ'ЯЗУВАННЯ АРОМАТИЧНИХ РЕЧОВИН

Для багатьох харчових продуктів, під час отримання яких використовуються різні види висушування, вуглеводи є важливим компонентом, що сприяє збереженню кольору і летких ароматичних речовин. Суть цього процесу полягає в заміні взаємодії цукор-вода на взаємодію цукор-ароматична речовина:

Цукор-вода + ароматична речовина → цукор-ароматична речовина + вода

Леткі ароматичні речовини – це численна група карбонільних сполук (альдегіди, кетони), похідні карбонових кислот та ін.

Здатність до зв'язування ароматичних речовин у дисахаридів виражена в більшій мірі, ніж у моносахаридів. Дуже добрими фіксаторами аромату є циклодекстрини (декстрин Шардінгера, рисунок 6.5), які утворюються під час дії на крохмаль амілази Bacillus macerans.

Ефективними фіксаторами аромату і барвникових речовин є великі вуглеводні молекули, наприклад, гуміарабік. Утворюючи плівку навколо цих речовин, він перешкоджає абсорбції вологи і втраті її за рахунок випаровування і хімічного окиснення. В харчовій промисловості для фіксації харчових ароматів використовують мікрокапсулювання сумішей гуміарабіку і желатину.

УТВОРЕННЯ ХАРЧОВОГО АРОМАТУ ЗА ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ

Продукти термічного розкладання цукрів включають піранові і фуранові сполуки, а також фуранони, лактони, етери. Наявність тих або інших ароматичних сполук надає кожному продукту властивого йому аромату.

За перебігу цукор-амінної реакції також утворюються ароматичні речовини – імідазоли, піразини, піроли та ін. Наприклад, під час взаємодії D-глюкози з амінокислотами за 100°С може продукуватися карамелевий аромат (якщо використовувана амінокислота – гліцин), аромат житнього хліба (D-глюкоза + валін), шоколаду (D-глюкоза + глютамін). Крім того, утворення тих чи інших ароматичних речовин залежить від температури. Наприклад, під час реакції D-глюкози з валіном за 100°С – відчувається аромат житнього хліба, а за 180°С – аромат шоколаду; з проліном – за 100°С – запах смаженого білку, а за 180°С – аромат, притаманний пекарним виробам. Гістидин під час реакції з D-глюкозою (100°С) не дає ніякого аромату, а за 180°С – запах паленого цукру. Аромат, що утворюється за реакції D-глюкози з сульфурвмісними

амінокислотами, відрізняється від того, що утворюється в результаті взаємодії D-глюкози з несульфурвмісними амінокислотами. Так, під час взаємодії D-глюкози з метіоніном утворюються продукти, що мають запах картоплі, з цистеїном і цистином – запах смаженого м'яса. Ці особливості необхідно враховувати під час виробництва харчових продуктів, і у ряді випадків, з точки зору споживчих властивостей, кількість летких ароматичних компонентів повинно обмежуватися.

СОЛОДКІСТЬ

Відчуття солодкості у роті під час споживання низькомолекулярних вуглеводів характеризує ще одну важливу їх функцію в харчових продуктах.

1. Гонський Я.І., Максимчук Т.П. Біохімія людини. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2001.
2. Николаев А.Я. Биологическая химия. – М.: Высшая школа, 1989.
3. Азбука харчування. Раціональне харчування /За ред. А.І.Смолякової і І.О.Мартинюк. – Львів: Світ, 1991. – 200 с.
4. Біохімія: Підручник для вузів. – К.: Либідь, 1995. – 464 с.

Лекція 4. Ліпіди в сировині та харчових продуктах

План

1. Визначення ліпідів.
2. Класифікація ліпідів.
3. Будова ліпідів.
4. Хімічний склад ліпідів.

Визначення ліпідів.

Ліпідами називаються сполуки природного походження, до складу яких входять залишки вищих карбованих кислот та гліцерину. Інколи в ліпідах замість гліцерину присутні ферменти інших спиртів, як багатоатомних, так і одноатомних.

Головною ознакою ліпідів є їх низька полярність. Вони здебільшого нерозчинні у воді і легко утворюють в ній емульсії - суміш води з дуже малими частинками ліпіду, але розчинні в органічних розчинниках

(ефірні, хлороформі, бензолі, толуолі, спиртах, ацетоні й ін.). ліпіди поряд з білками і вуглеводами складають основну масу органічної речовини клітин і тканин рослин і тварин. У різних органах і тканинах людини й вищих, тварин вміст ліпідів неоднаковий. Більше всього їх міститься в нервовій тканині (20-25%). Утворюючи комплекси з білками, вуглеводами та іншими речовинами, ліпіди є структурними компонентами мембран (до 30% у перерахунку на суху масу мембрани).

У складі ліпідів виявлені стерини, насичені й ненасичені вищі жирні кислоти, альдегіди, кетони, холестерин, азотисті основи, амінокислоти, вуглеводи, фосфатна кислота, гліцерин. ЦІ різноманітні компоненти сполучені в

молекулах складних ліпідів різними зв'язками - простими ефірними, складно ефірними та ін.

Ліпіди відіграють важливу роль у забезпеченні організму енергією. Відомо, що при окисленні жирів виділяється вдвічі більше енергії, ніж при окисленні такої ж кількості білків або вуглеводів. Будучи високоенергетичними сполуками, ліпіди використовуються організмом як резервний матеріал. Надлишок енергії спричиняє посилення їх синтезу і накопичення, а за умови дефіциту - починається використання їх організмом.

Ліпіди — основні компоненти біологічних мембран, які впливають на їх проникливість, беруть участь в передачі нервового Імпульсу, створенні міжклітинних контактів. Інші функції ліпідів - створення захисних контактів. Інші функції ліпідів - створення захисних водовідштовхувальних і термоізоляційних покривів у тварин, рослин, захисті органів та тканин від механічних впливів.

Класифікація ліпідів

Розрізняють резервні (запасні) і конституційні (цитоплазматичні) ліпіди. Резервні ліпіди відкладаються переважно в підшкірній жировій тканині, сальнику, брижі, печінці, м'язовій тканині і складають у людини близько 10-15% маси тіла. Вони являють собою енергетичний резерв організму, використовуючи його по мірі необхідності.

Конституційні ліпіди є структурними компонентами.

Конституційні ліпіди є структурними компонентами цитоплазми і змінюються в процесі життєдіяльності дуже мало, навіть у випадках крайнього виснаження організму.

За хімічним складом і фізико-хімічними властивостями ліпіди поділяють на прості і складні.

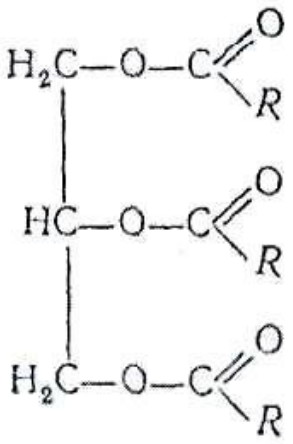
До простих ліпідів належать складні ефіри різних спиртів і вищих жирних кислот: жири, стериди, воски.

Складні ліпіди крім залишків спиртів і вищих жирних кислот, містять і Інші речовини: фосфатну і сульфатну кислоту, азотисті основи, вуглеводи й ін. До складних ліпідів належать фосфоліпіди, гліколіпіди, сульфоліпіди.

Будова ліпідів

Жири. В організмі людини і тварин жири відіграють надзвичайно важливу роль. Вони мають найбільшу питому вагу в порівнянні зі стеридами і восками. В окремих випадках в організмі людини і деяких тварин кількість жиру складає до 50% їхньої маси.

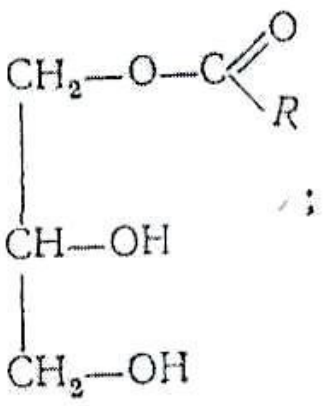
Жири являють собою ефіри трьохатомного спирту гліцерину і вищих жирних кислот. їх ще називають тригліцеридами, або нейтральними жирами:



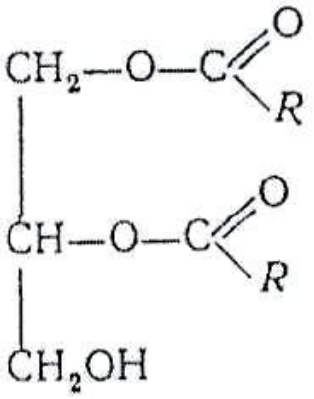
Гліцерин є постійною складовою частиною всіх природних жирів. Кислоти ж, що входять до складу жирів, різні. Серед них є як насичені, так і ненасичені кислоти з одним або кількома подвійними зв'язками.

Майже всі жирні кислоти, що входять до складу жирів, містять парну кількість атомів вуглецю і мають нерозгалужений вуглеводневий ланцюг. Найчастіше зустрічаються кислоти з 16 і 18 атомами вуглецю: насичені - пальмітинова $C_{15}H_{31}COOH$ і стеаринова $C_{17}H_{35}COOH$ ненасичені - олеїнова $C_{17}H_{33}COOH$, лінолева $C_{17}H_{31}COOH$ і ліноленова $C_{17}H_{29}COOH$. Зустрічаються також і інші насичені кислоти: лауринова $C_{11}H_{23}COOH$ і міристинова $C_{13}H_{27}COOH$.

Залежно від кількості залишків жирних кислот і місця їх розташування в молекулі гліцеридів розрізняють моно-, ди- і тригліцериди. Моно- і дигліцериди є неповними ефірами, в яких залишок гліцерину зв'язаний лише з одним або двома залишками жирних кислот (Я):



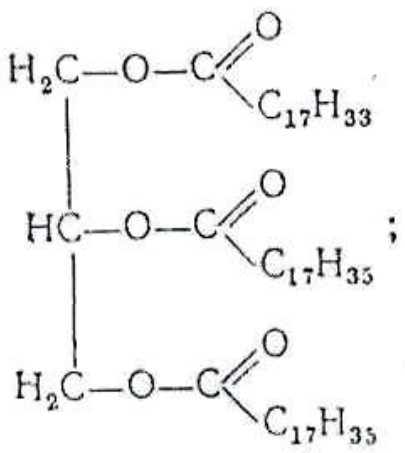
1-Моногліцерид



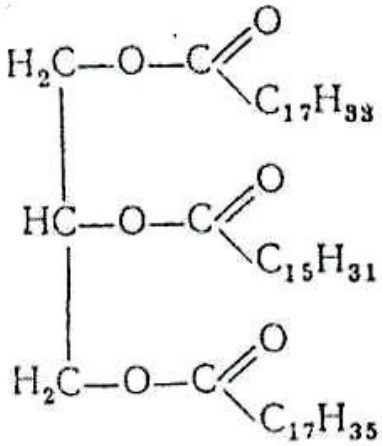
1,2-Дигліцерид

Моно- і дигліцериди зустрічаються, як правило, у незначних кількостях. Основна маса гліцеридів в організмі людини і тварин представлена тригліцеридами, тобто похідними гліцерину, залишок якого сполучений з трьома залишками вищих жирних кислот.

Звичайно в молекулу природного жиру входять залишки різних кислот. До них, наприклад, можна віднести такі тригліцериди, як олеїнодистеарин, який містить один залишок олеїнової кислоти і два - стеаринової олеїнопальмітостеарин, який містить залишки олеїнової, пальмітинової і стеаринової кислот:



Олеїнодистеарин



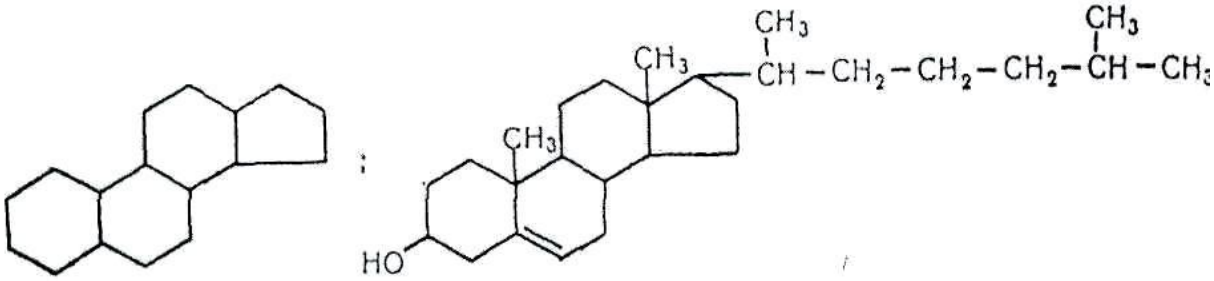
Олеїнопальмітостеарин

Тригліцериди, що містять три залишки якоїсь однієї жирної кислоти, зустрічаються дуже рідко.

Жири досить поширені у тваринному і рослинному світі. У складі жирів тваринного походження переважають залишки насичених жирних кислот, тому вони при температурі тіла мають тверду консистенцію. Такими є коров'ячий жир, свиняче сало, баранячий і яловичий жири й ін. Жири рослинного походження містять у своєму складі переважно залишки ненасичених жирних кислот і при звичайній температурі є рідинами. їх називають оліями. Відомі соняшникова, оливкова, лляна, мигдальна олії тощо.

Стериди - це складні ефіри стеринів і вищих жирних кислот (найчастіше - пальмітинової). Стерини, або стероли, - високомолекулярні циклічні спирти, похідні циклопентанпергідрофенантрену. Стерини і стериди доволі поширені в природі. Вони входять до складу клітинних мембран. Похідними стеринів є багато гормонів, жовчні кислоти, вітаміни групи *В,* алкалоїди, отрути Й інші речовини.

Найбільший інтерес має холестерин і його, похідні - холестериди. Холестерин - це високомолекулярний циклічний одноатомний ненасичений спирт:

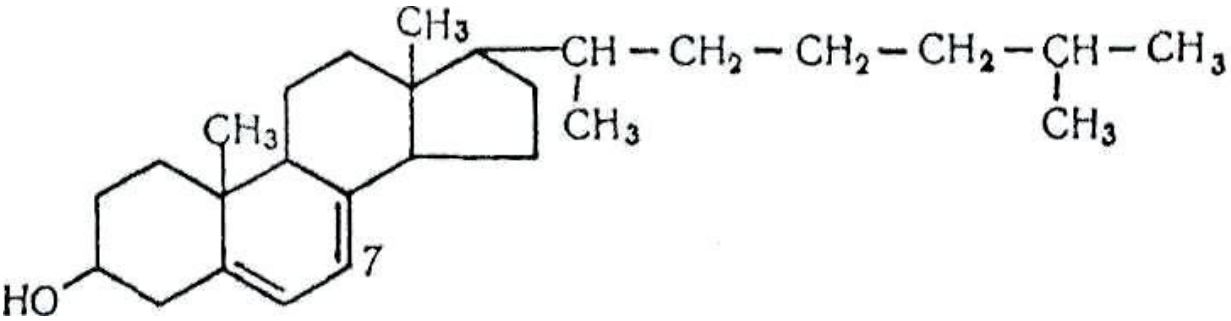


Циклопентанпергідро-фенантрен (стеран)

Холестерин

У тілі людини масою 70 кг міститься до 140 г холестерину, більше всього його в мозку (2,60-3,20%).

У шкірі людини міститься 7-дегідрохолестерин, з якого утворюється вітамін O_3:



Воски - група простих ліпідів, молекули яких містять вищі спирти жирного ряду, складні ефіри вищих жирних кислот і жирних спиртів. Вони поширені у тваринному і рослинному світі. Воски тваринного походження - це бджолиний віск, ланолін, спермацет рослинного - карнаубський, церотиновий, монтановий воски.

Воски утворюють захисну плівку на шкірі, шерсті тварин, пір'ї птахів, покривають листя і плоди вищих рослин, а також кутикулу зовнішнього скелету багатьох комах.

Складні ліпіди.

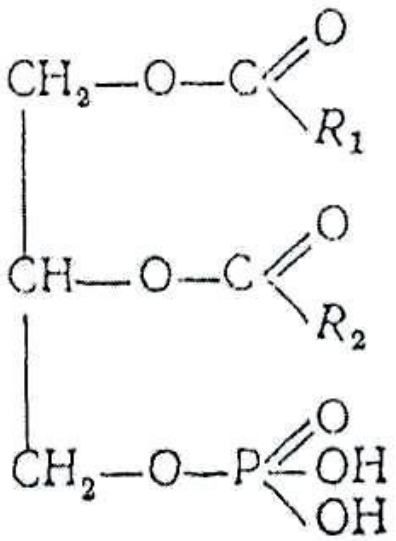
Фосфоліпіди містяться головним чином у клітинних мембранах і нервовій тканині, у жирових відкладеннях вони виявляються в дуже невеликій кількості. Фосфоліпіди, або фосфатиди, містять, крім складних ефірів вищих

спиртів і вищих жирних кислот, також залишки фосфатної кислоти й азотистої основи.

Залежно від природи спиртового залишку фосфоліпіди діляться на дві підгрупи: фосфатиди-гліцериди і фосфатиди-не-гліцериди.

Фосфатиди-гліцериди, або фосфогліцериди, так само як і нейтральні жири, містять у молекулах як спиртовий компонент гліцерин. Проте на відміну від жирів одна з первинних гідроксильних груп цього спирту сполучена складноефірним зв'язком з фосфатною кислотою. Тому дану групу фосфоліпідів називають ще гліцерофосфатидами.

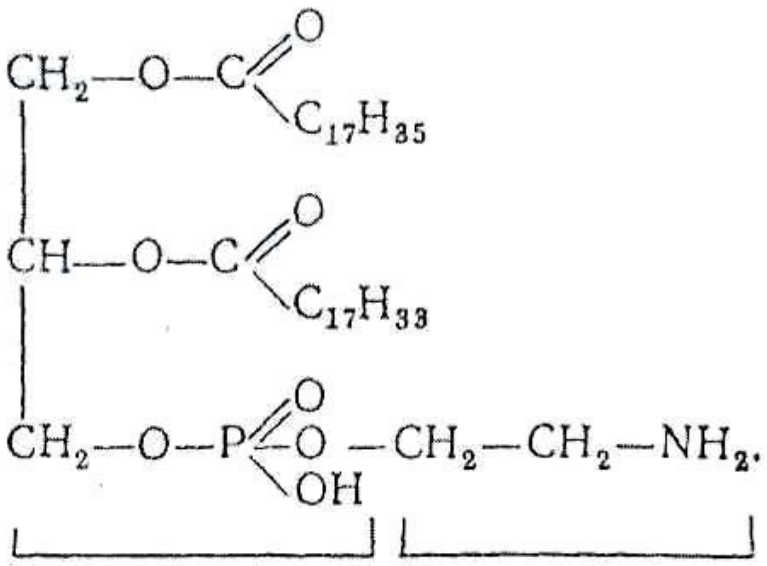
Найпростішим фосфогліцеридом є фосфатидна кислота. До її складу входять залишки двох вищих жирних кислот - одна насичена (R_1) і одна ненасичена (R_2) яка, як правило, знаходиться в положенні 2, а також залишок фосфатної кислоти:



Фосфатидна кислота є вихідною речовиною, з якої побудовані інші гліцерофосфатиди. У клітинах фосфатидна кислота міститься в дуже малих кількостях, але є важливим проміжним продуктом у біосинтезі інших фосфогліцеридів.

У найбільшій кількості в організмі людини і вищих тварин та рослин містяться фосфогліцериди фосфатиди летанол амін, фосфатидилхолін і фосфатидилсерин.

Фосфатидилетаноламін, або кефалін. Молекула цього фосфоліпіду являє собою сполуку фосфатидної кислоти з азотистою основою етаноламіном, або коламіном НО - CH_2- СН/> - ТМН2:



Залишок фосфатидної Залишок

кислоти етаноламіну

Залишок

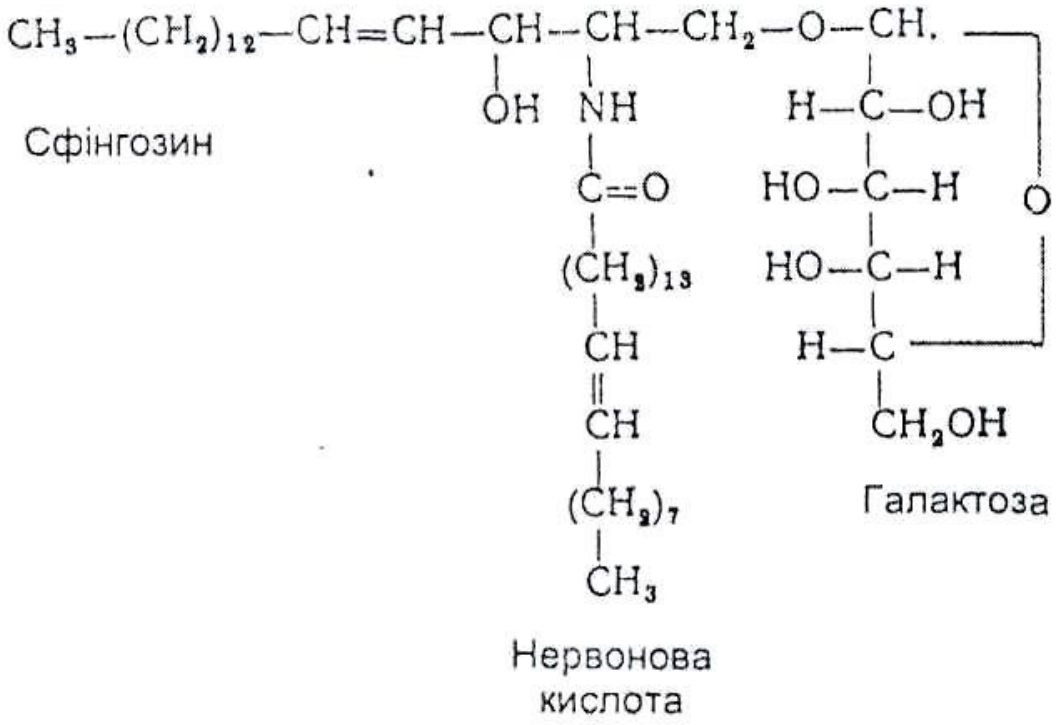
кислоти

Фосфатидилетаноламін входить до складу тканин головного мозку людини, печінки великої рогатої худоби, жовтка курячого яйця. З білками утворює ліпопротеїдні комплекси.

Гліколіпідами називають сполуки, молекули яких містять ліпідний і вуглеводний компоненти, сполучені ковалентним зв'язком. До гліколіпідів належать різні за структурою сполуки, що містяться в організмах тваринного, рослинного і бактеріального походження. Вони виконують як метаболічні, так і структурні функції: входять до складу клітинних і внутрішньоклітинних мембран, мають антигенні властивості.

У складі гліколіпідів виявлені представники всіх основних класів моносахаридів - гексози, аміносахари, дезоксисахари і т.д.

Цереброзиди за своєю будовою дещо нагадують сфінгомієліни, але замість фосфатної кислоти і холіну містять у молекулі залишок галактози або глюкози. Наприклад, цереброзид нейрон має таку будову:



Цереброзидами багаті тканини мозку. В організмі вони виконують структурну і метаболічну функції.

Гангліозиди - великий клас гліколіпідів дуже складної будови. Молекули гангліозидів мають великі розміри і містять значну кількість вуглеводів. В їх складі міститься в середньому 40-43% галактози, 21% нейрамінової кислоти, 13% сфінгозину, 23-26% гексозамінів, глюкози і стеаринової кислоти. Структура гангліозидів подібна до структури цереброзидів, але замість галактози молекула гангліозидів містить складний олігосахарид.

Гангліозиди є структурними компонентами нейронів, знешкоджують отрути, беруть участь у проведенні нервових імпульсів.

Хімічний склад ліпідів

Вченими виділено з ліпідів більше 200 різних карбонових кислот. Вони містять від двох до сорока атомів Карбонату у молекулі. Найчастіше у ліпідах зустрічаються C_{16}-C_{20} - карбонові кислоти. Майже всі кислоти ліпідів нерозгалужені і мають парну кількість атомів карбону в молекулі, що пов'язано з механізмом їх біосинтезу. До складу ліпідів входять як насичені, так і ненасичені кислоти: моно ненасичені (моноєнові), полі ненасичені (палієнові) і ацетиленові. Нижче наведено формулу найбільш поширених у ліпідах кислот:

Пальмітинова (С16)	CH_3-$(CH_2)_{14}$-COOH
Стеаринова (С18)	CH_3-$(CH_2)_{16}$-COOH
Арахінова (С20)	CH_3-$(CH_2)_{18}$-COOH
Олеїнова (С18)	CH_3-$(CH_2)_7$-CH=CH-$(CH_2)_7$-COOH
Лінолева (С18)	CH_3-$(CH_2)_4$-CH=CH-CH_2-CH=CH-$(CH_2)_7$-COOH
Ліноленова (С18)	CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-$(CH_2)_7$-COOH

З наведених вище кислот чільне місце посідає пальмітинова: вона є корінною ланкою біосинтезу жирних кислот, який відбувається в живих організмах. З пальмітинової кислоти синтезуються всі Інші кислоти, що входять до складу ліпідів. Лінолева і ліноленова кислоти не синтезуються в організмах вищих тварин (у тому числі і в організмі людини), а надходять туди з їжею. Вони необхідні тваринам для нормального жирового обміну, тому їх називають незамінними жирними кислотами.

1. Гонський Я.І., Максимчук Т.П. Біохімія людини. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2001.

2. Николаев А.Я. Биологическая химия. – М.: Высшая школа, 1989.
3. Азбука харчування. Раціональне харчування /За ред. А.І.Смолякової і І.О.Мартинюк. – Львів: Світ, 1991. – 200 с.
4. Біохімія: Підручник для вузів. – К.: Либідь, 1995. – 464 с.

Лекція 5. Вітаміни та мінеральні речовини в сировині та харчових продуктах

План

1 Значення вітамінів в харчуванні людини
2 Жиророзчинні вітаміни
3 Водорозчинні вітаміни
4 Вітаміноподібні сполуки

Значення вітамінів в харчуванні людини

Вітаміни – низькомолекулярні органічні сполуки різноманітної хімічної природи, що не синтезуються (чи такі, що синтезуються в недостатній кількості) в організмі людини і більшість тварин, що надходять з їжею і необхідні для каталітичної активності ферментів, які визначають біохімічні і фізіологічні процеси в живому організмі. Вітаміни відносяться до незамінних мікрокомпонентів їжі, на відміну від макрокомпонентів – білків, ліпідів і вуглеводів.

Вітаміни поділяють на водо- і жиророзчинні:

– ***водорозчинні вітаміни:*** вітамін С, вітаміни групи В, РР і вітамін Н.

– ***жиророзчинні*** – вітаміни А, D, Е і К.

Виділяють також групу вітаміноподібних сполук, до яких відносять біофлавоноїди (вітамін Р), холін, інозит, вітамін U, карнітин, оротову (вітамін B_{13}), пангамову (вітамін B_{15}) і параамінобензойну кислоти, вітамін F.

Потреба людини у вітамінах залежить від її віку, стану здоров'я, характеру діяльності, пори року, вмісту в їжі основних макрокомпонентів харчування.

Розрізняють три ступеня забезпеченості організму вітамінами :

– *авітаміноз* – коли вітаміни відсутні повністю;

– *гіповітаміноз* – нестача вітамінів, іноді відсутність якого-небудь одного або декількох вітамінів;

– *гіпервітаміноз* – надмірний їх вміст.

Частіше ми зустрічаємося з гіповітамінозом, особливо в зимовий і весняний періоди.

Авітамінози є причиною серйозних захворювань, часто з летальним наслідком. Абсолютна потреба у вітамінах привела до сучасної вітамінної терапії в мегадозах.

Потенційна токсичність надлишку в організмі жиророзчинних і водорозчинних вітамінів є різною. Жиророзчинні вітаміни здатні накопичуватися в жировій тканині організму. Їх підвищена кількість в результаті надмірного споживання окремих продуктів або додаткового

прийому вітамінних препаратів може призвести до появи симптомів токсичної дії. Підвищений прийом водорозчинних вітамінів призводить тільки до виділення їх надлишків з організму – в організмі вони не накопичуються. Проте за великого передозування і водорозчинні вітаміни можуть бути небезпечними для організму. Особливо це відноситься до ніацину, за надлишку якого можливе ураження печінки, і вітаміну B_6 – його передозування супроводжується порушенням функцій нервової системи. Норми споживання вітамінів наведені в нормативних документах, розроблених національними органами, що займаються питаннями харчування.

Жиророзчинні вітаміни

РЕТИНОЛ (ВІТАМІН А, АНТИКСЕРОФТАЛМІЧНИЙ, АНТИІНФЕКЦІЙНИЙ, ВІТАМІН РОСТУ)

Зустрічається в якості чотирьох індивідуальних представників: ретинол, ретинілацетат, ретиналь, ретиноєва кислота. Ретинол в хімічному відношенні – ненасичений одноатомний спирт, що складається з β-іонового кільця і бічного ланцюга з двох залишків ізопрену, що мають первинну спиртову групу. Він має два вітамери A_1 і A_2 (у A_2 – додатковий подвійний зв'язок в β-іоновому кільці).

Вітамін А є необхідним для нормального зору, ріст, клітинної диференціації, відтворення і цілісності імунної системи.

Виявлений вітамін тільки в продуктах тваринного походження, особливо багато його в печінці морських тварин і риб. У риб'ячому жирі вітаміну А, мкг% – 15, печінці тріски – 4, у вершковому маслі – 0,5, молоці – 0,025.

Попередниками вітаміну А є каротиноїди. До них відносять α- і β-каротини, лікопин, лютеїн, криптоксантин і багато інших. З 500 відомих каротиноїдів приблизно 50 можуть перетворюватися в організмі у вітамін А, серед них найбільш важливим є β-каротин. З нього в організмі утворюється дві молекули ретинолу. β-Каротин локалізований в зелених частинах рослин, в плодах і овочах, що мають помаранчевий колір, у водоростях, грибах і бактеріях. Основним джерелом криптоксантину і лікопіну є томати і кукурудза.

Добова потреба у вітаміні А (різні форми) для дорослої людини складає 1000 мкг, вона може задовольнятися за рахунок β-каротину, який перетворюється в ретинол. Добова потреба в β-каротині є в 2 рази вищою, ніж у вітаміні А. Потреба у вітаміни А зростає під час роботи, пов'язаної з напругою органа зору (водії всіх видів транспорту, комп'ютерники і т.д.)

Потреба у вітаміні зростає також під час вагітності, годування грудьми, захворюваннях кишечника, підшлункової залози, печінки і жовчовивідних шляхів.

У випадку гіповітамінозу А з'являється сухість шкіри і слизових оболонок, розвивається "куряча сліпота" (різке погіршення зору у сутінках), сповільнюється ріст кісток і зубів, знижується опірність організму до інфекцій. Крім того, А-вітамінна нестача призводить до розвитку пухлин. Під час вивчення особливостей харчування людини виявлений зворотний зв'язок між вмістом в раціоні ретинолу і β-каротину і захворюваністю раком.

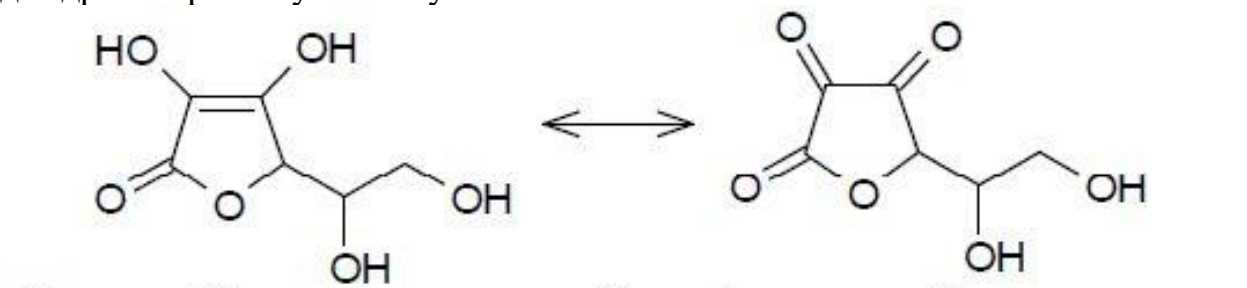
Ознаками гіпервітамінозу А є головний біль, блювота, облисіння, пересихання слизових оболонок, порушення в кістковій тканині і ушкодження в печінці. Як правило, ці ознаки проявляються тільки після тривалого прийому доз ретинолу, що перевищують 15 мг для дорослих і 6 мг для дітей на добу.

Ретинол легко окислюється і руйнується під дією світла на повітрі. В результаті кулінарної обробки руйнується до 30% вітаміну А.

Водорозчинні вітаміни

L-АСКОРБІНОВА КИСЛОТА (ВІТАМІН С, АНТИЦИНГОТНИЙ)

Уперше виділений з лимона. У хімічному відношенні є γ-лактон 2,3-дегідро-4-гулонової кислоти, легко переходить в окиснену форму – L-дегідроаскорбінову кислоту.



L-аскорбінова кислота L-дегідроаскорбінова кислота

Вітамін С приймає участь у багатьох біохімічних окиснювально-відновних процесах в організмі, чинить антиоксидантну дію і сприяє регенерації і загоєнню тканин, підтримує стійкість організму до різних видів стресів; забезпечує нормальний імунологічний і гематологічний статус.

Усю необхідну кількість вітаміну С людина отримує з їжею. Основні його джерела – овочі, фрукти, ягоди: у свіжій шипшині 300 – 20 000 мг%, чорній смородині 200 – 500 мг%, капусті 50 – 70 мг%, молодій картоплі 20 – 30 мг%. Вітамін С є вкрай нестійким, легко руйнується киснем повітря у присутності слідів Феруму і Купруму, стійкіший в кислому середовищі, ніж у лужному, є мало чутливим до світла. В силу нестійкості його вміст в овочах і

плодах під час їх зберігання швидко знижується. Виключення – свіжа і квашена капуста. За теплової обробки їжі руйнується на 25...60%.

Добова потреба у вітаміні С складає 50...100 мг в залежності від фізичної активності.

Відсутність вітаміну С призводить до хворобу, що називається цингою, – одне з перших відомих захворювань, пов'язаних з дефіцитом вітамінів. До відкриття причини її виникнення цинга вважалася загадковим смертельним захворюванням, цілком оповитим таємницею.

Нині відомо, що вітамін С є необхідним для синтезу колагену – білку, що формує основну тканину, яка утримує зуби в яснах, сприяє регенерації шкіри, забезпечує міцність кісток і зв'язує один з одним органи. Від колагену залежить структура капілярів і правильне утворення сполучної тканини.

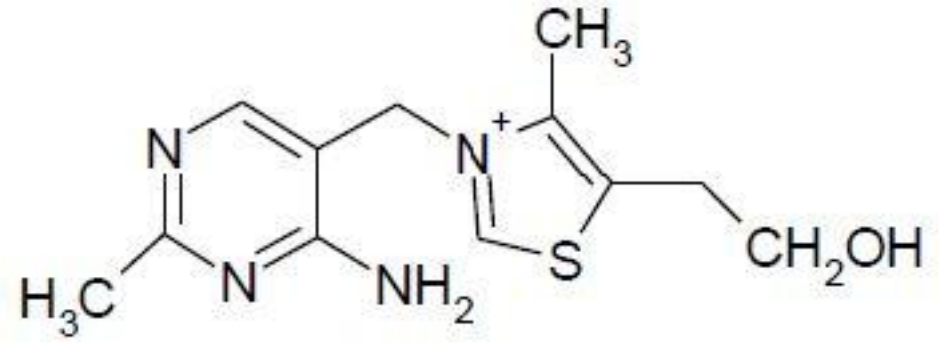
У разі припинення надходження вітаміну С в організм починається випадання зубів, утворюються підшкірні гематоми, з'являється крихкість кісток. Відмовляють нирки і легені, настає смерть.

Гіповітаміноз спостерігається в зимово-весняний період. За нестачі вітаміну С спостерігається сонливість, втомлюваність, знижується опірність організму до простудних захворювань.

Вітамін С використовується для збагачення соків, водорозчинних напоїв, сухих сніданків, молока, в якості хлібопекарського поліпшувача, для збереження кольору м'ясних продуктів спільно з нітратами і нітритом.

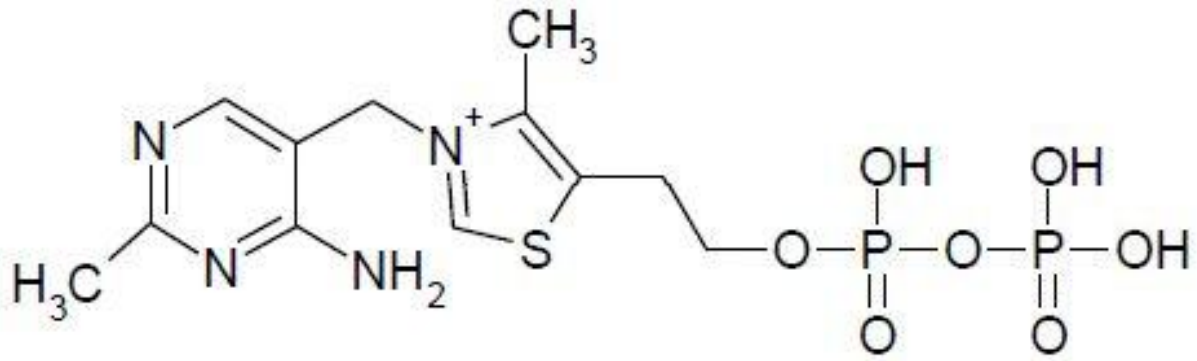
ТІАМІН (ВІТАМІН B_1, АНТИНЕВРИТНИЙ)

Тіамін приймає участь в регулюванні вуглеводного обміну, а також в реакціях енергетичного обміну.



Нестача його призводить до порушень в роботі нервової, серцево-судинної, травної системи, поліневриту (бері-бері). Формою вітаміну B_1, що діє в організмі, є його тіаміндифосфат (ТДФ, кокарбоксилаза).

Кокарбоксилаза – простетична група ряду ферментів, біологічна функція яких – декарбоксилювання піровиноградної кислоти ($CH_3COCOOH$) і розщеплення С – С-зв'язків α-кетоспиртів і α-кетокислот.

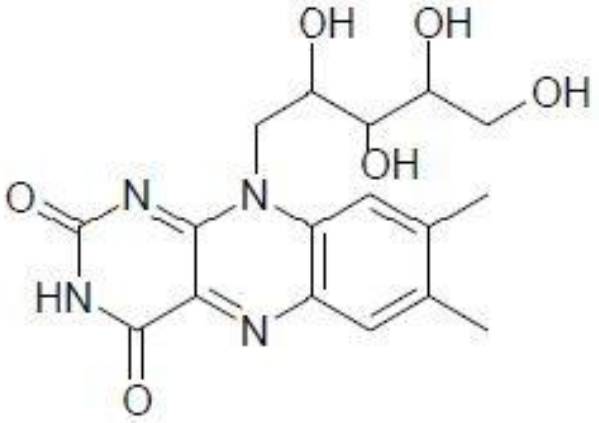


Основні джерела вітаміну B_1 – продукти із зерна: пшеничний і житній хліб, хліб з борошна грубого помелу, деякі крупи (у вівсяній – 0,5 мг%, ядриці – 0,4 мг%), бобові (у горосі – 0,8 мг%, квасоля – 0,5 мг%), свинина – 0,5-0,6 мг%, шрот соєвий – 2,2 мг%. Вітамін B_1 міститься в периферійних частинах зерна, і під час помелі переходить у висівки. Для збільшення вмісту тіаміну на борошномельних заводах проводять збагачення борошна вищого і I сорту синтетичним тіаміном.

Добова потреба в тіаміні у здорової людини – 1,4...2,4 мг.

РИБОФЛАВІН (ВІТАМІН B_2, АНТИСЕБОРЕЙНИЙ)

Вітамін B_2 входить до складу ферментів, що регулюють окиснювально-відновні реакції в організмі. Він покращує стан шкіри, нервової системи, слизових оболонок, функцію печінки і кровотворення.



Рибофлавін – складова частина коферментів, що каталізують транспорт електронів в окисно-відновних реакціях тваринного і рослинного світу.

Рибофлавін синить специфічну дію на функції слизових оболонок травного тракту, особливо ротової порожнини і язика. Цей вітамін є необхідним для забезпечення кольорового зору, процесів кровотворення і ряду інших фізіологічних функцій.

Рибофлавін широко розповсюджений в природі. Він синтезується більшістю вищих рослин, дріжджів і нижчих грибів, а також деякими бактеріями.

Рекомендована норма споживання рибофлавіну складає 1,5...3,0 мг/добу.

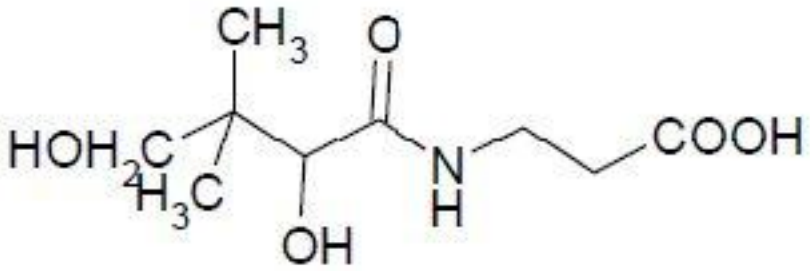
Джерела вітаміну B_2 (вміст, мг%) є молоко – 0,15, сир – 0,3, твердий сир – 0,4; яйця – 0,4;у хліб – 0,1; ядриця – 0,2; м'ясо – 0,1...0,2; печінка – 2,2; бобові – 0,15; овочі і фрукти – 0,01...0,06.

За нестачі рибофлавіну виникають захворювання шкіри (себорея, псоріаз), запалення слизової оболонки ротової порожнини, з'являються тріщини в кутках роту, розвиваються захворювання кровоносної системи і шлунково-кишкового тракту.

Вітамін B_2 є стійким до підвищених температур, окиснення, не руйнується в кислому середовищі, є нестійким до дії відновників в лужному середовищі, руйнується під дією світла.

ПАНТОТЕНОВА КИСЛОТА (ВІТАМІН B_3)

Пантотенова кислота (від грец. – "всюдисущий") входить в якості кофермента А (коензим А, КоА) до складу ферментів біологічного ацилування, приймає участь у біосинтезі і окисненні жирних кислот, ліпідів, синтезі холестерину, стероїдних гормонів. Вона приймає участь у синтезі ацетилхоліну, чинить регулюючий вплив на функції нервової системи, залоз внутрішньої секреції, рухову активність кишківника, сприяє знезараженню промислової отрути, що потрапила до організму.

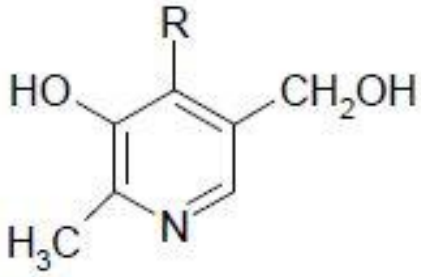


Відсутність пантотенової кислоти в організмі призводить до млявості, дерматиту, випадіння волосся, оніміння пальців ніг. Ознаки гіповітамінозу у людини спостерігаються рідко, так як кишкова паличка синтезує B_3. Пантотенова кислота широко розповсюджена в природі. Основними джерелами (мг%) є: печінка і нирки – 2,5...9; гречка – 2,6; рис – 1,7...2,1; овес – 2,5; яйця – 1,4...2,7. Кулінарна обробка не призводить до значного руйнування пантотенової кислоти, але до 30% її може переходити у воду за варіння. Чутлива до дії кислот, основ.

Потреба в пантотеновій кислоті 5,0...10 мг на добу.

ПІРИДОКСИН (ВІТАМІН B_6, АДЕРМІН)

Існує в трьох різних хімічних формах: піридоксин, піридоксоль, піридоксаль, піридоксамін. Приймає участь в синтезі і перетвореннях аміно- і жирних кислот в якості коферменту піридоксальфосфату (ПАЛФ) в піридоксальних ферментах азотистого обміну. Необхідний для нормальної діяльності нервової системи, органів кровотворення, печінки.



Піридоксин: $R=CH_2OH$

Піридоксаль: $R= CHO$

Піридоксамін: $R – CH_2NH_2$

Вітамін B_6 широко розповсюджений в природі. Основними його джерелами для людини (мг%) є: м'ясні продукти – 0,3...0,4; риба – 0,1...0,2; соя і квасоля – 0,9; крупи (ядриця) – 0,4; пшоно – 0,52; картопля – 0,3.

Добова потреба у вітаміні B_6 – 2,0...3,0 мг.

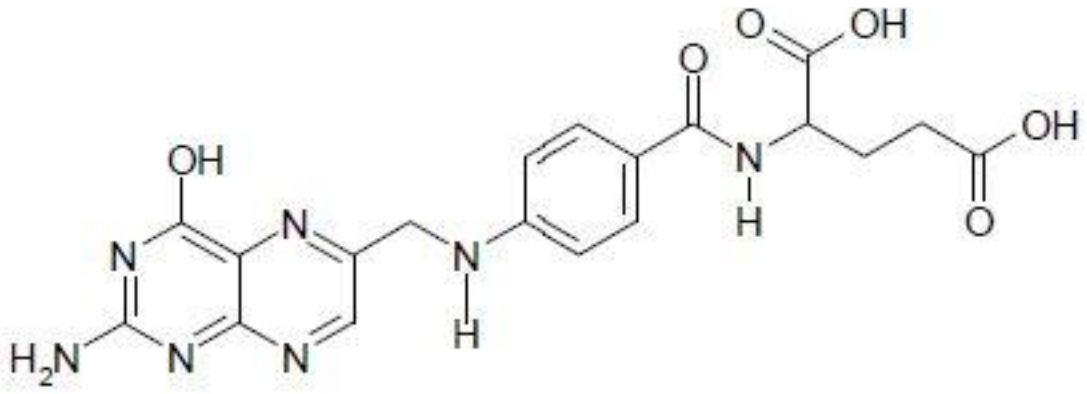
Гіповітаміноз B_6 супроводжується вираженими порушеннями з боку центральної нервової системи (дратівливість, сонливість, поліневрити), ушкодженням шкірних покривів і слизових оболонок. У ряді випадків, особливо у дітей, нестача цього вітаміну призводить до розвитку анемії.

Піридоксаль є токсичним в дозах, що істотно перевищують фізіологічну потребу. За високих дозувань можуть розвиватися симптоми оніміння, аж до зниження чутливості.

Вітамін B_6 є стійким до підвищених температур, кислот, руйнується на світлі і в лужних середовищах. Деяка кількість вітаміну B_6 потрапляє в організм в результаті діяльності кишкової мікрофлори. Вітамін B_6 у вигляді піридоксину гідрохлориду використовується для збагачення борошна, виробів із зерна, молочних продуктів, продуктів лікувально-профілактичного і дитячого харчування.

ФОЛІЄВА КИСЛОТА (ВІТАМІН B_9, ФОЛАЦИН)

Під назвою фолацин виступають два вітаміни: власне фолієва кислота і тетрагідрофолієва кислота. Назва пішла від латів. Folium – лист. Приймає участь в процесах кровотворення, перенесенні одновуглецевих радикалів, синтезі аміно- і нуклеїнових кислот, холіну, пуринових і піримідинових основ в якості коферменту тетрагідрофолієвої кислоти (ТГФК) відповідних ферментів. Фолієва кислота потрібна для ділення клітин, росту органів, нормального розвитку зародка і плоду, функціонування нервової системи.



Фолієва кислота широко розповсюджена в природі. Багато її (мкг%) в зелені і овочах (петрушка – 110, салат – 48, квасоля – 3, шпинат – 80), в печінці – 240, нирках – 56, хлібі – 16-27, сирі – 35-40; мало в молоці – 5 мкг%. В значних кількостях вона виробляється мікрофлорою кишечника.

Потреба дорослої людини у вітамін B_9 – 200 мкг в добу.

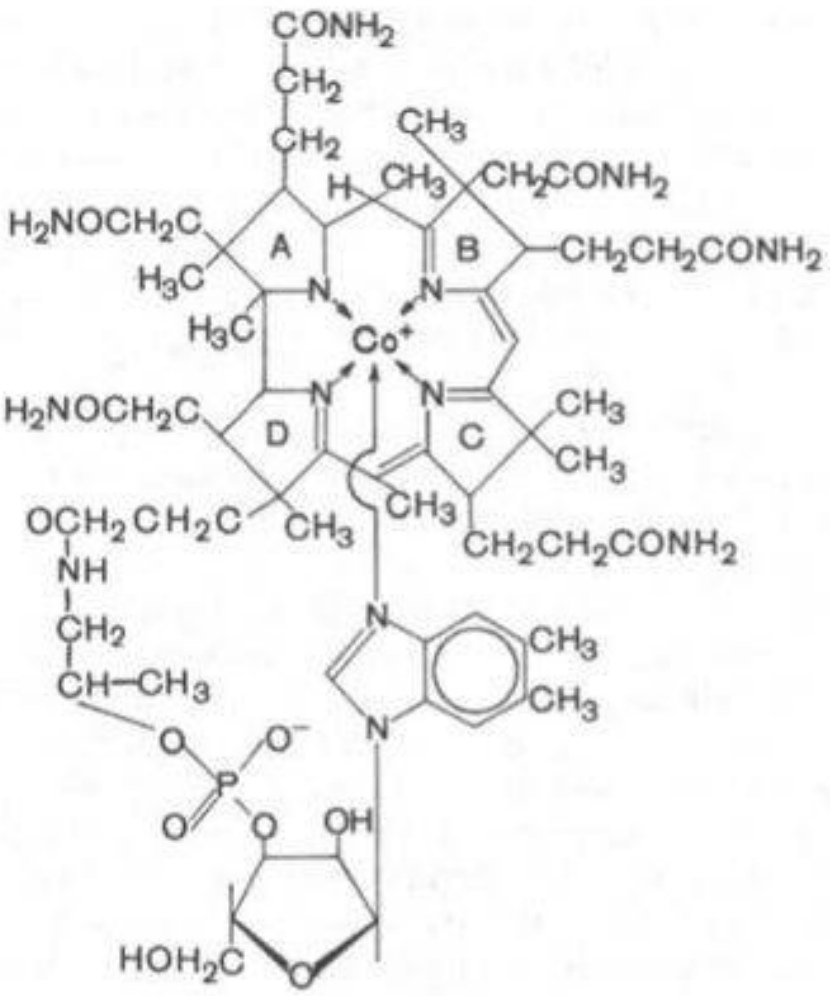
Нестача фолієвої кислоти супроводжується розвитком захворювань крові і шлунково-кишкового тракту.

Фолієва кислота застосовується для боротьби з хворобами кровотворної системи (злоякісні анемії, променеві захворювання, лейкоз, гастроентероколіти).

Фолієва кислота руйнується під час термообробки, дії світла. За пастеризації молока втрачається 75% фолієвої кислоти. Легко руйнується в овочах під час їх переробки (до 90%). Проте в м’ясопродуктах і яйцях вона є стійкою. Під час кулінарної обробки м’яса її втрати є невеликими.

ЦИАНКОБАЛАМІН (ВІТАМІН B_{12}, АНТИАНЕМІЧНИЙ)

Вітамін B_{12} (цианкобаламін, оксикобаламін, антианемічний вітамін) є найбільш складною хімічною сполукою серед вітамінів.



Вітамін B_{12}

В результаті заміни групи -C≡N на групу -OH в молекулі цианкобаламіну утворюється гідроксикобаламін, який останнім часом вважається істинним вітаміном B_{12}. У організмі людини кобаламіни перетворюються на кобаламід – кофермент B_{12}. Приймає участь в процесах кровотворення, перетворення амінокислот, біосинтезі (спільно з фолієвою кислотою) нуклеїнових кислот.

Вітамін B_{12} синтезується виключно мікроорганізмами. Гарними продуцентами цього вітаміну є актиноміцети, пропіоновокислі і метаноутворюючі бактерії. Зелені рослини кобаламін не синтезують на відміну від інших вітамінів групи В. Основним джерелом вітаміну B_{12} є продукти тваринного походження. Нестача його спостерігається у людей, що живляться тільки рослинною їжею. Найбільше вітаміну B_{12} міститься в печінці, нирках, серці; менше – в м’ясі, твердих сирах, сирі, сметані, вершках, кефірі.

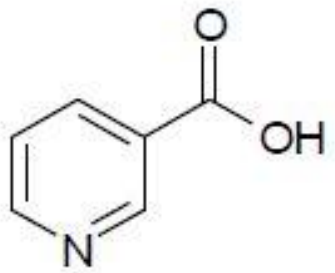
Добова потреба в ньому дорослої людини – 2...5 мкг.

Нестача в організмі вітаміну B_{12} викликає важку форму злоякісної анемії, порушення обміну білків, жирів і вуглеводів, зниження апетиту, слабкість, болі в ділянці шлунку, параліч.

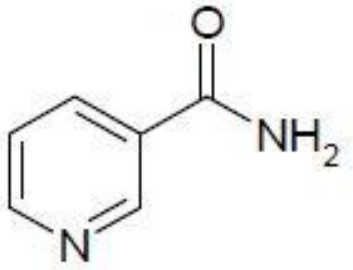
Вітамін застосовують у лікуванні анемій, для нормалізації функцій кровотворення, в неврології (поліневрит, радикуліт). Руйнується за тривалої дії світлових променів, в кислому і лужному середовищі; є термостабільним.

НІАНЦИН (ВІТАМІН РР, АНТИПЕЛАРГІЧНИЙ)

Під назвою ніацин мають на увазі дві речовини, що мають практично однакову вітамінну активність: нікотинова кислота і її амід (нікотинамід).



Нікотинова кислота



Нікотинамід

Ніацин є коферментом нікотинамідаденіндинуклеотид (НАД) і нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат (НАДФ) великої групи НАД- і НАДФ-залежних ферментів дегідрогенази, що приймають участь в окислювально-відновних реакціях, які відбуваються в клітинах і які забезпечують клітинне дихання. Цей вітамін чинить регулюючий вплив на органи травлення, забезпечує нормальний обмін речовин в шкірі, покращує функції печінки (знешкоджуючу і глікогеноутворюючу). Ніанцин чинить специфічну дію на психічну діяльність, позитивно впливає на обмін холестеролу і утворення еритроцитів.

За нестачі вітаміну РР в організмі спостерігається млявість, швидка втомлюваність, безсоння, серцебиття, знижена опірність до інфекційних захворювань. Ніацин сприяє засвоєнню рослинного білку, тому він є важливим для осіб, що не вживають тваринні білки. Він приймає участь у вуглеводному обміні, сприяє діяльності шлунково-кишкового тракту.

За значної нестачі розвивається пелагра – важке захворювання, що характеризується ураженням шлунково-кишкового тракту, шкіри і центральної нервової системи. Назва "пелагра" походить від італійського слова, що означає грубу шорстку шкіру, що є однією з ознак цієї хвороби. Вона розвивається у випадку харчування кукурудзою, білки якої є бідними на триптофан, із якого в організмі утворюється ніанцин (1 мг ніацину утворюється з 60 мг триптофану).

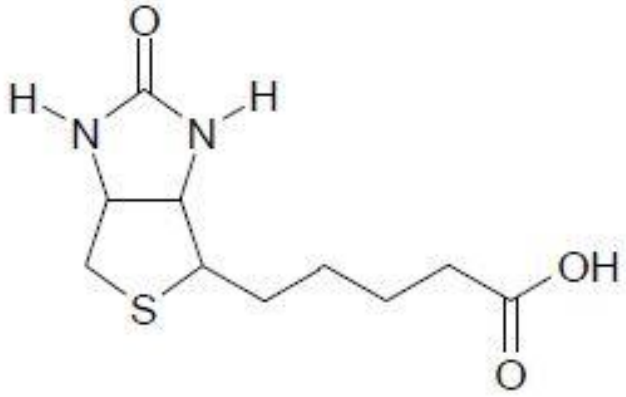
Джерела вітаміну РР – м’ясні продукти (особливо печінка і нирки): яловичина містить його – 4,7 мг%; свинина – 2,6; баранина – 3,8; субпродукти – 3,0...12,0. Багата ніацином і риба: 0,7 – 4,0 мг%. Молоко і молочні продукти, яйця є бідними на вітамін РР, але з урахуванням значного вмісту триптофану, вони є задовільними його джерелами. У ряді злакових і отримуваних з них продуктів вітамін РР знаходиться в зв’язаній формі і практично не засвоюється організмом. Вміст ніацину в овочах і бобових є незначним. Під час помелу зерна втрачається до 80% ніацину. Ніацин використовують для збагачення кукурудзяних і вівсяних пластівців, борошна.

Добова потреба в ніацині – 15...25 мг.

Вітамін РР добре зберігається в продуктах харчування, не руйнується під дією світла, кисню повітря, в лужних і кислих розчинах. Кулінарна обробка не призводить до значних втрат ніацину, проте частина його (до 25%) може переходити у воду в процесі варіння м’яса і овочів.

БІОТИН (ВІТАМІН Н)

Вітамін Н (від йому. Haut – шкіра) входить до складу ферментів, що каталізують оборотні реакції карбоксилювання-декарбоксилювання, приймаючи участь у біосинтезі ліпідів, амінокислот, вуглеводів, нуклеїнових кислот. Біотин є необхідним для нормальних функцій шкіри, нервової системи; він приймає участь в обміні жирних кислот і стеринів.



Потреба у біотині задовольняється за рахунок продуктів харчування і його біосинтезу мікрофлорою кишечника. Біотин міститься у більшості харчових продуктів. Основні джерела біотину (мкг%): печінка і нирки – 80...140, яйця – 28. У молоці, м’ясі – до 3 мкг%. З рослинних продуктів багатими на біотин є продукти переробки зерна (мкг%): пшеничний хліб – 4,8; вівсяна крупа – 20; соя – 60; горох – 20.

Добова потреба у біотині складає 150 мкг.

За нестачі біотину спостерігається лущення шкіри, випадання волосся, ламкість нігтів. Іноді запалення шкіри за гіповітамінозу супроводжується підвищеною функцією сальних залоз (себорея).

Нестача біотину розвивається за вживання великої кількості сирих яєчних білків, в яких міститься білок авідин, що зв'язує цей вітамін, перешкоджаючи його всмоктуванню в кишечнику. Вилучення з харчування сирих яєчних білків і включення в раціон багатих біотином продуктів може бути достатнім для одужання.

В процесі кулінарної обробки продуктів харчування біотин практично не руйнується. Використовується як стимулятор росту хлібопекарських дріжджів.

Вітаміноподібні сполуки

Вітаміноподібні сполуки відносяться до біологічно активних сполук, що виконують різні і різноманітні функції в організмі. Їх можна розділити на декілька груп (таблиця 8.9).

Орієнтовні величини потреби людини в цих харчових речовинах наведені в таблиці 8.10.

Таблиця 8.9 – Вітаміноподібні сполуки

Технологічна функція	Найменування сполуки
Незамінні харчові речовини з пластичною функцією	Холін; інозит (міоінозит, мезоінозит)
Біологічно активні речовини, що синтезуються в організмі людини	Ліпоєва кислота; оротова кислота; карнітин
Фармакологічно активні речовини їжі	Біофлавоноїди; метилметіонінсульфоній (вітамін U); пангамова кислота (вітамін B_{15})
Фактори росту мікроорганізмів	Параамінобензойна кислота

Таблиця 8.10 – Орієнтовна добова потреба людини у вітаміноподібних сполуках, споживання яких офіційними нормами не регламентується.

Вітаміноподібні сполуки	Добова потреба
Вітамін Р (біофлавоніди)	30...50 мг

Вітамін B_4 (холін)	150...1000 мг
Вітамін B_8 (інозит)	500...1500 мг
Вітамін N (ліпоєва кислота)	0,5...2 мг
Вітамін B_{15} (пангамова кислота)	150...300 мг
Вітамін B_{13} (оротова кислота)	0,5...1,5 до 3 г
Вітамін B_{10} (ПАБК)	Не встановлена
Вітамін B_{11} (карнітин)	Не встановлена
Вітамін U (S метилметіонінсульфоній)	Не встановлена

Вітамін Р посилює біологічний ефект вітаміну С, зменшує проникність капілярів, має антиаритмічний, антигіпертензивний, антиоксидантні та інші властивості. Термін "вітамін Р" об'єднує групу біологічно активних сполук рослинного походження, що називаються біофлавоноїдами.

Біофлавоноїди є одним з основних компонентів продуктів рослинного походження. Відомо приблизно 5000 природних флавоноїдів. Р-вітамінні властивості проявляють флавонони (гесперидин, еріодиктинол), флавоноли (рутин, кверцетин, кверцитрин, ізокверцитрин, мірицетин), халкони, дигідрохалкони, катехіни, антосіанини, лейкоантоціани, кумарини, бензофенони і галова кислота.

Біофлавоноїди – це група речовин, здатних укріплювати, підтримувати еластичність стінок капілярів, знижувати їх проникність. Речовини з Р-вітамінною дією приймають участь в тканинному диханні, економлять витрати в тканинах аскорбінової кислоти.

Основними джерелами біофлавоноїдів є (мг/100 г): чорноплідна горобина – 4000, чорна смородина – 1500, шипшина – 680, лимони і апельсини – 500, петрушка – 157, салат – 139 й інші овочі.

Нестача вітаміну Р призводить до підвищення проникності стінок капілярів і появи точкових крововиливів на шкірі, особливо у волосяних мішечків. Р-гіповітаміноз, як правило, поєднується із С-вітамінною нестачею, тому для профілактики Р-гіповітамінозу рекомендуються ті ж заходи, що і для попередження гіповітамінозу аскорбінової кислоти

Холін приймає участь в основних обмінних процесах, передусім в обміні жирів. Холін є необхідним для біосинтезу лецитину, попереджує жирове переродження печінки, тобто належить до ліпотропних речовин. Із холіну утворюється медіатор нервової системи – ацетилхолін, який є необхідним для передавання нервових імпульсів. Є дані про кровотворне значення холіну, його позитивний вплив на процеси росту і опірність організму інфекціям.

Холін – це сильна основа, добре розчинна у воді.

Джерелом холіну є (мг/100 г): печінка – 630...635, нирки – 310...325, сир – 155...230, нерафіновані рослинні олії – 120...124, бобові – 50...60, сир – 45...48, деякі овочі – капуста, шпинат та ін.

Добова потреба в холіні у дорослої людини складає 250...600 мг. Вона зростає у разі важкої фізичної праці, в умовах підвищеної температури повітря.

Нестача холіну часто супроводжує білкову нестачу, викликає жирове переродження печінки, що призводить до загибелі частини клітин і розвитку цирозу. Дефіцит холіну також може призвести до збільшення вмісту холестерину в організмі, гіпертонії і діабету.

Вітамін B_{13} (оротова кислота) чинить стимулюючий вплив на білковий обмін (на синтез білків) і процеси росту, сприятливо впливає на функціональний стан печінки.

Основними харчовими продуктами, що містять вітамін B_{13}, є дріжджі, печінка, молоко і молочні продукти.

Нестача оротової кислоти призводить до порушення білкового обміну, синтезу метіоніну, обміну фолацину і перетворень пантотенової кислоти.

Роль оротової кислоти в обміні речовин зумовила області її використання в медицині. Так, вона застосовується у лікуванні гематологічних захворювань, гепатитів і подагрі. Здатність оротової кислоти стимулювати синтез білку використовується у вигодовуванні недоношених немовлят.

Вітамін B_{15} (пангамова кислота) уперше виділений в 1951 р. Кребсом з ядер кісточок абрикос, потім з паростків рису і рисових висівок.

Пангамова кислота широко розповсюджена в харчових продуктах, у зв’язку з чим і дістала свою назву (від грец. "пан" – усюди, "гамі" – насіння).

Найважливіше фізіологічне значення пангамової кислоти полягає в її ліпотропних властивостях і функції донатора рухливих метильних груп для біосинтезу нуклеїнових кислот, фосфоліпідів, креатину і інших важливих компонентів.

Пангамова кислота покращує тканинне дихання, підвищує використання кисню в тканинах і приймає участь в окислювальних процесах,

стимулюючи їх, у зв'язку з чим використовується у випадку гострих і хронічних інтоксикацій.

Параамінобензойна кислота (ПАБК) приймає участь в синтезі фолієвої кислоти. Вона оберігає від інтоксикації препаратами трьох- і п'ятивалентного Арсену і Стибію, а також від отруєнь борною кислотою, бісмутом і ртуттю.

Параамінобензойна кислота досить широко розповсюджена в природі.

Добова потреба в ПАБК не встановлена. За деякими даними складає 2...4 мг. За збалансованого харчування ця потреба задовольняється повністю за рахунок природного вмісту ПАБК в харчових продуктах раціону.

Прояви авітамінозу і токсичності ПАБК не встановлені.

Інозит разом з параамінобензойною і пантотеновою кислотою вважається "вітаміном юності". Як і холін, він допомагає підтримувати в здоровому стані печінку, знижує вміст холестерину в крові, запобігає крихкості стінок кровоносних судин. Особливо активна ліпотропна дія інозиту проявляється у присутності вітаміну Е. Є дані про участь інозиту в регуляції моторної функції шлунку і кишечника.

Випадків інозит-авітамінозу у людини встановлено не було.

Гіповітаміноз інозиту викликає пілороспазм і призводить до зниження рухливості шлунку і кишечника.

Інозит міститься в м'ясі, серці, яйцях, зернових продуктах, зеленому горосі, цитрусових, капусті.

Дорослій людини на добу необхідно 1,0...1,5 інозиту.

Карнітин є необхідним для нормальної функції м'язів і підтримки оптимального фізіологічного стану. Карнітин є необхідним для перенесення жирних кислот в мітохондрії, де відбувається вивільнення із них енергії. За нестачі карнитину невикористані жирні кислоти накопичуються в цитоплазмі і виникає дефіцит енергії, який найбільш є відчутним для м'яза серця і скелетної мускулатури.

У організмі людини карнітин не синтезується, і потреба в ньому забезпечується за рахунок їжі.

Основними джерелами надходження карнітину в людському організм є м'ясо і м'ясопродукти.

Добова потреба в карнітині не встановлена. Підраховано, що з оптимальним раціоном організм людини отримує 250...300 мг карнітину на добу.

Вітамін U (S-метилметіоніінсульфоній) – речовина, що сприяє загоєнню виразки шлунку і дванадцятипалої кишки, виявлено уперше в соку капусти Чінеєм в 1948...1950 рр. Надалі встановлена протигістамінна і антисклеротична дія вітаміну U, має також ліпотропну дію.

Вітамін U руйнується за теплової обробки тим більше, чим вона є довшою.

Потреба у вітаміні U не встановлена.

Вміст вітаміну U в харчових продуктах наведений в таблиці 8.11.

Таблиця – 8.11 – Вміст вітаміну U в харчових продуктах

Найменування	Вміст, мг/100 г	Найменування	Вміст, мг/100 г
Капуста білокачанна	16,4...20,7	Томати зрілі	1,0
Буряк червоний	14,6	Кукурудза молочна	1,7
Капуста кольрабі	12,9	Листя салату	0,36
Зелень петрушки	6,4	Картопля	0,17
Паростки пророслого гороху	5,0	Морква	0,12

Ліпоєва кислота у вигляді коферменту приймає участь в окислювальному декарбоксилюванні піровиноградної, α-кетоглутарової й інших α-кетокислот, приймає участь в утворенні ацетилкоферменту А.

Ліпоєва кислота широко розповсюджена в природі, але в основному в зв'язаній формі. До харчових джерел відносяться м’ясо і субпродукти, молочні вироби і хлібопекарські дріжджі.

Нестача ліпоєвої кислоти у людини не виявлена.

Лекція 6. Харчові добавки

План

1. Загальні відомості про харчові добавки
2. Номенклатура і класифікація харчових добавок. Система цифрової кодифікації харчових добавок відповідно до Codex Alimentarius. Е-індекси харчових добавок.
3. Вплив харчових добавок на організм.
4. Законодавчі та нормативні документи, що регламентують обіг, використання і контроль за вмістом харчових добавок.

Харчові добавки останнім часом стали невід'ємною частиною харчових продуктів - наймасовішого виду продукції, яку виробляють і споживають люди. Тепер у більшості країн світу застосовують понад 540 відомих харчових добавок (ХД); у США їх кількість, включаючи відповідні суміші, перевищує 1500; в Росії - 415, в Україні дозволено понад 300. Тому актуальним стає необхідність в узагальнюючому джерелі інформації про існуючі ХД.

Сучасні теорії та концепції раціонального здорового харчування передбачають зміни у структурі споживання харчових продуктів, у тому числі і з появою на ринку нових харчових продуктів до складу яких входять відповідні харчові добавки. Саме тому на сучасному етапі виникає необхідність переосмисленням ролі товарознавства у житті суспільства, а також вимог до фахової підготовки майбутніх товарознавців.

Натуральні і напівсинтетичні добавки цієї групи застосовують при виробництві харчових продуктів, синтетичні - тільки при виробництві косметичних виробів. До натуральних загущувачів і гелеутворювачів відносять: рослинні камеді і слизи з насіння льону і айви, ріжкового дерева, астрагала, аравійської акації; агар, агароїд, пектин, желатин, альгінат натрію. До напівсинтетичних – похідні натуральних речовин, физико-хімічні властивості яких змінені в необхідному напрямі введенням певних

функціональних груп метилцелюлозу, етилцелюлозу, карбоксиметилцелюлозу, амілопектин, модифіковані крохмалі.

- *Залежно від джерела отримання розрізняють:* рослинного походження,

тваринного походження, продуктів ферментації мікроорганізмів.

Крім того добавки полісахаридної природи класифікують залежно *від структури:*

–за будовою полімерного ланцюга: лінійні (альгинати, каррагінани, модифікована целюлоза, пектин) і розгалужені (ксантани, гуміарабік, камедь);

– *за природою мономірних залишків*: гомоглікани (модифіковані крохмалі, целюлоза), гетероглікани (альгінати, карагінани, фурцелеран, пектини), тригетероглікани (ксантани, камедь карайи, геланова камедь); тетрагетероглікани (гуміарабік), пентагетероглікани (камедь гхатти);

– *залежно від заряду:* нейтральні (похідна целюлоза, амілопектини, галактоманани) і заряджені (полісахариди, що сульфітуються).

Загусники та гелеутворювачі. Однією з важливих характеристик харчового продукту є його консистенція. Продукти часто можуть представляти собою колоїдні системи: емульсії, піни, суспензії, гелі. Для їх створення необхідні речовини з певними властивостями: поверхневоактивними, загущуючими, драглеутворюючими.

Загусники – речовини, що збільшують в'язкість харчових продуктів та загущують їх. Загусники покращують та зберігають структуру харчового продукту, дозволяють отримати продукти з необхідною консистенцією - «тілом», яке позитивно впливає на смакові відчуття.

Загусники є гідроколоїдами, молекули яких представляють лінійні або розгалужені полімерні ланцюги, скручені у клубки. Завдяки особливостям своєї структури та багаточисельним полярним групам, особливо гідроксильним, згущувачі при додаванні до продукту взаємодіють з водою, що

в ньому утримується. Полярні молекули води при цьому розташовуються навколо молекули полярних груп загусника. Завдяки сольватації, клубки молекул розкручуються, рухомість молекул води обмежується, а в'язкість розчину при цьому зростає. При сумісному використанні двох або більше загусників можний прояв синергетичного ефекту, тобто суміш загущує

систему сильніше, ніж можливо було б очікувати від сумарної дії компонентів. Ефективність дії гідро колоїдів залежить також від складу харчового продукту, способам його виробництва та умовам зберігання.

Властивості згущувачів, особливо нейтральних полісахаридів можна змінювати шляхом фізичної обробки, наприклад термічної, або шляхом хімічної модифікації, наприклад введенням у молекули нейтральних або іонних замісників, до таких модифікованих полісахаридів належать складні етери целюлози, крохмалі.

Загусники мають широкий спектр застосування у харчовому виробництві: консервне та кондитерське виробництво, виготовлення соусів, кетчупів, маргаринів, сирів, молочних продуктів та ін.

Гелеутворювачі (*драглеутворювачі*) - речовини, які при певних умовах здатні створювати гелі (драглі), структуровані дисперсні системи.

Властивість гелеутворювачів створювати дисперсні системи (гідрогелі) широко використовується у консервному та кондитерському виробництві: мармелади, желе, варення, жувальна гумка, низькокалорійні продукти, кисломолочні продукти, морозиво та інші молочні десерти тощо.

Використання гелеутворювачів у харчових системах дає можливість одержати продукти з необхідною консистенцією, покращують та зберігають структуру харчового продукту, що у свою чергу сприяє підвищенню його смакового сприйняття.

Класифікація харчових добавок

З метою класифікації харчових добавок у країнах Євросоюзу розроблена система нумерації. Кожна харчова добавка має свій унікальний номер, що починається із букви Е. Система нумерації була допрацьована та прийнята для міжнародної класифікації Codex Alimentarius (англ.).

Е100-Е199: барвники. Надають продуктам харчування колір, відновлюють колір продукту, втрачений при обробці. Можуть бути природними (як бета-каротин) та хімічними (як татразин).

Е200-Е299: консерванти. Відповідають за зберігання продуктів, попереджуючи розмноження бактерій та грибків. Хімічні стерилізуючі добавки для зупинки бродіння вин, дезінфіканти.

Е300-Е399: антиоксиданти (антиокисники). Захищають продукти харчування від окиснення, зміни кольору та виникнення гіркоти. Можуть бути як природними сполуками (аскорбінова кислота, вітамін Е), так і хімічно синтезованими речовинами. Додаються у жирові та масляні емульсії (наприклад, майонез).

Е400-Е499: стабілізатори, загусники. Зберігають консистенцію продуктів харчування, підвищують їх в'язкість. Наприклад, пектин Е440.

Е 500-599: емульгатори. Створюють однорідну суміш із незмішуваних у природних умовах речовин — таких, як вода та олія, наприклад.

Е600-Е699: підсилювачі смаку та аромату. Посилюють смак та аромат. Можуть приховувати неприємний природний смак продуктів харчування.

Е900-999: антифламінги, піногасники, глазуруючі речовини Попереджують утворення піни, допомагать досягнути однорідної консистенції продуктів.

Е1000-далі: глазуруючі речовини, підсолоджувачі, розпушувачі, регулятори кислотності та інші не класифіковані добавки. Порівняно нова група Е-добавок. Сюди входять добавки, що з'явились пізніше, за інші.

Е1100-Е1105: ферменти, біологічні каталізатори. Група, також, порівняно нова. До неї входять різноманітні ферменти та біологічні каталізатори.

Е1400-Е1450: модифіковані крохмали. Застосовуються для досягнення певної консистенції продуктів харчування. Група нова.

Е1510-Е1520: хімічні розчинники.

Е700-Е800: антибіотики. Поки що не дозволені у країнах СНГ.
Вплив харчових добавок на організм

Реакція організму людини на харчові добавки є виключно індивідуальною. Хтось сприймає ту чи іншу харчову добавку абсолютно спокійно, а хтось має на неї алергію і, навіть, знає про негативний вплив на організм, але розібратися у кодах Е-добавок часом зовсім непросто. Є добавки, котрі вважаються безпечними, згідно із розпорядженням вищих інстанцій, проте у деяких людей вони можуть викликати приступи астми або аритмію. Для таких людей важливо знати, що саме приховується за кодом, що дасть

можливість передбачити реакцію організму на ту чи іншу харчову добавку. Наприклад, згадаємо про глутамат.

Негативний вплив деяких харчових добавок

Е103, Е105, Е121, Е123, Е125, Е126, Е130, Е131, Е142, Е153 — барвники. Входять до складу солодких газованих напоїв, льодяників, кольоровому морозиві. Можуть сприяти утворенню злоякісних пухлин.

Е171-Е173 — барвники. Входять до складу солодких газованих напоїв, льодяників, кольоровому морозиві. Можуть бути причиною хвороб нирок та печінки.

Е210, Е211, Е213-Е217, Е240 — консерванти. Входять до складу різноманітних консервів: гриби та овочі, варення, соки та компоти. Можуть сприяти утворенню злоякісних пухлин.

Е221-Е226 — консерванти. Містяться у консервах. Можуть викликати захворювання травного тракту.

Е230-Е232, Е239 — консерванти. Входять до складу консервів. Можливими наслідками є різноманітні алергічні реакції.

Е311-Е313 — антиоксиданти. Входять до складу йогуртів, кисломолочних продуктів, ковбасних виробів, вершкового масла, шоколаду. Можуть стати причиною захворювань травного тракту.

Е407, Е447, Е450 — стабілізатори та загусники. Входять до складу варення, джему, згущеного молока, шоколадного сиру. Можуть стати причиною захворювань нирок та печінки.

Е461-Е446 — стабілізатори та загусники. Входять до складу варення, джему, згущеного молока, шоколадного сиру. Можуть стати причиною хвороб травного тракту.

E924a, E924b – піногасники. Входять до складу газованих напоїв. Можуть сприяти утворенню злоякісних пухлин.

Проте, є і безпечні, і, навіть, у дечому корисні Е-добавки. Наприклад, Е163 — барвник — антоціан із шкірки винограду. Е338 — антиоксидант та Е450 — стабілізатор — безпечні фосфати, навіть, необхідні для наших кісток. А комбінація із Е260, Е334, Е620, Е160а, Е375, Е163, Е330, Е363, Е920, Е300 та Е101 міститься у звичайному хрусткому яблуці та є нічим іншим, як поєднанням оцтової, винної та глутамінової кислот, каротину, цистину, вітаміну С та вітаміну В. Поряд з тим, спеціалісти виявили, що не дуже улюблені консерванти здатні чинити пагубний вплив на синегнійну паличку — хвороботворний організм, що є причиною хвороб сечовивідних шляхів, шкіри, очей та м'яких тканин, і вважається одним із найбільш небезпечних та стійких до антибіотиків збудників. Консерванти спричиняють у синегійної палички генетичні зміни і роблять її набагато сприятливішою до ліків.

Небезпечні барвники, як було сказано вище, найчастіше потрапляють у продукти харчування, розраховані на дітей, бо, власне, ці продукти і створюються барвистими для того, аби привертати дитячу увагу. Найпоширенішими продуктами, що містять небезпечні барвники, є:

• солодкі напої, що мають яскраве забарвлення (зелений, жовтий, червоний кольори);

• різноманітні цукерки з сегменту дешевих кондитерських виробів, що мають різнокольорове забарвлення;

• вафлі та печиво з кольоровою начинкою;

• сухі суміші для приготування желе та киселів;

• жувальні гумки та желейні цукерки;

• різнокольорові креми, що використовуються при приготуванні тортів та інших кондитерських виробів;

• так звані цукати — схожі на сухофрукти продукти незрозумілого походження, що зазвичай фарбуються різноманітними барвниками;

• кустарні кондитерські вироби та саморобні цукерки (півники на паличці), де у вигляді барвника можуть використовуватись не лише небезпечні добавки із

наведеного списку, а і заборонені в Україні барвники, що мають токсичні та канцерогенні властивості.

Формули хвороб

Окремо варто відзначити також негативний вплив на здоров'я і дорослих, і дітей суміші деяких харчових добавок, які окремо одна від одної зазвичай не несуть загрози споживачеві.

Наприклад, поєднання в одному продукті бензоату натрію (Е 211) та антиоксиданту аскорбінової кислоти (Е 300), відомого ще, як «вітамін С» призводить до хімічної реакції, внаслідок якої у продукті синтезується бензол, небезпечний токсичний канцероген.

Цікаво, що деякі виробники солодких напоїв виставляють наявність вітаміну С у напоях, що містять бензоат натрію, як ознаку піклування про здоров'я споживачів (збагачуємо напої вітамінами!), приховуючи інформацію про шкідливість поєднання цих харчових добавок.

Лекція 7. Контамінанти

План

1. Поняття контамінації та класифікація контамінантів.
2. Біологічні контамінанти: бактерії, віруси, паразити.
3. Хімічні контамінанти:
    - Важкі метали.
    - Пестициди та агрохімікати.
    - Забруднювачі, що виникають під час переробки (акриламід, ПАВ).
4. Природні токсини: мікотоксини та фітотоксини.
5. Радіоактивне забруднення продуктів.
6. Система контролю та профілактика контамінації.

1. Поняття контамінації та класифікація

Контамінація (забруднення) — це небажане потрапляння в харчові продукти речовин або організмів, які не є їхніми природними компонентами і можуть становити загрозу здоров'ю.

Основні типи контамінантів за походженням:

- Біологічні: мікроорганізми та продукти їх життєдіяльності.
- Хімічні: залишки добрив, важкі метали, діоксини, антибіотики.
- Фізичні: скло, метал, пластик, каміння, що потрапляють у продукт під час виробництва.

2. Біологічні контамінанти

Це найбільш поширена причина харчових отруєнь.

- Бактерії: *Salmonella, E. coli, Listeria, Campylobacter*. Вони можуть потрапляти через брудну воду, сиру сировину або порушення санітарних норм персоналом.
- Віруси: Норовірус, вірус гепатиту А. Часто передаються через молюсків або готові до вживання продукти, що контактували з інфікованою людиною.
- Паразити: Гельмінти (глисти), що містяться в погано термічно обробленому м'ясі чи рибі.

3. Хімічні контамінанти

Хімічне забруднення може бути навмисним (пестициди для врожаю) або випадковим (викиди заводів).

А. Важкі метали

Найнебезпечнішими є «велика четвірка»:

- Ртуть (Hg): накопичується в хижій рибі (тунець, акула). Вражає нервову систему.
- Кадмій (Cd): потрапляє з ґрунтів у гриби, злаки. Накопичується в нирках.
- Свинець (Pb): джерела — консервні банки (рідше зараз), промислові викиди.
- Миш'як (As): може міститися в рисі через особливості його вирощування у воді.

Б. Пестициди та агрохімікати

Використовуються для захисту рослин, але їх залишки можуть викликати хронічні інтоксикації, алергії та гормональні порушення.

В. Процесні контамінанти

Утворюються безпосередньо під час приготування їжі:

- Акриламід: утворюється у крохмалистих продуктах (картопля фрі, чіпси) при температурах понад 120°C.
- Поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ): виникають під час копчення та смаження на відкритому вогні (шашлик).

4. Природні токсини

Не всі отрути створені людиною. Природа має власні механізми захисту.

- Мікотоксини: отруйні продукти життєдіяльності пліснявих грибів. Найнебезпечніший — афлатоксин(зустрічається в горіхах, кукурудзі), що має сильну канцерогенну дію на печінку.
- Соланін: міститься в проростлій або позеленілій картоплі.
- Ціаногенні глікозиди: у кісточках абрикосів, вишень.

5. Радіоактивне забруднення

Основними радіонуклідами, що забруднюють харчовий ланцюг, є Цезій-137 () та Стронцій-90 (). Вони потрапляють у рослини з ґрунту, потім у молоко та м'ясо тварин.

- Стронцій за структурою схожий на кальцій, тому накопичується в кістках людини.
- Цезій подібний до калію, накопичується в м'язах.

6. Система контролю та профілактика

Для забезпечення безпеки харчування використовується система HACCP (Аналіз ризиків і критичні контрольні точки).

Методи профілактики:

1. Дотримання температурного режиму: зберігання продуктів при температурі нижче 5°C або вище 60°C.
2. Гігієна: миття рук, дезінфекція поверхонь.
3. Розділення: не допускати контакту сирого м'яса з готовими продуктами.
4. Вибір постачальників: контроль сертифікатів якості сировини.

Висновок: Контамінація — це багатогранна проблема. Якщо біологічні ризики можна нівелювати термічною обробкою, то хімічні та радіаційні вимагають суворого державного моніторингу на етапі виробництва сировини.

Лекція 8. Основні перетворення білкових речовини під час виробництва та зберігання харчових продуктів.

Перетворення білків у технологічному процесі

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. В результаті чого порушується вторинна і третинна структури білкової молекули, а первинна, 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.

В результаті денатурації білків відбуваються наступні основні зміни:

– різко знижується розчинність білків;

– втрачається біологічна активність, здатність до гідратації і видова специфічність;

– покращується атакувальність 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.

Теплова денатурація

Під час теплової обробки білки зсідаються. Початкова стадія зсідання білків (денатурація) починається з нагрівання продукту до 40 °С. В результаті чого білки втрачають нативні (природні) властивості. За нагрівання продукту вище 70°С відбувається коагуляція білків. Вони втрачають властивість

розчинятися й утримувати воду (набухати), в зв'язку з чим маса риби і м'яса після теплової обробки зменшується.

Білки, які містяться в продуктах у вигляді розчинів, зсідаються пластівцями. Це явище спостерігається під час варіння бульйонів з м'яса, риби. У воду переходить частина білка, який збирається на поверхні бульйону, утворюючи піну.

Білки, які містяться в продуктах у вигляді драглеподібної маси, під час нагрівання ущільнюються, виділяючи частину води (білки м'яса, риби), винятком є білки яєць, які під час зсідання не виділяють води. Чим вища температура продукту за теплової обробки, тим більше ущільнюються білки, тим більше води вони виділяють. Внаслідок цього знижується засвоюваність їх організмом людини. Тому продукти, в яких є білки, не слід переварювати.

Для більшості білків температура денатурації складає 45...60ºС. Проте зустрічаються і термостабільні білки, наприклад, α-лактоглобулін молока і α-амілази деяких бактерій. Підвищена стійкість білків до нагрівання часто зумовлюється наявністю в їх складі великої кількості дисульфідних зв'язків. Проте ступінь денатуруючої дії температури на білки залежить і від їх вологості, реакції і сольового складу середовища, присутності небілкових сполук. Наприклад, температура денатурації білків сої і соняшнику істотно знижується у присутності кислот жирного раду, в кислому і вологому середовищі, але підвищується у присутності сахарози і крохмалю.

Теплова денатурація білків є одним з основних фізико-хімічних процесів, що лежать в основі випічки хліба, печива, бісквітів, тістечок, сухарів, сушки макаронних виробів, отримання екструдатів і сухих сніданків, варіння, смаження овочів, риби, м'яса, консервації, пастеризації і стерилізації молока. Цей вид перетворень відноситься до корисних, оскільки він прискорює перетравлювання білків в шлунково-кишковому тракті людини (полегшуючи доступ до них протеолітичних ферментів) і зумовлює споживчі властивості харчових продуктів (текстуру, зовнішній вигляд, органолептичні властивості). У зв'язку з тим, що ступінь денатурації білків може бути різним (від незначної до повної зміни розташування пептидних ланцюгів з утворенням нових ковалентних - S- S- зв'язків), то і засвоюваність полімерів може не лише покращуватися, але і погіршуватися.

ДЕСТРУКЦІЯ БІЛКІВ

Під час нагрівання харчових продуктів вище 100ºС відбувається руйнування макромолекул денатурованих білків. На першому етапі змін від білкових молекул можуть відщеплюватись такі леткі продукти, як аміак, сірководень, діоксид вуглецю і інші сполуки. Накопичуючись в продукті і навколишньому середовищі ці речовини беруть участь в утворенні смаку і аромату готової їжі.

За температури від 60ºС до 100ºС з зі значною швидкістю відбувається взаємодія білків з відновлюючими цукрами, що супроводжується утворенням карбонільних сполук і темнокольорових продуктів – меланоїдинів (реакція Майяра). Суть реакцій меланоїдиноутворення полягає у взаємодії групи - NH_2 амінокислот з глікозидними гідроксилами цукрів. Цукроамінні реакції є причиною не лише потемніння харчових продуктів, але і зменшення в них сухої речовини і втрат незамінних амінокислот (лізину, треоніну). Меланоїдини знижують біологічну цінність виробів, оскільки знижується засвоюваність амінокислот через те, що цукроамінні комплекси не піддаються гідролізу ферментами травного тракту. До того ж кількість незамінних амінокислот зменшується. Це зменшення відбувається не лише за рахунок взаємодії їх з відновлювальними цукрами, але і за рахунок взаємодії між собою функціональних груп -NH_2 і -COOH самого білку. Реакції проходять з утворенням внутрішніх ангідридів, циклічних амідів і ω,ε-ізопептидних зв'язків.

Серед продуктів термічного розкладу білків зустрічаються сполуки, що надають їм мутагенних властивостей. Термічно індуковані мутагени утворюються у білкововмісній їжі в процесі її обсмажування в олії, випічки, копчення 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.

Найсильнішими мутагенними сполуками, що відомі нині є гетероциклічні ароматичні аміни (ГАА). Вони формуються в ході термічної обробки харчової сировини і напівфабрикатів головним чином тваринного походження, як правило, за температури вище 150ºС. ГАА мають потужну мутагенну дію на мікроорганізми і виражений канцерогенний ефект, що було підтверджено в дослідах на тваринах. Є підстави вважати, що саме ГАА є відповідальними за певну частину онкологічних захворювань людини.

Найбільш важливими факторами формування мутагенних хімічних речовин є температура і тривалість процесу кулінарної обробки.

Мутагенна активність м'ясного фаршу, смаженого основним способом за температури 200ºС, приблизно в 2 рази вище, ніж у такого ж зразка, але смаженого за 150ºС.

Крім того, рівень мутагенів істотно збільшується у випадку тривалості процесу більш ніж 10 хв.

Дослідженнями підтверджено, що під час прогрівання суміші креатину (завжди є в м’ясі, рибі), гліцину (аланіну) і глюкози за 130ºС мутагенна активність зростає. Вилучення хоч би одного компонента з цієї суміші призводить до повної втрати мутагенних властивостей.

Токсичні властивості білків за термічної обробки вище 200ºС або за нижчих температур, але в лужному середовищі, можуть зумовлюватися не лише процесами деструкції, але і реакціями ізомеризації залишків амінокислот з L- в D-форму. Присутність D- ізомерів знижує засвоюваність білків.

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.

В процесі отримання ізолятів і концентратів білків сировину обробляють розчинами лугів. Чим вище значення pH, температура і час обробки, тим нижчим є вміст незамінних амінокислот у білку.

В результаті дії протеолетичних ферментів в ході технологічного процесу виробництва харчових продуктів білкові речовини так само зазнають ряду істотних змін. Так, на стадії солодовирощування у виробництві пива в ендоспермі ячменю спостерігається гідроліз глобуліну (едестин), альбуміну (лейкозин), проламіну (гордеїн) і глютеліну з накопиченням азотистих сполук з нижчою молекулярною масою (пептиди, амінокислоти). В результаті в зерні накопичується розчинна, коагулююча і амінна форми азоту, тоді як в зародковому листку і паростках зерна, навпаки, збільшується кількість білкового азоту за рахунок процесів синтезу.

Лекція 9. Основні перетворення жирів і ліпідів під час виробництва та зберігання харчових продуктів.

Харчова цінність жирів та норми споживання

В організм людини з продуктами харчування жири надходять, так званими, "*видимими*" (олія, вершкове масло, сало тощо) та "*прихованими*" (риба, м'ясо, молоко, яйця). Доросла людина повинна споживати приблизно 32 кг жиру на рік, половина якого має припадати на "видимий".

Рослинні жири і олії є обов'язковим компонентом їжі, джерелом енергетичного і пластичного матеріалу, постачальником необхідних для нього речовин, тобто вони є незамінними факторами харчування, що визначають його біологічну цінність. Рекомендований вміст жиру в раціоні людини (за калорійністю) складає 30...33%; для населення південних зон – 27..28%, північних – 38...40% або 90...107 г на добу, в тому числі безпосередньо у вигляді жирів 45–50 г.

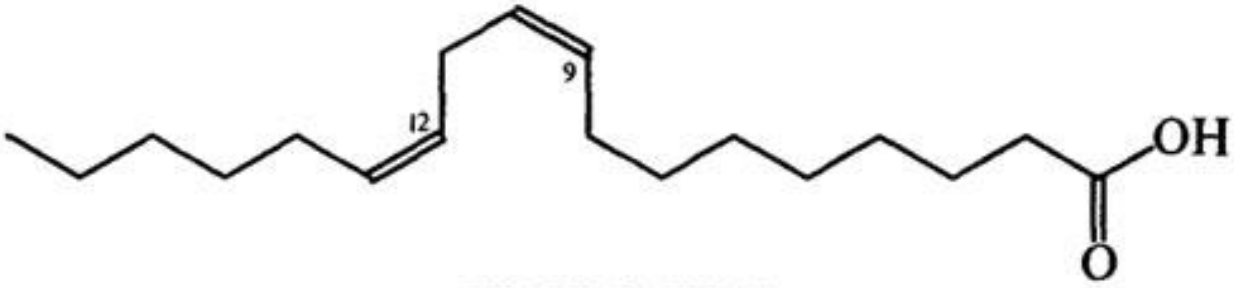
У складі харчових продуктів розрізняють видимі жири (рослинні олії, тваринні жири, вершкове масло, маргарин, кулінарні жири) і невидимі жири (жир в м'ясі і м'ясопродуктах, рибі, молоці і молочних продуктах, крупі, хлібобулочних і кондитерських виробах). Це, звичайно, є умовним поділом, але він широко застосовується в нутріціології.

Найбільш важливими джерелами жирів в харчуванні є: рослинні олії (в рафінованих оліях 99,7...99,8% жиру), вершкове масло (61,5...82,5% ліпідів), маргарин (до 82,0% жиру), комбіновані жири (50...72% жиру), кулінарні жири (99% жиру), молочні продукти (3,5...30% жиру), деякі види кондитерських виробів – шоколад (35...40%), окремі сорти цукерок (до 35%), печиво (10–11%); крупи – гречана (3,3%), вівсяна (6,1%); сири (25...50%), продукти із свинини, ковбасні вироби (10...23% жирів). Частина цих продуктів є джерелом рослинних олій, інші – тваринних жирів.

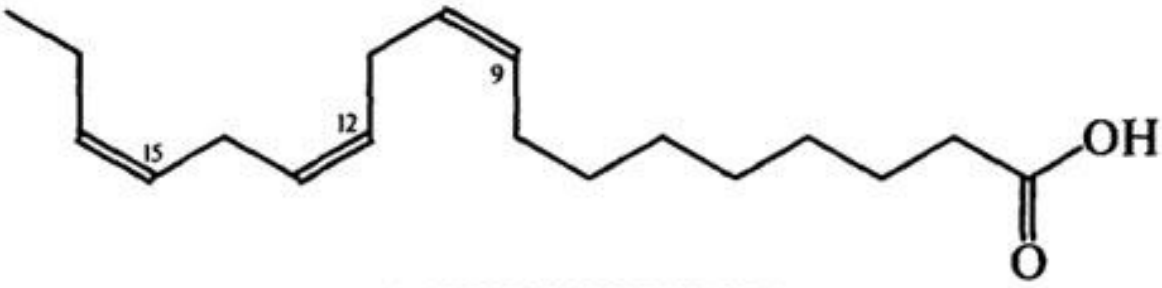
В харчуванні людини має значення не тільки кількість але й хімічних склад вживаних жирів, особливо вміст поліненасичених жирних кислот з певним положенням подвійних зв'язків і цис-конфігурацією (лінолевої C_{18}^{2}; α-

і γ-ліноленової C_{18}^{3}; олеїнової C_{18}^{1}; арахідоновоїС$_{20}^{4}$; поліненасичених жирних кислот з 5...6-ма подвійними зв’язками родини омега-3).

Лінолева і ліноленова кислоти не синтезуються в організмі людини, арахідонова – синтезується із лінолевої кислоти за участі вітаміну B_6. Тому вони отримали назву "незамінних або "ессенціальних" кислот. Ліноленова кислота утворює інші поліненасичені жирні кислоти. До складу поліненасичених жирних кислот родини омега-3 входять: α-ліноленова, ейкозапентаєнова, докозагексаєнова кислоти. Лінолева, γ-ліноленова, арахідонова кислоти входять в родину омега-6.

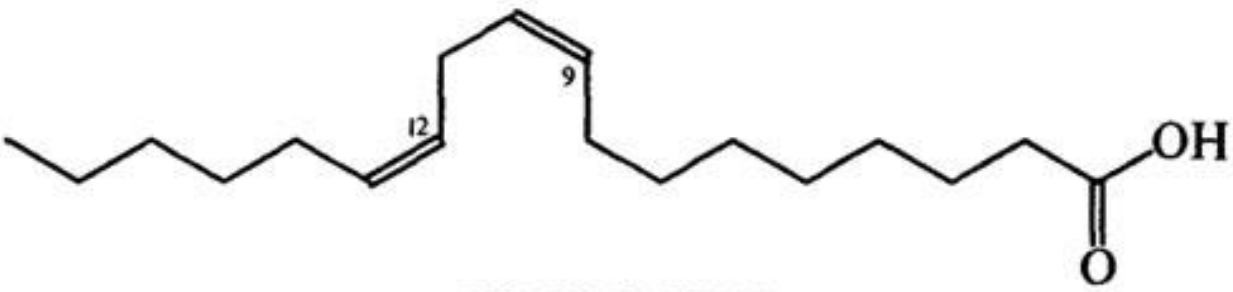


линолевая кислота

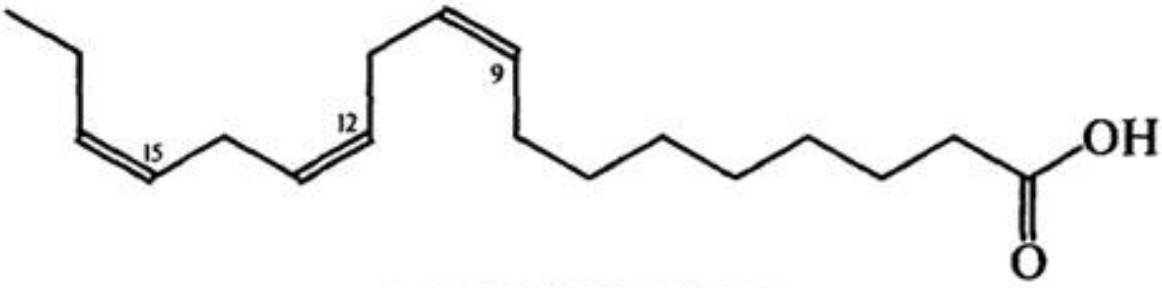


α-линоленовая кислота

лінолева

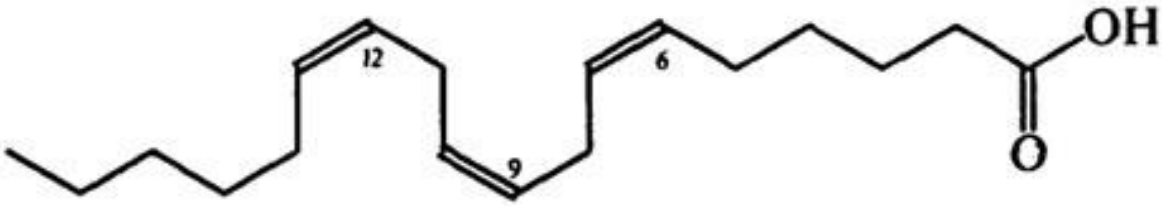


линолевая кислота

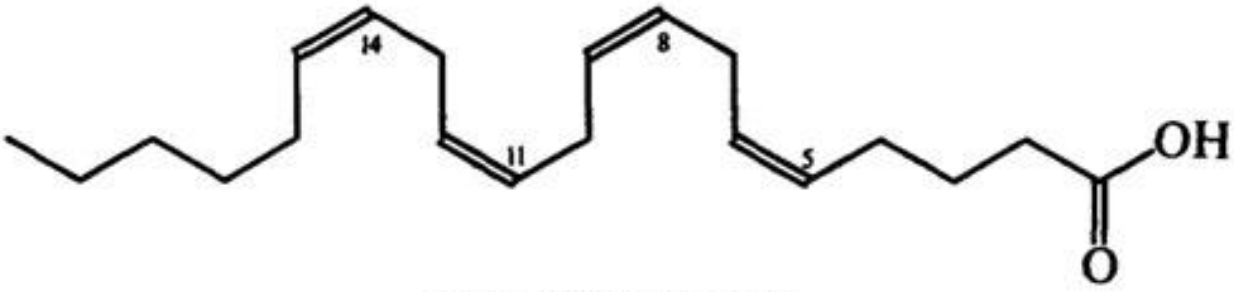


α-линоленовая кислота

α-ліноленова

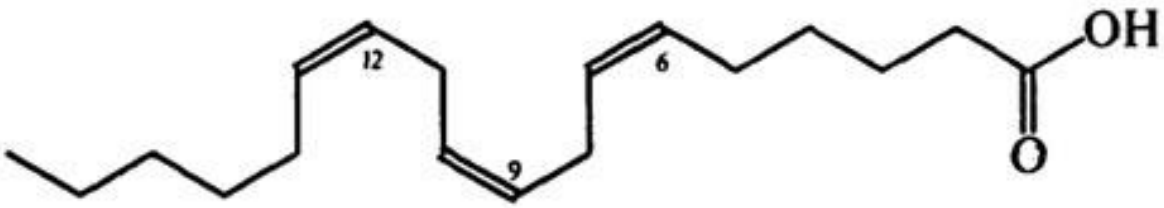


γ-линоленовая кислота

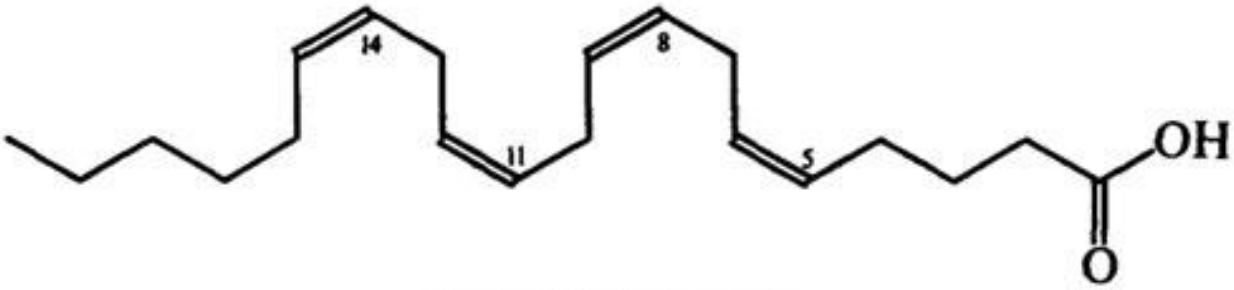


арахидоновая кислота

γ-ліноленова



γ-линоленовая кислота



арахидоновая кислота

арахідонова

Британський фонд харчування визначив ідеальне співвідношення в раціоні харчування людини між ПНЖК родини ω-6 і ПНЖК ω-3 у кількості 6:1, тоді як, за іншими даними, це співвідношення повинно складати для здорової людини – 10:1, для лікувального харчування – від 3:1 до 5:1. На цьому співвідношенні заснована відома рекомендація істотного збільшення споживання жирної риби.

Більше 50 років назад була доведена необхідність присутності ряду цих структурних компонентів ліпідів для нормального функціонування і розвитку нашого організму. Вони приймають участь в побудові клітинних мембран, в синтезі простагландинів, які приймають участь в регулюванні обміну речовин в клітинах, кров'яного тиску, агрегації тромбоцитів, сприяють виведенню із організму надлишкової кількості холестерину, попереджуючи і послаблюючи атеросклероз, підвищують еластичність стінок кровоносних судин. Але ці функції виконують тільки цис-ізомери ненасичених кислот.

За відсутності "ессенціальних" кислот зупиняється ріст організму і виникають важкі хвороби. Біологічна активність вказаних кислот є неоднаковою. Найбільшу активність має арахідонова кислота, високу – лінолева, активність ліноленової кислоти є значно (в 8...10 раз) нижчою за активність лінолевої.

Серед продуктів харчування найбільш багатими поліненасиченими кислотами є рослинні олії, особливо кукурудзяна, соняшникова, соєва. Вміст

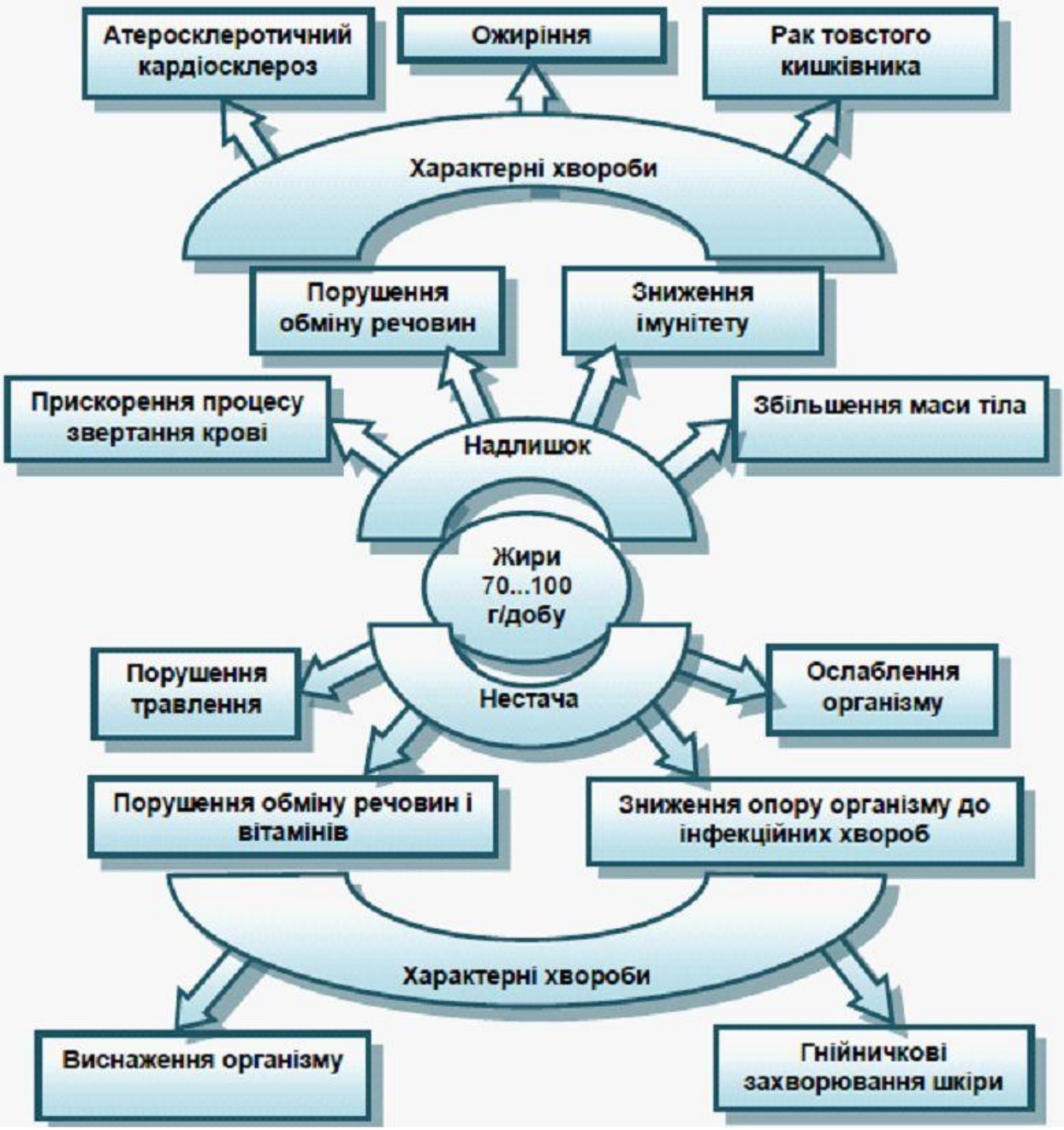
в них лінолевої кислоти досягає 50...60%, значно менше її в маргарині – до 20%, вкрай мало в тваринних жирах (в яловичому жирі – 0,6%). Арахідонова кислота в продуктах харчування міститься в незначній кількості, а в рослинних оліях її практично немає. В найбільшій кількості арахідонова кислота міститься в яйцях – 0,5, субпродуктах 0,2...0,3, мозку – 0,5%.

Вважається, що добова потреба в лінолевій кислоті повинна складати 6...10 г, мінімальна – 2...6 г, а її сумарний вміст в жирах харчового раціону – не менше 4% від загальної калорійності. Отже, склад жирних кислот ліпідів в харчових продуктах, призначених для харчування молодого, здорового організму, повинен бути збалансованим: 10...20% – поліненасичених, 50...60% – мононенасичених і 30% насичених, частина яких повинна бути з середньою довжиною ланцюга.. Це забезпечується використанням в раціоні 1/3 рослинних і 2/3 тваринних жирів. Для людей похилого віку і хворих серцево-судинними захворюваннями вміст лінолевої кислоти повинен складати приблизно 40%, відношення поліненасичених і насичених кислот – наближатись до 2:1, відношення лінолевої і ліноленової кислот – 10:1.

За сучасними уявленнями найбільш доцільним є використання в кожне окреме приймання їжі жири, що мають збалансований склад, а не вживати жирові продукти різного складу протягом доби.

Нестача або надлишок жирів є практично однаково небезпечними для організму людини (рисунок 5.4.). За низького вмісту жиру в раціоні, особливо у людей з порушеним обміном речовин, спочатку з’являється сухість і гнійничкові захворювання шкіри, потім настає випадання волосся і порушення травлення, знижується опірність організму до інфекцій, порушується обмін вітамінів.

Тривале обмеження жирів у харчуванні або систематичне використання жирів зі зниженим вмістом необхідних компонентів, в тому числі і вершкового масла призводить до відхилень у фізіологічному стані організму., порушується діяльність нервової системи, знижується стійкість організму до інфекцій, скорочується тривалість життя.



Але і надмірне споживання жирів є небажаним, воно призводить до ожиріння, серцево-судинним захворюванням, передчасного старіння, атеросклерозу, розвитку жовчнокам'яної хвороби, виникненню злоякісних новоутворень у молочних, статевих залозах, прямій кишці тощо.

Рисунок 5.4 – Наслідки надлишку або нестачі жирів в харчовому раціоні

Так, за надмірного споживання жирів відбувається їх накопичення в крові, печінці і інших тканинах і органах. Кров стає в'язкою, підвищується її здатність до зсідання, що призводить до закупорки кровоносних судин, виникає атеросклероз. Надлишок жиру призводить також до ожиріння –

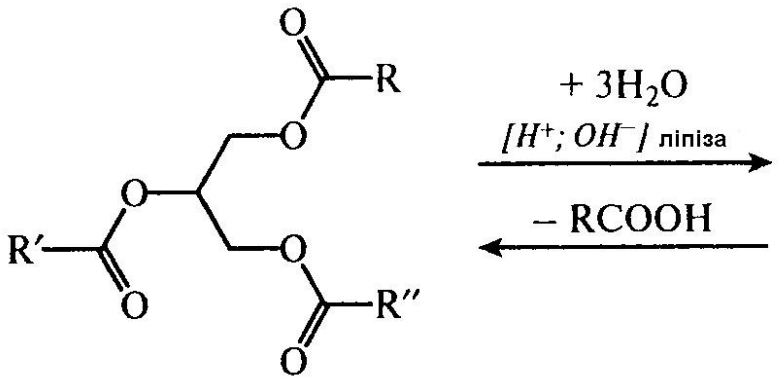
одного з поширених захворювань у багатьох розвинених країнах, де споживання жирів на душу населення збільшується або висока частка жиру в традиційних раціонах харчування.

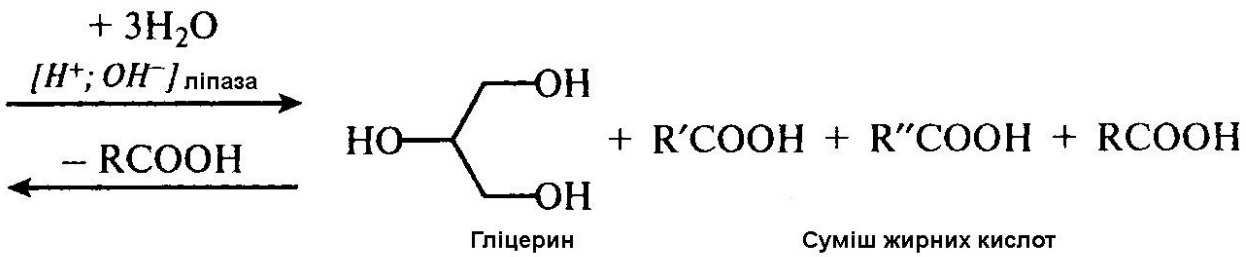
Деякі вчені висловлюють думку, що існує прямий зв'язок між раком товстого кишечника і споживанням жирної їжі. Високий вміст жиру в їжі призводить до збільшення концентрації жовчних кислот, що надходять з жовчю в кишечник. Жовчні кислоти і деякі інші складові частини жовчі, а також продукти розпаду тваринних білків справляють на кишкову стінку або канцерогенний вплив безпосередньо, або під дією кишкової мікрофлори перетворюються на продукти, що мають канцерогенний ефект. Аналогічно цьому випадку, за надлишку ПНЖК, що надходять за рахунок рослинних олій або риб'ячих жирів, утворюється багато окиснювальних продуктів їх обміну – вільних радикалів, – які отруюють печінку і нирки, знижують їх імунітет і також діють канцерогенно.

ГІДРОЛІЗ ТРИГЛІЦЕРИДІВ

Під впливом лугів, кислот, ферменту ліпази тригліцеридів гідролізуються з утворенням ди-, а потім моногліцеридів і, врешті, жирних кислот і гліцерину.

Результати гідролізу можна представити такою схемою:





За присутності кислотних каталізаторів (сульфокислоти, H_3PO_4) процес проводять за 100°С в надлишку води. За присутності каталізаторів

розщеплення проводять за температури 220...225ºС під тиском 2...2.5 МПа ("безреактивне" розщеплення). Гідроліз концентрованими водними розчинами гідроксиду натрію (омилення) є основою процесу отримання (варіння) мила. На швидкість гідролізу тригліцеридів впливають будова і положення ацилів, температура, каталізатори. Зі зростанням довжини вуглецевого ланцюга, збільшенням ненасиченості ацилів (за тієї ж довжини вуглецевого радикалу) швидкість гідролізу знижується. Гідроліз тригліцеридів під дією ліпази проходить ступінчасто. В даному випадку спостерігається певна селективність: на першій стадії утворюються 1,2-дигліцериди, на другій – 2-моногліцериди. Швидкість гідролізу моногліцеридів є вищою, ніж тригліцеридів; дигліцериди займають проміжне положення.

Гідроліз тригліцеридів широко застосовується в техніці для отримання жирних кислот, гліцерину, моно- і дигліцеридів.

ГІДРОГЕНІЗАЦІЯ ТРИГЛІЦЕРИДІВ

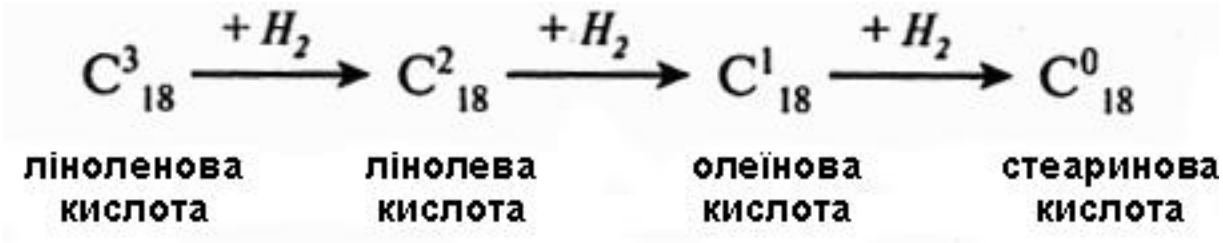
Технологію гідрогенізації жирів було розроблено у 1902...1903 роках, з 1908 року організовано промислове виробництво гідрогенізованих жирів. Процес гідрогенізації проводиться на спеціальному обладнанні у відповідних технологічних умовах.

Гідрогенізацію олій і жирів молекулярним воднем в промисловості проводять за температур 180...240ºС у присутності нікельованих або мідно-нікелевих каталізаторів, за тиску, як правило, близькому до атмосферного. Завдання гідрогенізації олій і жирів – цілеспрямована зміна жирно-кислотного складу початкового жиру в результаті часткового або повного приєднання водню до залишків ненасичених жирних кислот, що входять до складу тригліцеридів соняшникової, бавовняної, соєвої, рапсової й інших рідких рослинних олій.

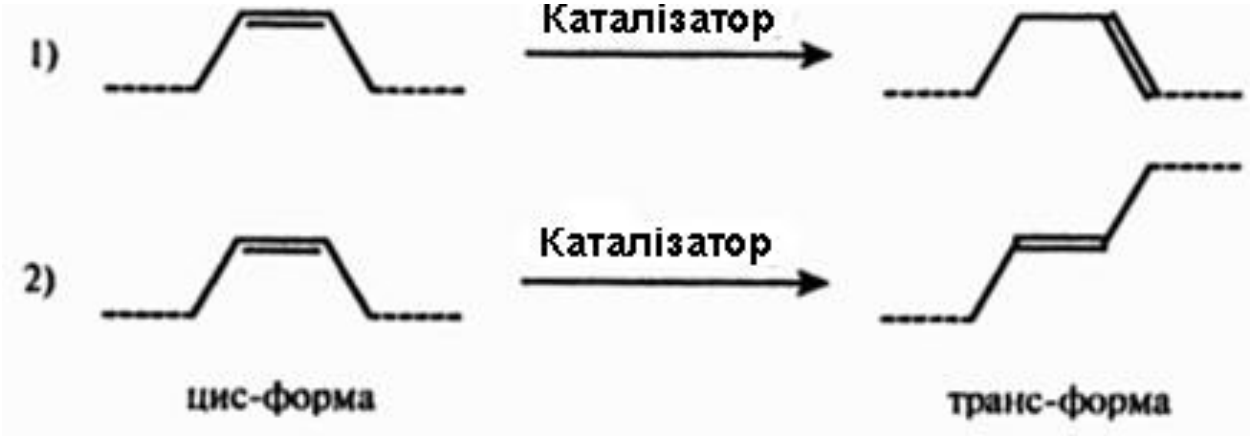
Примітка.*Якщо описувати коротко, то суть процесу гідрогенізації полягає у наступному: до нагрітої до 160ºС олії додають каталізатори і під тиском крізь неї пропускають водень. Водень приєднується до радикалів жирних кислот за місцем подвійних зв’язків. Процес гідрогенізації триває 3...4 години, після чого одержаний саломас охолоджують, видаляють з нього каталізатори, знову охолоджують і подають у сховище.

Основна хімічна реакція, що відбувається під час гідрогенізації – приєднання водню до подвійних зв’язків залишків ненасичених жирних кислот:

Підбираючи відповідні умови реакції, вдається здійснювати цей процес селективно (вибірково), гідрогенізуючи спочатку, в основному, ацили ліноленової кислоти, потім лінолевої до олеїнової, а вже потім залишки олеїнової (якщо це необхідно) до стеаринової кислоти, і отримати продукт зі заздалегідь заданими властивостями, так званим саломасом:



Селективність (вибірковість) гідрогенізації пояснюється більшою швидкістю гідрогенізації ацилів більш ненасичених кислот. Гідрогенізація олій і жирів є гетерогенним процесом, що відбувається на межі розділу фаз: суміш тригліцеридів – каталізатор. Паралельно з приєднанням водню до подвійних зв'язків (гідрогенізація) на поверхні каталізатора відбувається зміщення С=С-зв'язку (структурна ізомеризація, 1) і геометрична ізомеризація (цис-транс-ізомеризація, 2).

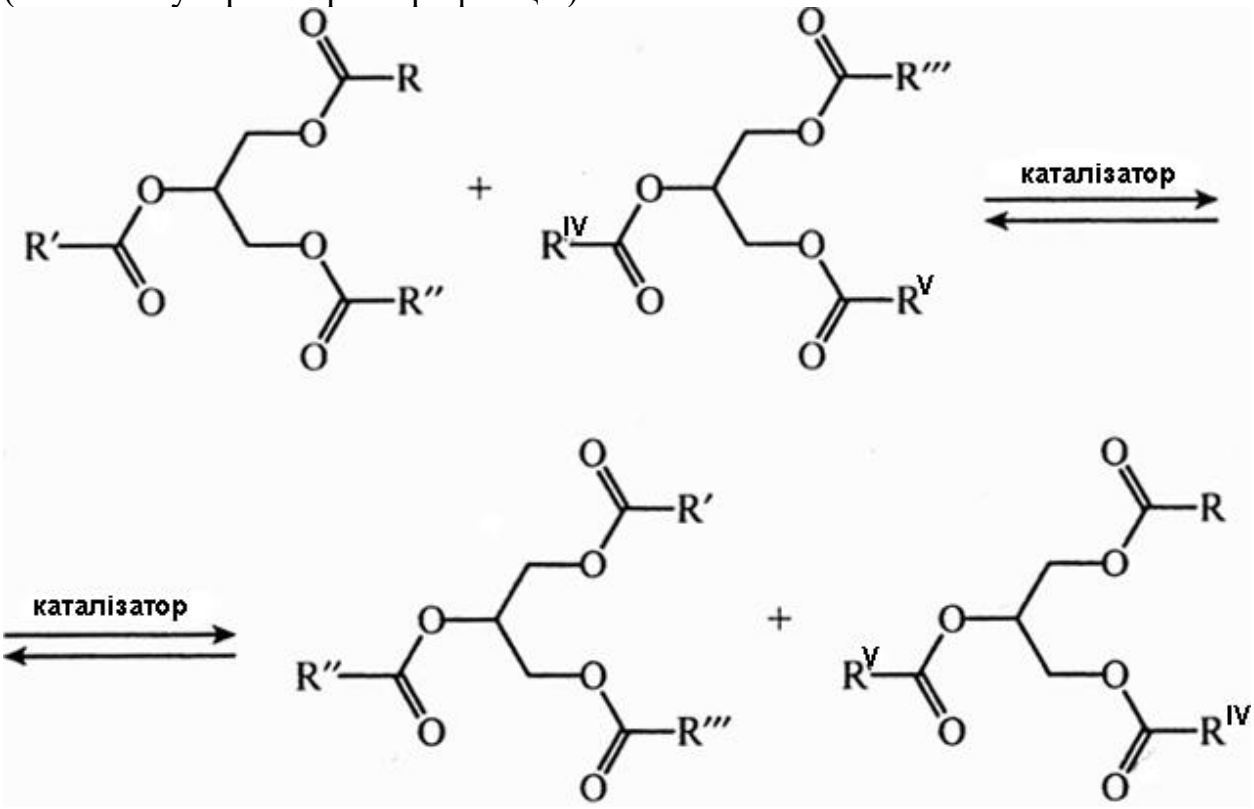


На відміну від гідрогенізації, реакції ізомеризації(1, 2), що проходять на поверхні каталізатора, не вимагають витрати водню. Переважне проходження реакцій (селективність) по одному з можливих напрямів визначається властивостями каталізатора і умовами проведення процесу. В процесі гідрогенізації може проходити і часткова переетерифікація. Транс-ізомери жирних кислот, що утворюються, не метаболізуються в організмі людини і за відомостями ряду авторів мають канцерогенні властивості.

РЕАКЦІЇ ПЕРЕЕТЕРИФІКАЦІЇ АЦИЛГЛИЦЕРИНОВ

Велике практичне значення має група реакцій, за яких відбувається обмін ацильних груп (ацильна міграція), що призводить до утворення нових тригліцеридів. Тригліцериди за температури 80...90ºС у присутності

каталізаторів (метилат і етилат натрію, натрій і калій, алюмосилікати) здатні обмінюватися ацилами (переетерифікація). Ацильна міграція відбувається як усередині молекули тригліцеридів (внутрішньомолекулярна переетерифікація), так і між різними молекулами тригліцеридів (міжмолекулярна переетерифікація).



Під час переетерифікації за участю хімічних каталізаторів склад жирних кислот жиру не змінюється, відбувається їх статистичний розподіл в суміші тригліцеридів, що призводить до зміни фізико-хімічних властивостей жирових сумішей в результаті зміни молекулярного складу. Збільшення числа тригліцеридних компонентів в жирі призводить до зниження температури плавлення і твердості жиру, підвищення його пластичності.

Швидкість переетерифікації залежить від тригліцеридного і жирнокислотного складу жиру, кількості і активності каталізатора, температури.

Переетерифікація високоплавких тваринних і рослинних жирів з рідкими рослинними оліями дозволяє отримати харчові пластичні жири з високим вмістом лінолевої кислоти за відсутності транс-ізомерів жирних кислот. Готові переетерифіковані жири, призначені в якості компонентів маргаринової продукції, мають наступні показники: температура плавлення 25...35ºС; твердість (за 15ºС) 30...130 г/м; масова частка твердих тригліцеридів (за 20ºС) 6...20%. Переетерифіковані жири спеціального

призначення застосовуються в хлібопеченні, у виробництві аналогів молочного жиру, кондитерського жиру, комбінованих жирів і т.д.

ВЛАСТИВОСТІ І ПЕРЕТВОРЕННЯ ГЛІЦЕРОФОСФОЛІПІДІВ

У молекулі фосфоліпідів є замісники двох типів: гідрофільні і гідрофобні. Гідрофільними (полярними) угрупуваннями є залишки фосфорної кислоти і азотистої основи ("голова"), а гідрофобними (неполярними) – вуглеводневі радикали ("хвости"). Просторова структура фосфоліпідів представлена на рисунку 5.5.

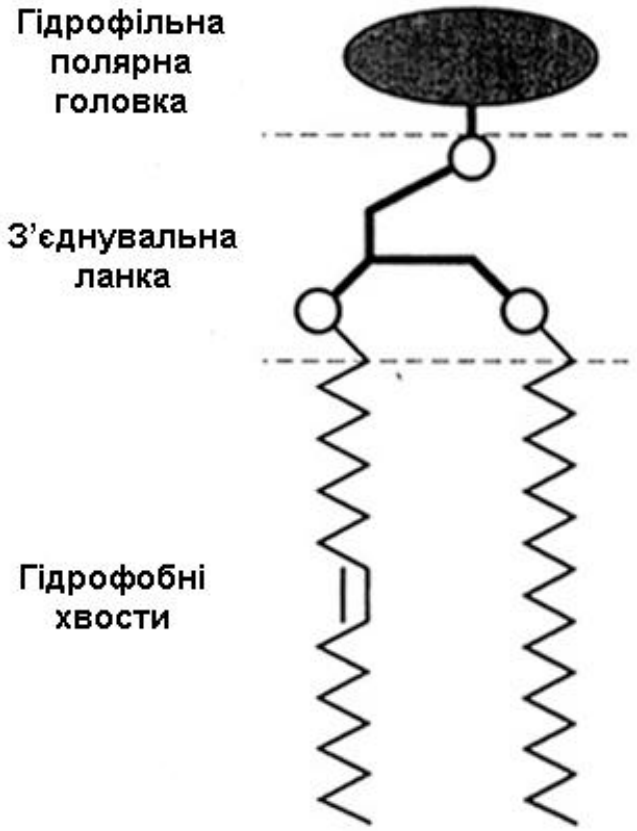


Рисунок 5.5 – Просторова структура фосфоліпідів

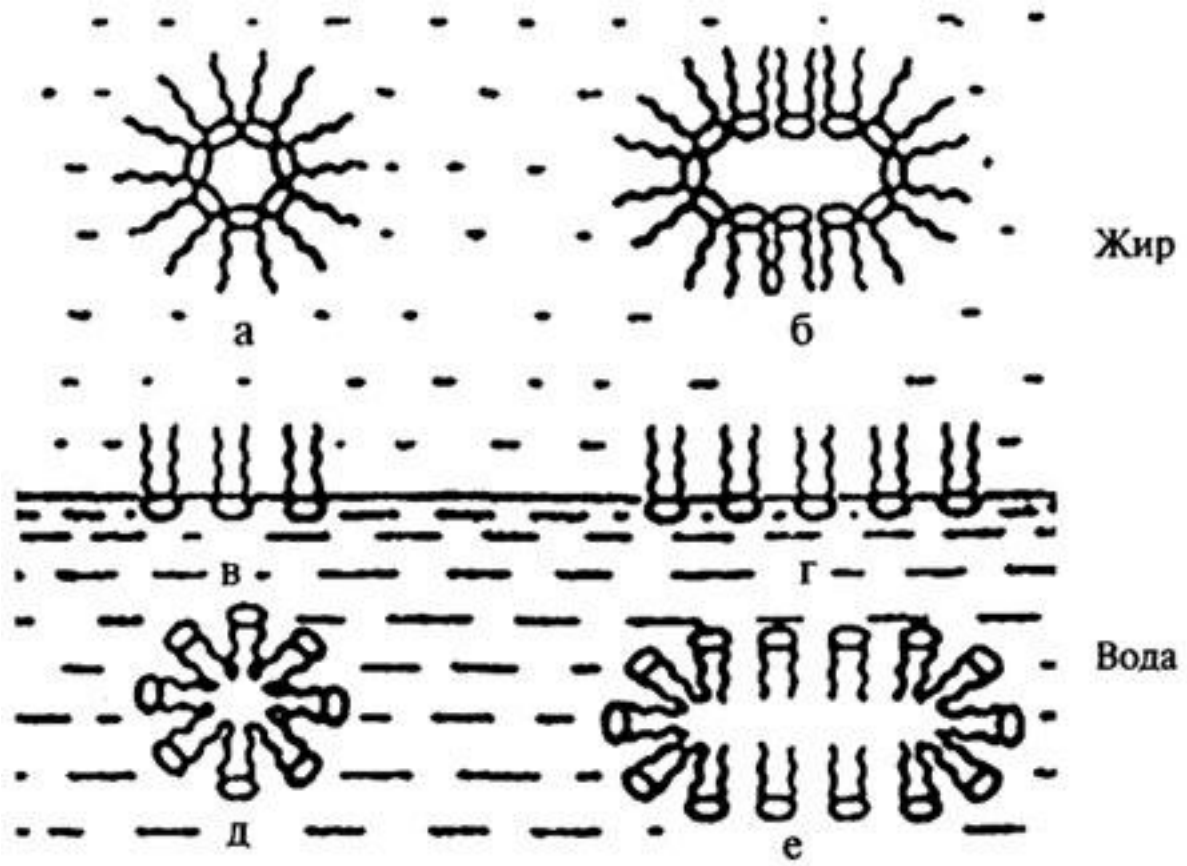
Переважна більшість фосфоліпідів мають у своєму складі залишки однієї насиченої (зазвичай в положенні 1) і однієї ненасиченої (у положенні 2) кислоти.

Таким чином, молекули більшості фосфоліпідів побудовані за загальним принципом: з одного боку – гідрофобні ліпофільні вуглеводневі залишки, які відрізняються низькою спорідненістю до води – "гідрофобні хвости", з іншого – гідрофільні групи – "полярні головки".

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.

У оліях фосфоліпіди в залежності від концентрації можуть бути присутніми у вигляді груп асоційованих молекул – міцел. За низької концентрації виходять сферичні міцели (рисунок 5.6), в яких полярні частини молекул утворюють зовнішній шар, а гідрофобні – внутрішній; за підвищеної концентрації міцели групуються в довгі циліндри. За подальшого зростання концентрації утворюється сферичний тип рідкокристалічної структури – ламелярна (шарувата), що складається з бімолекулярних шарів ліпідів, розділених шарами води. Подальше об'єднання міцел призводить до випадання їх у вигляді осаду (фосфатидна емульсія).



сферичні (а) і пластинчасті (б) міцели фосфоліпідів в жиру; орієнтація окремих молекул (в) і моношару фосфоліпідів (г) на межі поділу фаз жир (олія) – вода;·сферичні (д) і пластинчасті (е) міцели фосфоліпідів у воді

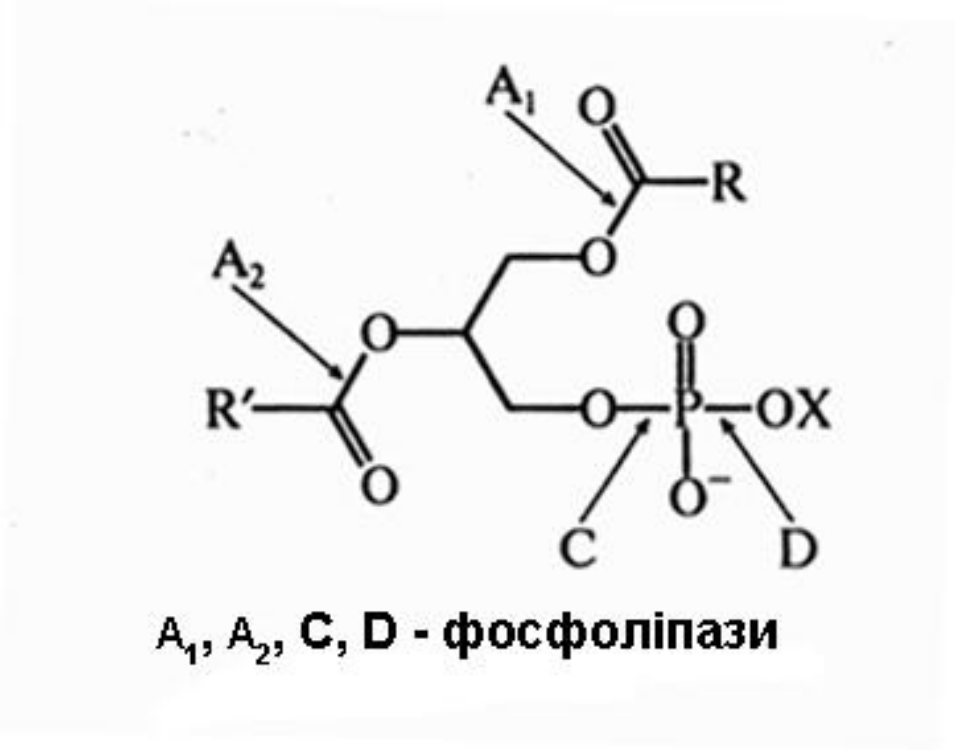
Рисунок 5.6 - Структура міцел фосфоліпідів в жировій і водній фазах й орієнтація фосфоліпідів на поверхні поділу фаз.

Гліцерофосфоліпіди – безбарвні речовини, без запаху, добре розчинні в рідких вуглеводнях та їх галогенпохідних, окремі групи розрізняються розчинністю в спиртах, ацетоні. Вони існують в декількох полімерних

формах і плавляться в дві стадії. Мають оптичну активність. Виділені з природних об'єктів фосфоліпіди – аморфні речовини, а перекристалізовані з органічних розчинників – мають кристалічну структуру.

Хімічні перетворення гліцерофосфоліпідів зумовлені характером і будовою структурних компонентів і видами хімічних зв'язків. Для них характерні реакції гідролізу кислотами і лугами. Існує декілька видів гідролаз (A_1, A_2, B_1, B_2, C, D), що розрізняються характером дії на субстрат. Вони виявлені в природних об'єктах.

Принципова схема дії фосфоліпаз на фосфоліпіди:



A_1, A_2, C, D - фосфоліпази

Полярні групи молекул фосфоліпідів взаємодіють з полярними групами молекул білків, вуглеводів, диполями води.

Деяка частина фосфоліпідів не виділяється з олій або виділяється тільки за допомогою спеціальних прийомів гідратації олій (фосфоліпіди, що не гідратуються). За сучасними уявленнями – це комплексні сполук фосфоліпідів з іонами металів (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cu^{2+}, Fe^{2+} і Fe^{3+}; останні є каталізаторами процесів окиснення), а також сполук зі стеролами і аліфатичними спиртами.

В результаті ензимічної і хімічної модифікації в промисловості отримують різні види похідних фосфоліпідів (лецитинів): гідролізовані лецитини, гідроксильовані, ацильовані різними гідрофільно-ліпофільними характеристиками. Вони знайшли широке застосування в харчовій промисловості.

Лекція 10. Основні перетворення вуглеводів під час виробництва та зберігання харчових продуктів.

Перетворення вуглеводів, що відбуваються за технологічної переробки сировини

Під час переробки і зберіганні харчової сировини і продуктів вуглеводи зазнають складних і різноманітних перетворень, в залежності від складу вуглеводного комплексу, температури і pH середовища, вологості, наявності ферментів, присутності в продуктах інших компонентів, що взаємодіють з вуглеводами (білків, ліпідів, органічних кислот та ін.).

Основними процесами, що відбуваються у вуглеводах за різних видів технологічної обробки і зберігання харчових продуктів, є наступні:

– кислотний і ферментативний гідроліз ди- і полісахаридів;

– реакції дегідратації вуглеводів;

– меланоїдиноутворення;

– карамелізація.

ГІДРОЛІЗ ДИ- І ПОЛІСАХАРИДІВ

Гідроліз ди- і полісахаридів – найбільш поширений процес, що відбувається в харчових продуктах за теплової і холодильної обробки, а також під час зберігання картоплі, плодів і овочів в замороженому і охолодженому стані.

В процесі нагрівання дисахариди (сахароза, мальтоза, лактоза) під дією кислот або у присутності ферментів розпадаються на моносахариди. Сахароза у водних розчинах під впливом кислот приєднує молекулу води і гідролізується на рівну кількість глюкози і фруктози, що обертають площину поляризації вліво, а не управо, як сахароза. Таке перетворення називається інверсією, а еквімолекулярна суміш глюкози і фруктози (*інвертним* цукром, який має солодший смак, ніж сахароза.

Полісахариди за нагрівання під дією кислот або у присутності ферментів також піддаються гідролізу з утворенням низькомолекулярних сполук, що беруть участь в обмінних процесах.

З високомолекулярних полісахаридів істотним змінам піддаються крохмаль і пектинові речовини.

Неферментативний гідроліз крохмалю

Кислотний гідроліз крохмалю. Під час гідролізу крохмалю під дією кислот спочатку має місце послаблення і розрив асоціативних зв'язків між макромолекулами амілози і амілопектину. Це супроводжується порушенням структури крохмальних зерен і утворенням гомогенної маси. Далі відбувається розрив α-D-(1,4)- і α-D-(1,6)-зв’язків з приєднанням за місцем розриву молекули води. В процесі гідролізу наростає число вільних

альдегідних груп, зменшується ступінь полімеризації. У міру проходження гідролізу і наростання редукуючих (відновних) речовин вміст декстрину зменшується, глюкози – збільшується, концентрація мальтози, три- і тетрацукрів спочатку збільшується, потім їх кількість знижується. Разом з основним процесом – гідролізом крохмалю – відбуваються побічні реакції реверсії і розкладання глюкози.

Примітка.* *Декстрини* – це полісахариди різної молекулярної маси – проміжні продукти кислотного або ферментативного гідролізу крохмалю. Вони розчинні у воді, оптично активні: обертають площину поляризації вправо. Декстрини, які отримують на перших стадіях гідролізу крохмалю, мало чим від нього відрізняються за розмірами молекули і властивостями. В міру подальшого гідролізу молекулярна маса декстринів зменшується, збільшується їхня здатність відновлювати Фелінгову рідину.

Амілодекстрини – білі порошки, розчинні в 25% етиловому спирті, осаджуються 40% етанолом. З розчином йоду утворюють комплексні сполуки синьо-фіолетового кольору.

Еритродекстрини – розчинні в 55% етанолі, осаджуються в 65%; з розчином йоду утворюють комплексні сполуки червоно-бурого кольору.

Ахродекстрини розчинні в 70% етанолі, з розчином цоду комплексних сполук не утворюють.

Мальтодекстрини не осаджуються спиртом, комплексних сполук з розчином йоду не утворюють.

Декстрини впливають як на технологічні процеси виробництва харчових продуктів, так і на їх якість. Наприклад, для підвищення в'язкості розчинів в кондитерській промисловості використовують низькозацукрену карамельну патоку, що містить до 55...60% декстринів, які виконують роль антикристалізаторів сахарози і сприяють отриманню карамельної маси високої якості.

У виробництві цукру декстрини відіграють негативну роль, так як гальмують кристалізацію сахарози, підвищують її втрати з патокою.

В хлібопекарному виробництві підвищений вміст декстринів в пшеничному борошні або тісті призводить до різкого зниження якості готових продуктів: хліб виходить з липким, глевким м'якушем. Вміст декстринів в крохмалевмісних продуктах є важливим показником, що характеризує глибину пошкодження нативної структури крохмалю в процесі переробки сировини: в борошномельній промисловості – ступінь механічного пошкодження крохмалю в процесі розмелу зерна; в круп'яній і комбікормовій – ступінь деструкції крохмалю в процесі гідротермічної обробки зерна; в крохмалопатоковій – глибину гідролізу крохмалю.

Найбільш вивченими реакціями, що відбуваються під дією кислоти на крохмаль, є реакції, наведені на схемі рисунку 6.7.

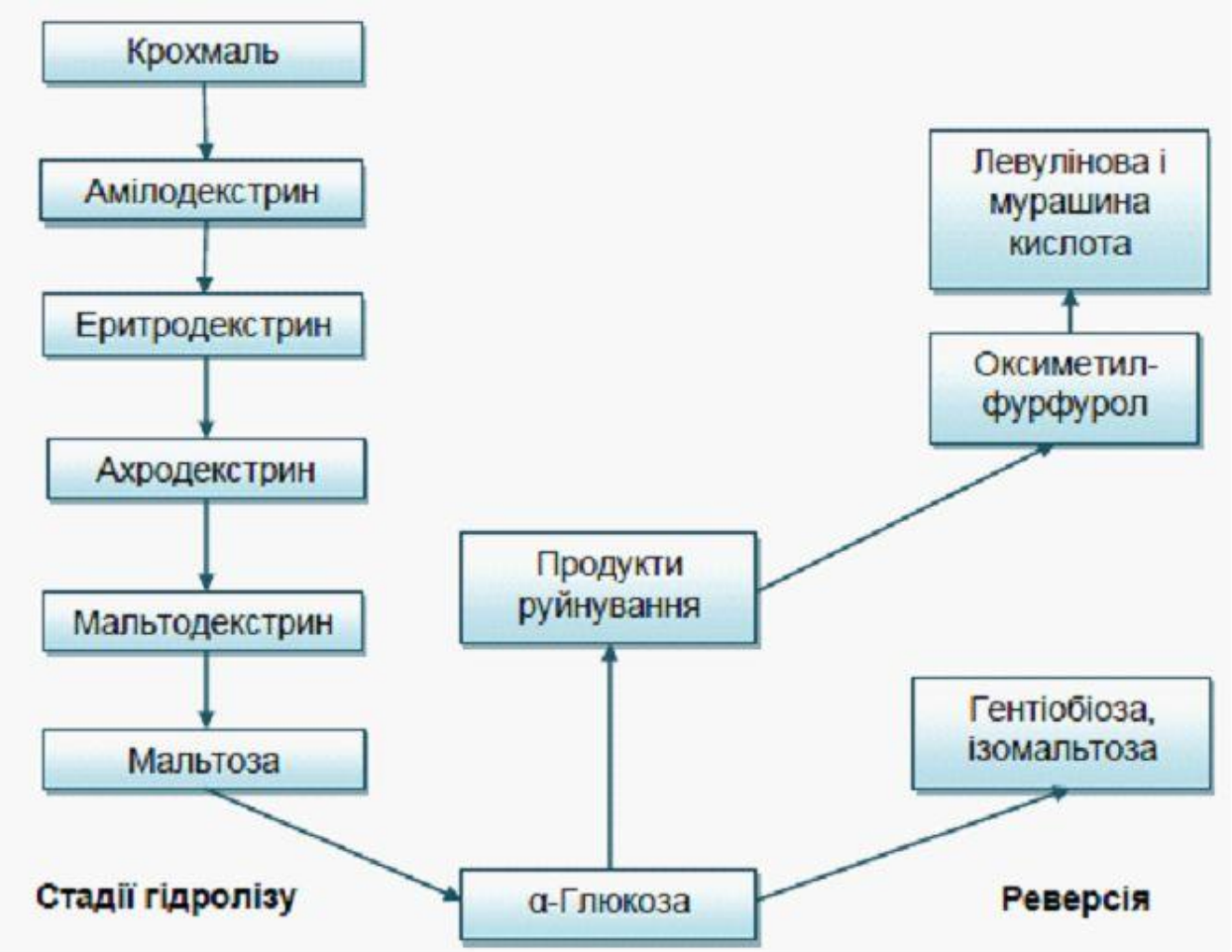


Рисунок 6.7 – Процеси, що відбуваються за кислотного гідролізу крохмалю

Реверсія глюкози – процес, що є зворотнім процесу полімеризації, з утворенням в основному інших дисахаридів – гентіобіоза, ізомальтози та ін., а також трисахаридів і складніших олігосахаридів.

У гідролізаті крохмалю, в залежності від інтенсивності кислотного гідролізу і вмісту вільної води, продукти реверсії можуть складати до 5% і більше.

Реакція реверсії глюкози є оборотною, тому продукти реакції схильні знову гідролізу і дають знову глюкозу. У зв'язку з цим рівновага в розчинах, що містять глюкозу і продукти її реверсії, настає за порівняно малих концентрацій продуктів реверсії. В патоці – продукті неповного гідролізу крохмалю – кількість ревертоз є порівняно меншою, ніж в продуктах повного гідролізу крохмалю.

В той же час відбувається і безповоротна інтрамолекулярна дегідратація глюкози як вторинна реакція в кислому середовищі з утворенням оксиметилфурфуролу, з якого потім утворюється левулінова і

мурашина кислоти. За звичайних умов гідролізу крохмалю реакції цього типу займають незначне місце, а продуктів цих реакцій утворюється до 1%.

Оксиметилфурфурол – нестійка сполука, з якої можуть утворюватися, окрім вказаних вище, й інші сполуки. Його присутність пов'язана з появою барвникових речовин: під час полімеризації оксиметилфурфуролу утворюються барвникові речовини жовто-коричневого кольору.

Продукти розкладання глюкози, що накопичуються в патоці погіршують її склад, колір, підвищують гігроскопічність. Домішки, що присутні в крохмалі, сприяють перебігу й інших побічних реакцій з утворенням темних барвникових сполук.

Кислотний гідроліз довгий час був головним в отриманні глюкози з крохмалю. Цей спосіб має ряд істотних недоліків, які пов'язані з використанням високих концентрацій кислот і високої температури, що призводить до утворення продуктів термічної деградації і дегідратації вуглеводів й реакції трансглікозілювання.

Ферментативний гідроліз крохмалю

Крохмаль гідролізується під дією амілолітичних ферментів. До групи амілолітичних ферментів відносяться α- і β-амілаза, глюкоамілаза й деякі інші ферменти. Амілази бувають двох типів: ендо- і екзоамілази.

Представником ендоамілаз є α-амілаза, що здатна до розриву внутрішньомолекулярних зв'язків у високополімерних ланцюгах субстрату. Глюкоамілаза і β-амілаза є екзоамілазами, тобто ферментами, що атакують субстрат з нередукуючого кінця.

Основні компоненти крохмалю можуть бути гідролізовані ферментативним шляхом двома способами. Амілоза може бути гідролізована ферментом α-амілазою (α-1,4-глюкан-4-глюканогідролаза) з розривом α-1,4-связи амілозних ланцюгів і з утворенням глюкози і мальтози. Крім того, амілоза може бути гідролізована ферментом β-амілазою (α-1,4-глюканмальтогідролаза) до декстрину і мальтози. Декстрин – це полісахарид з проміжною довжиною ланцюга, що утворюються в результаті дії амілаз.

Схему гідролізу крохмалю α-амілазою можна представити так:

$$\text{крохмаль} \xrightarrow{\alpha-\text{амілаза}} \alpha\text{-декстрини(багато)+мальтоза(мало)+глюкоза(мало)}$$

β-Амілаза (а-1,4-глюканмальтогідролаза) є екзоамілазою, що проявляє спорідненість до передостаннього α-(1,4)-зв’язку з нередукуючого кінця лінійної ділянки амілози або амілопектину. На відміну від α-амілази, β-амілаза практично не гідролізує нативний крохмаль; клейстеризованний крохмаль гідролізується до мальтози в β-конфігурації. Схему можна записати таким чином:

крохмаль (глікоген) $\xrightarrow{\beta-\text{амілаза}}$ **мальтоза (54...58) + β-декстрин (42...46%)**

Амілопектин також гідролізується α- і β -амілазами до залишкового декстрину – кінцевого продукту гідролізу, що є великою, сильно розгалуженою "серцевиною" полісахариду. Це пов'язано з тим, що α- і β-амілази не здатні розщеплювати α-1,6-связи, наявні в точках галуження амілопектину.

α-1,6-Зв'язки, що знаходяться в точках галуження, гідролізуються особливими ферментами: α-1,6-глюкозидами. За спільної дії α-амілази і α-1,6-глюкозидази амілопектин може бути повністю розщеплений до мальтози і глюкози. Кінцеві продукти гідролізу (мальтоза і глюкоза) можуть утворюватися за нагрівання крохмаловмісних продуктів в кислому середовищі.

Глюкоамілаза α-(1,4)-глюканглюкогідролаза є екзоферментом, що каталізує послідовне відщеплення кінцевих залишків α-D- глюкози з нередукуючого кінця крохмального ланцюга. Багато глюкоамілаз мають здатність так само швидко, як і α-1,4-зв’язок, гідролізувати α-1,6-глюкозидні зв'язки. Але це відбувається тільки у тому випадку, коли за α-1,6-зв’язком розташований α-1,4-зв’язок, тому декстран ними не гідролізується. Відмітною особливістю глюкоамілаз є здатність в десятки разів швидше гідролізувати високополімеризований субстрат, ніж оліго- і дисахариди.

Ферментативний гідроліз крохмалю є використовується у багатьох харчових технологіях як один з необхідних процесів, що забезпечують якість кінцевого продукту – в хлібопеченні (процес тістоприготування і випічки хліба), виробництві пива (отримання пивного сусла, сушка солоду), квасу (отримання квасних хлібців), спирту (підготовка сировини для бродіння), різних цукристих крохмалопродуктів (глюкози, патоки, цукрових сиропів).

Ферментативний гідроліз некрохмалистих полісахаридів.

Цей гідроліз має місце під дією ферментів целюлітичного, геміцелюлазного і пектолітичного комплексу. Використовується в харчовій технології для повнішої переробки сировини і поліпшення якості продукції. Наприклад, гідроліз некрохмалистих полісахаридів (пентозанів та ін.) під час вирощуванні солоду має значення в подальшому для утворення барвникових і ароматичних продуктів (в процесі висушування солоду і створенні певних органолептичних властивостей пива). У виробництві соків і у виноробстві – для освітлення, збільшення виходу соку, поліпшення умов фільтрації.

Гідроліз целюлози відбувається під дією комплексу целюлітичних ферментів.

Геміцелюлози разом з пектиновими речовинами утворюють основну речовину клітинних оболонок рослин. Гідроліз геміцелюлоз має місце під дією великого комплексу геміцелюлазних ферментів. Ця група полісахаридів, різнорідна за будовою, молекулярною масою і складом, під час гідролізу дає досить різноманітний набір сполук: глюкозу, фруктозу, манозу, галактозу, ксилозу, арабінозу, глюкуронову і галактуронову кислоти.

Гідроліз пектинових речовин має місце під дією пектолітичних ферментів.

Пектинестераза гідролізує естерні зв'язки в пектиновій кислоті і пектині і відщеплює метиловий спирт.

Полігалактуроназа здійснює гідролітичне розщеплення α-1,4-глікозидних зв'язків в ланцюзі пектинових речовин і за своєю дією на пектинові речовини поділяється на ендо- і екзоферменти.

Протопектиназа – це фермент, що діє на протопектин.

Реакції дегідратації і термічної деградації вуглеводів

Під час переробки харчової сировини в харчові продукти реакції дегідратації і термічної деградації вуглеводів займають важливе місце. Вони каталізуються кислотами і лугами, і багато з них відбуваються за типом β-елімінації. Пентози, як головний продукт дегідратації, дають фурфурол, гексози – оксиметилфурфурол й інші продукти, такі як 2-гідроксиацетилфуран, ізомальтол і мальтол. Фрагментація вуглецевих ланцюгів цих продуктів дегідратації призводить до утворення левулінової, мурашиної, молочної, оцтової кислот і ряду інших сполук. Деякі з продуктів, що утворюються, мають певний запах і тому можуть надавати харчовому продукту бажаний або, навпаки, небажаний аромат. Ці реакції вимагають високої температури. Фурфурол і оксиметилфурфурол утворюються за теплової обробки фруктових соків. Токсичність цих продуктів вивчалася на щурах, і було відмічено, що фурфурол є більш токсичним ніж оксиметилфурфурол.

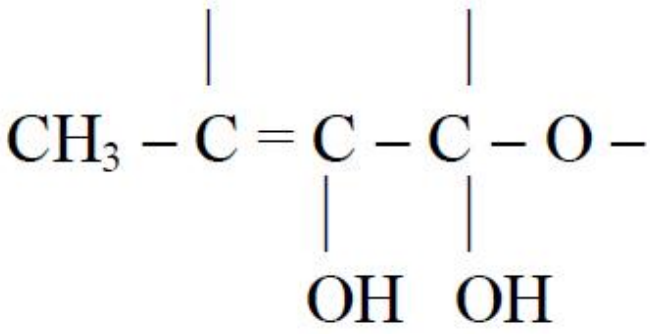
МЕЛАНОЇДИНОУТВОРЕННЯ

Під меланоїдиноутворенням (МУ) розуміють взаємодію відновлюючих цукрів (моносахариди і дисахариди), таких, що містяться в продукті і таких, що утворюються під час гідролізу більш складних вуглеводів з амінокислотами, пептидами і білками.

В результаті чого утворюються темнозабарвлені продукти (меланоїдини – від грецького "меланос" – темний). Це реакція Майяра, від імені вченого, який в 1912 р. вперше описав цей процес.

Меланоїдиноутворення – окислювально-відновний процес, який є сукупністю послідовних і паралельних реакцій.

Загальною для структурних сполук, що утворюються в результаті реакції Майяра, є група



Сполуки, що містять цю групу, виявлені в обсмажених харчових продуктах (хліб, кава, какао, солод), в яких під впливом високих температур відбувається неферментативне потемніння.

Продуктами потемніння є піразани, що містяться в мільйонних частках в продуктах, які піддавалися обсмажуванню.

У формуванні аромату, кольору і смаку готового продукту беруть участь карбонільні сполуки (фурфурол, оксиметилфурфурол, ацетальдегід, ізовалер'яновий альдегід, діацетил та ін.), що утворюються під час реакції МУ.

Продукти реакції меланоїдиноутворення по різному впливають на органолептичні властивості готових виробів: помітно покращують зовнішній вигляд смаженого або тушкованого м'яса, котлет, але погіршують смак, колір і запах м'ясних екстрактів, бульйонних кубиків й інших концентратів.

Реакція МУ часто проходить під час випіканні хліба, висушуванні фруктів і овочів, отриманні сухого молока, упарюванні цукрового сиропу, у виробництві солоду. Утворення смачної, хрусткої, золотисто-коричневої скоринки хліба, його смак і аромат багато в чому пов'язані з МУ.

В процесі отримання вина, виготовлення коньяку і шампанського утворюються продукти МУ, які впливають на колір, смак і аромат. За дуже тривалої витримки вина відбуваються глибокі зміни продуктів, що беруть участь в реакції МУ, що призводить до зміни первинних властивостей вина.

Потемніння фруктових соків в процесі зберігання, зміна зовнішнього вигляду, смаку і запаху готових м'ясних продуктів також пов'язані з реакцією МУ.

За меланоїдиноутворення знижується харчова цінність одержуваних продуктів в результаті сполучення білків, вітамінів, амінокислот в комплексні сполуки. Чим вищою є інтенсивність утворення коричневого забарвлення, тим нижчою є харчова цінність білкових продуктів. В результаті чого втрачається 20...50% вільних амінокислот; зі збільшенням

температури і тривалості нагрівання ці втрати зростають. Втрати амінокислот і цукрів найбільш значні під час обсмажування м'яса.

Швидкість і глибина процесу МУ залежать від складу взаємодіючих продуктів, співвідношення окремих компонентів, pH середовища, температури і вологості

Вплив pH: найбільш сприятливим для реакції Майяра є середовище зі значенням pH 7,8...9,2, за pH 6 спостерігається невелике потемніння, в сильнокислому середовищі меланоїдиноутворення є незначним.

Вплив вологості: за дуже низького і за дуже високого вмісту вологи ($a_w = 0$ або $a_w = 1$) не спостерігається потемніння, максимальне ж потемніння має місце за проміжного вологовмісту.

Вплив температури: з підвищенням температури швидкість реакції МУ зростає. За невисоких температур реакції МУ проходять повільно, за 100°С і вище – прискорюються. Підвищення температури на 10°С призводить до збільшення швидкості в 2...3 рази.

Вплив йонів металів: за присутності йонів Купруму (Cu^{2+}) і Феруму (Fe^{3+}>Fe^{2+}) інтенсивності потемніння зростає, тобто реакція МУ прискорюється, йони Натрію (Na^{+}) на швидкість реакції МУ не впливають.

Вплив структури цукру. Спостерігається зменшення здатності утворювати коричневі пігменти в рядах:

– D-ксилоза > L-арабіноза (пентози);

– D-галактоза > D-маноза > D-глюкоза > D-фруктоза (гексози);

– мальтоза > гексози > лактоза > сахароза (дисахарози).

Ступінь утворення пігментів прямо пропорційна кількості відкритих ланцюгів (вільний карбоніл) цукру в розчині.

Вплив характеру амінокислоти: чим далі розташована аміногрупа від карбоксильної, тим активнішою є ця амінокислота в реакції Майяра. Таким чином, γ-аміномасляна кислота вступає в реакцію краще, ніж α-аміномасляна, а лізин (за рахунок додаткової ε-аміногрупи) – краще, ніж ізолейцин.

Якщо утворення коричневих пігментів для харчових продуктів є небажаним, можна інгібувати реакції, наприклад, значним зниженням вологості (для сухих продуктів), зниженням концентрації цукру (розведенням), pH і температури (для рідких продуктів). Можна видалити один з компонентів субстрату (зазвичай, цукор). Наприклад, в отриманні яєчного порошку, щоб не допустити появи запаху, перед висушуванням додають глюкозооксидазу, що призводить до руйнування D-глюкози і утворення D-глюконової кислоти:

Для запобігання потемнінню риби, що містить значні кількості рибози, додають бактерії Lactobacillus pentoaceticum, що мають, D-рибозну оксидазну активність.

Щоб затримати небажані зміни, використовують сполуки, що легко з'єднуються з карбонільними сполуками, наприклад, пероксид водню, сірчисту кислоту. В хімічному інгібуванні реакції Майяра крім H_2SO_3 і H_2O_2, використовують також $NaHSO_4$ та SO_2. Використання сульфур(IV)оксиду захищає від потемніння, але не оберігає продукти від втрати амінокислот (наприклад, лізину).

Таким чином, МУ, з одного боку, знижує харчову цінність готового продукту внаслідок втрати цінних поживних речовин, з іншою – покращує органолептичні показники готових виробів, тож стосовно реакції Майяра можна зробити такі основні висновки:

– утворення меланоїдинових пігментів може бути бажаним або небажаним, так само як і розвиток запаху – в залежності від виду продукту;

– процес МУ може супроводжуватись втратою незамінних амінокислот тобто втратою поживної цінності продукту;

– деякі продукти реакції Майяра можуть бути мутагенними (в реакції D-глюкози і D-фруктози з L-лізином або L-глутаміновою кислотою);

– продукти реакцій карамелізації і МУ, утворення ароматичних компонентів, що супроводжують ці реакції, мають велике значення у багатьох харчових виробництвах для отримання продуктів з гарним кольором і характерним ароматом (хлібопечення, виробництво безалкогольних напоїв і пива, кондитерських виробів та ін.); у інших випадках (наприклад, під час кислотного способу отримання глюкози) утворення таких продуктів характеризується як недолік, оскільки погіршує якість отримуваних сиропів і призводить до певної втрати важливих компонентів сировини, що переробляється;.

– проміжні продукти реакції Майяра мають антиокиснювальну активність;

– під час реакції Майяра, в результаті якої скорочується вміст амінокислот, утворюються продукти, які утрудняють засвоєння білків.

КАРАМЕЛІЗАЦІЯ

У харчовій промисловості особливе значення має карамелізація сахарози, глюкози і фруктози. Нагрівання моно- і дисахарів за температури 100°С і вище призводить до зміни їх хімічного складу, кольору, збільшення вмісту зредукованих речовин. Глибина цих процесів залежить від складу цукрів, їх концентрації, pH середовища, температури і тривалості нагрівання, присутності домішок. Особливо чутливою до нагрівання є фруктоза, її карамелізація проходить в 6...7 разів швидше, ніж глюкози. Сахароза за нагрівання в ході технологічного процесу в слабокислому або нейтральному середовищі піддається частковій інверсії з утворенням глюкози і фруктози. Ці моносахариди піддаються подальшим перетворенням. Наприклад, від молекули глюкози можуть відщепитися молекули води (дегідратація), а продукти, що утворилися, з'єднатися один з одним або з молекулою сахарози. У випадку відщеплення двох молекул води від сахарози утворюється *карамелан* ($C_{12}H_{18}O_9$) – розчинна у воді сполука жовтого кольору, у разі відщеплення трьох молекул – *карамелен* ($C_{36}H_{50}O_{25}$) – сполука, що має яскраво-коричневий колір, потім за подальшої дегідратації – карамелін – важкорозчинна у воді сполука. За подальшої дегідратації утворюється оксиметилфурфурол, за подальших перетворень якого руйнується вуглецевий скелет і накопичуються продукти деструкції – мурашина і левулінова кислоти (рисунок 6.8).

Ступінь полімеризації продуктів, що утворилися, може бути різною. Якщо концентрація вуглеводів невисока – 10...30%, то легше відбувається утворення оксиметилфурфуролу, за підвищених концентрацій – 70...80% активніше проходять процеси конденсації.

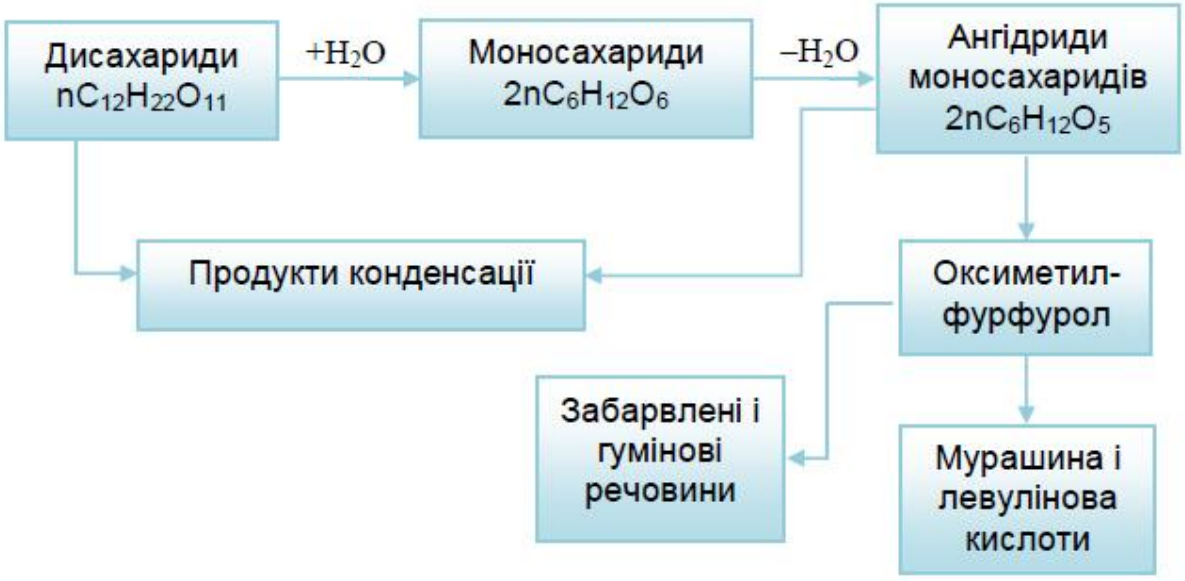


Рисунок 6.8 – Схема перетворення цукрів за нагрівання

У виготовленні кондитерських виробів, наприклад карамелі, температурним впливам піддаються висококонцентровані розчини цукрів (до 80%), тому основними продуктами карамелізації є ангідриди і продукти їх конденсації.

ПРОЦЕСИ БРОДІННЯ

Бродіння – це процес розщеплення моносахаридів в результаті дії мікроорганізмів. Бродіння за участі вуглеводів використовується у ряді харчових технологій: у приготуванні тіста для хліба, у виробництві пива, квасу, спирту, вина й інших продуктів. Розрізняють спиртове, молочнокисле, маслянокисле і лимоннокисле бродіння (рисунок 6.9).

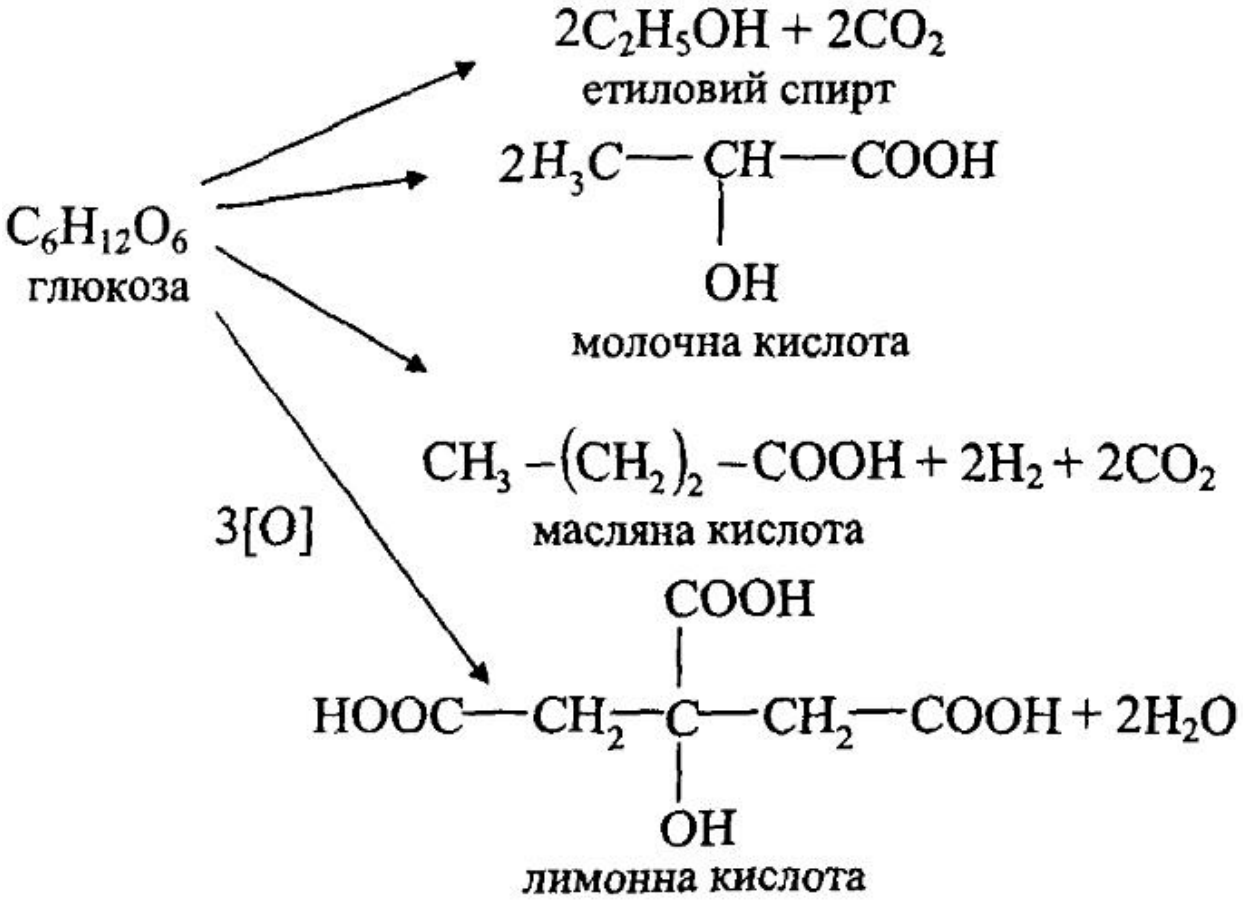


Рисунок 6.9 – Типи бродіння вуглеводів

Спиртове бродіння відбувається завдяки життєдіяльності ряду мікроорганізмів. Найбільш типовими організмами спиртового бродіння є дріжджі роду Saccharomyces. Сумарно спиртове бродіння може бути виражене наступним рівнянням:

$C_6H_{12}O_6 = 2CO_2 + 2C_2H_5OH$

Це сумарне рівняння не відображає того факту, що зазвичай, окрім головних продуктів бродіння – етилового спирту і вуглекислого газу, завжди

в незначній кількості утворюються деякі інші речовини, наприклад, янтарна, лимонна кислота, а також суміш амілового, ізоамілового, бутилового й інших спиртів, оцтова кислота, дикетони, оцтовий альдегід, гліцерин і ряд інших сполук, від наявності незначних кількостей яких залежить специфічний аромат вина, пива та інших спиртних напоїв.

Різні цукру зброджуються дріжджами з різною швидкістю. Найлегше піддаються зброджуванню глюкоза і фруктоза, повільніше – маноза, ще повільніше – галактоза; пентози дріжджами не зброджуються. З дисахаридів гарним субстратом спиртового бродіння є сахароза і мальтоза. Проте обидва цукри зброджуються лише після попереднього їх гідролізу на складові моносахариди ферментами α-глікозидазою і β-фруктофуранозідазою дріжджів.

У присутності кисню спиртове бродіння припиняється і дріжджі отримують енергію, необхідну для їх розвитку і життєдіяльності, шляхом кисневого дихання. Таким чином дріжджі витрачають цукор значно економніше, ніж в анаеробних умовах. Припинення бродіння під впливом кисню дістало назву "ефект Пастера".

У випадку *молочнокислого бродіння* з однієї молекули гексози утворюються дві молекули молочної кислоти:

$$C_6H_{12}O_6 = 2CH_3\text{-}CHOH\text{-}COOH$$

Молочнокисле бродіння відіграє дуже велику роль у виробництві молочнокислих продуктів (кислого молока, ацидофіліну, кефіру, кумису), у виготовленні квасу, хлібних заквасок і "рідких дріжджів" для хлібопечення, під час квашення капусти, огірків, під час силосування кормів.

Усі мікроорганізми, що спричиняють молочнокисле бродіння, поділяються на дві великі групи:

– I група – гомоферментативні молочнокислими бактеріями – мікроорганізми, подібні Streptococcus lactis, що є істинними анаеробами і які зброджують гексози в точній відповідності з наведеним вище сумарним рівнянням молочнокислого бродіння. Їх називають.

– II група – гетероферментативні молочнокислі бактерії – це бактерії, які, окрім молочної кислоти, утворюють значні кількості інших продуктів, зокрема, оцтової кислоти і етилового спирту. Характерним представником другої групи молочнокислих бактерій є мікроб Bacterium lactis aerogenes, що утворює молочну, оцтову кислоти, етиловий спирт, вуглекислий газ, водень і метан. Зокрема, помітний вміст молочної і оцтової кислот в житньому тісті (і житньому хлібі) пояснюється тим, що під час його бродіння, разом зі спиртовим бродінням, відбувається також молочнокисле бродіння, в результаті чого накопичується як молочна, так і оцтова кислоти.

Маслянокисле бродіння – це бродіння в результаті якого утворюється масляна кислота. Цей процес відбувається за тривалого зберігання харчових продуктів. Масляна кислота має гіркий присмак. Накопичення цієї кислоти у складі продуктів погіршує їх смакові якості.

Лимоннокисле бродіння – бродіння, яке відбувається під дією пліснявих грибків. Промислове одержання лимонної кислоти відбувається шляхом зброджування грибком Aspergilius niger.

Лекція 11. Основні перетворення мінеральних речовин та вітамінів під час виробництва та зберігання харчових продуктів.

Роль мінеральних речовин в організмі людини

У раціональному харчуванні мінеральні речовини так само є незамінними, як і білки, ліпіди, вуглеводи і вітаміни. За нестачі або надлишку мінеральних речовин в організмі людини виникають специфічні порушення, що призводять до захворювань. Мінеральні речовини виконують пластичну функцію в процесах життєдіяльності людини і в побудові кісткової тканини.

Мінеральні речовини складають відносно значну частину людського тіла (приблизно 3 кг золи). У кістках вони представлені у вигляді кристалів, в м'яких тканинах – у вигляді істинного або колоїдного розчину в сполученні головним чином з білками.

Мінеральні речовини потрапляють в організм людини з харчовими продуктами і водою. Концентрація мінеральних речовин в організмі є неоднаковою. Якщо вміст одних хімічних елементів в тканинах людини вимірюється грамами, то концентрація більшості інших елементів в тканинах організму складає 1:100000 і нижче. Хімічні елементи, вміст яких обчислюється в організмі людини грамами, прийнято називати макроелементами, а елементи, що зустрічаються в дуже малих концентраціях – мікроелементами (таблиця 7.1):

– ***макроелементи*** – Натрій, Калій, Кальцій, Фосфор, Магній, Хлор, Сульфур;

– ***мікроелементи*** – Ферум, Купрум, Манган, Цинк, Йод, Хром, Кобальт, Флуор, Молібден, Нікель, Стронцій, Кремній, Селен і Ванадій.

Таблиця 7.1 – Мінеральний склад тіла дорослої людини вагою 70 кг

Елемент	г	%	Елемент	г	%	Елемент	г
Кальцій	1510	2,2	Натрій	105	0,15	Манган	сліди
Фосфор	840	1,2	Магній	70	0,1	Кобальт	сліди
Калій	245	0,35	Ферум	3,5	0,005	Хром	сліди
Сульфур	105	0,15	Цинк	1,75	0,0025	Молібден	сліди
Хлор	105	0,15	Купрум	0,07	0,00011		

З віком вміст мінеральних речовин в тканинах організму людини значно змінюється. В період інтенсивного росту і розвитку організму

відбувається значне збільшення вмісту мікроелементів, яке поступово сповільнюється або припиняється до 17...20 років.

У мікрокількостях вони стимулюють біохімічні процеси, але у великих кількостях можуть чинити токсичну дію на організм, тому вміст деяких неорганічних сполук в харчових продуктах регламентується медико-біологічними вимогами і санітарними нормами якості. Звичайний вміст мінеральних речовин в харчових продуктах знаходиться на рівні 0,5...0,7% їстівної частини. В процесі складного перетворення в організмі людини продуктів, багатих на Ca, Mg, Na або K, можуть утворитися *лужні сполуки.* До джерел лужноутворюючих елементів відносяться плоди, овочі, бобові, молоко і молочні продукти. Інші продукти, такі як м'ясо, риба, яйця, хліб, крупа, макарони, в процесі перетворень в організмі людини дають кислі сполуки.

Мікроелементи з урахуванням виконуваних ними функцій в організмі поділяють на ессенціальні, умовно ессенціальні, умовно токсичні і токсичні.

До *ессенціальних мікроелементів* відносяться: Ферум, Кобальт, Купрум, Манган, Хром, Селен, Молібден, Йод, Цинк.

Умовно ессенціальні мікроелементи: Бор, Бром, Флуор, Літій, Нікель, Кремній, Ванадій.

Умовно токсичні і токсичні: Алюміній, Кадмій, Плюмбум, Гідраргірум, Берилій, Арсен.

У організм людини мікроелементи надходять з водою, тваринною і рослинною їжею, рідше – з вдихуваним повітрям і через шкіру. У розвитку нестачі або надлишку вмісту мікроелементів в організмі людини важливу роль відіграють природні і промислові чинники, можливість засвоюваності мікроелементів організмом.

Тому мікроелементи поділяють на наступні групи:

1) природні – їх кількість зумовлена вмістом мікроелементів в довкіллі;

2) промислові – переважно бувають в надлишку, вміст зумовлений шкідливими умовами виробництва;

3) ятрогенні – виникають як наслідок помилок медичних працівників;

4) ендогенні – спадкові або вроджені порушення засвоюваності або підвищеної здатності до накопичення одного або декількох мікроелементів.

Нестача або надлишок в харчуванні будь-яких мінеральних речовин призводить до порушень обміну білків, жирів, вуглеводів, що в свою чергу, призводить до розвитку ряду захворювань. Так, наприклад, нестача:

Ca – уповільнення росту

Mg – м'язові судоми

Fe – порушення імунної системи,

Zn – ушкодження шкіри, уповільнення росту, статевого дозрівання

Cu – слабкість артерій, порушення діяльності печінки, вторинна анемія

Mn – безпліддя, погіршення росту скелета

Mo – уповільнення клітинного росту, схильність до карієсу

Co – злоякісна анемія

Ni – почастішання депресій, дерматити

Cr – симптоми діабету

Si – порушення зростання скелета

F – карієс зубів

J – порушення роботи щитовидної залози, уповільнення метаболізму

Se – слабкість серцевого м'яза

До найбільш дефіцитних в харчуванні сучасної людини відносять Ca, Fe, до надмірних – Na і F.

До причин порушення обміну мінеральних речовин, навіть за їх достатньої кількості в їжі, відносяться:

– незбалансоване харчування;

– застосування методів кулінарної обробки харчових продуктів, що зумовлюють втрати мінеральних речовин (наприклад, розморожування в гарячій воді м'яса, риби; видалення відвару овочів і фруктів);

– відсутність своєчасної корекції складу раціону у випадку зміни в потребі організму в мінеральних речовинах, зв'язаної з фізіологічними причинами (у людей, працюючих за підвищеної температури, збільшена потреба в K, Na, Cl та ін.);

– порушення процесу всмоктування мінеральних речовин в шлунково-кишковому тракті або підвищення втрат рідини (крововтрати).

Макроелементи

КАЛЬЦІЙ

Загальна кількість Кальцію в організмі складає приблизно 25 маси тіла, причому 99% Кальцію міститься в кістковій тканині, дентині і емалі зубів.

Кальцій виконує в організмі різноманітні функції:

– пластичні і структурні, входячи до складу основного мінерального компоненту кісткової тканини – оксиапатиту, мікрокристали якого утворюють жорстку структуру кісткової тканини;

– надає стабільності клітинним мембранам, утворюючи зв'язки між негативно зарядженими групами фосфоліпідів, структурних білків і глікопротеїдів;

– приймає участь в здійсненні міжклітинних зв'язків, що забезпечують злипання клітин під час тканиноутворення (процес адгезії);

– необхідний для нормальної збудливості нервової тканини і скоротливості м'язових волокон;

– є активатором ряду ферментів і гормонів, найважливішим компонентом системи згортання крові;

– приймає участь в регуляції проникності клітинних мембран, справляє дію, протилежну Натрію, сприяє виведенню з організму солей важких металів і радіонуклідів, проявляє антиоксидантний ефект, має антиалергічну дію.

Кальцій відноситься до важко засвоюваних елементів. У складі харчових продуктів Кальцій знаходиться у вигляді погано розчинних або абсолютно нерозчинних у воді сполук. Тільки дія на них жовчних кислот, що супроводжується утворенням комплексних сполук, дозволяє перевести Кальцій в засвоюваний стан. В результаті попадання в організм людини з їжею всмоктується приблизно 10...40% Кальцію. Всмоктування Кальцію в основному відбувається у верхньому відділі тонкого кишечника у вигляді одноосновних солей фосфорної кислоти.

Оптимальне співвідношення Кальцію і Магнію в продуктах 1:0,6, в хлібі, м'ясі і картоплі відношення Кальцію до Магнію в середньому 1:2, в молоці – 1:0,1, в сирі – 1:0,15, трісці – 1:0,6, у багатьох овочах і фруктах – 1:4,5. Оптимальним для засвоєння Кальцію його співвідношення до Фосфору має бути 1:1,5 для дорослих (за деякими даними 1:1), для дітей – 1,25:1, для грудних дітей – 1,5:1. Всмоктування Кальцію зменшується за вмісту в раціоні великої кількості жирів, фітинових кислот (злакові культури), щавлевої кислоти (щавель, шпинат).

Недостатнє надходження Кальцію в організм і навіть незначне зниження його рівня в крові призводить до посилення виділення гормонів паращитовидних залоз (паратгормону). Це посилює виділення Кальцію з кісток в кров, викликаючи демінералізацію кісток, розрідження кісткової тканини (остеопороз). У дітей в такому випадку порушується формування

кісткової тканини, що проявляється недорозвиненням скелету, рахітом. У літніх людей дефіцит Кальцію і пов'язаний з ним остеопороз зумовлений згасанням функцій залоз травного тракту, порушенням функцій залоз внутрішньої секреції і часто недостатнім його вмістом в раціоні харчування.

Рекомендована норма споживання Кальцію складає (мг/доба) для дорослих – 800, осіб передпохилого і похилого віку – 1000, вагітних жінок – 300 додатково до норми. Добова потреба для дітей і підлітків (мг): 1...3 роки – 800, 4...6 років – 900, 11...13 років і 14...17 років – 1200. Вміст Кальцію в деяких продуктах харчування наведений в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Вміст Кальцію в продуктах харчування

Продукт	мг/100 г
Хліб житній	29
Хліб пшеничний	50
Крупа гречана	39
Крупа вівсяна	69
Капуста свіжа	106
Молоко	90...180
Цільномолочні продукти (кефір, сметана, сир та ін.)	85...150
Тверді сири	850...1100
Плавлені сири	430...760
Олія	13...18
Жовток курячого яйця	137
Яловичина першої категорії	10

ФОСФОР

Обмін його тісно пов’язаний з обміном Кальцію. У організмі людини масою 70 кг міститься 700 г Фосфору. Біологічна роль фосфатів надзвичайно велика: вони є структурними елементами кісткової тканини, забезпечують

проходження обмінних процесів, приймаючи участь в перенесенні енергії (АТФ, АДФ, гуанінфосфати, креатинфосфати); за участю фосфорної кислоти в організмі здійснюється обмін вуглеводів. Фосфор приймає участь в синтезі білку, входячи до складу таких компонентів, як РНК і ДНК. У складі фосфоліпідів і фосфопротеїнів є присутніми в мембранах клітин. За участю Фосфору здійснюються найважливіші реакції – реакції фосфорилювання. Так, наприклад, фосфорилювання деяких вітамінів – тіаміну, піридоксину – призводить до утворення коферментів, активних форм, що забезпечують участь в подальших реакціях. Фосфат є компонентом буферної системи крові, інших біологічних рідин, забезпечує підтримку кислотно-лужної рівноваги, забезпечує регуляцію обмінних процесів (через цАМФ), проведення нервового імпульсу і м'язового скорочення. Неорганічний Фосфор виконує структурні функції: входить до складу кісткової тканини, мембранних структур клітини, емалі і дентину зубів.

У організм людини Фосфор надходить з рослинною і тваринною їжею у вигляді фосфоліпідів, фосфопротеїнів і фосфатів. Всмоктування елементу відбувається за участю ферменту лужної фосфатази, а її активність підвищує вітамін D. Відмічено, що з рослинних продуктів Фосфор всмоктується гірше, ніж з тваринних – відповідно до 40 і 70%.

Найбільша кількість елементу знаходиться в молочних продуктах, особливо в сирах, а також в яйцях і яєчних продуктах. М'ясо і риба є важливими джерелами елементу, великі кількості якого містять також ікра, шпроти і деякі інші рибні консерви. Високим вмістом елементу відрізняються бобові (квасоля, горох), але в них він є менш доступним. Найбільш багатими на солі Фосфору є хрін, капуста качанна, цибуля ріпчаста, морква, буряк. Концентрація Фосфору в деяких продуктах наведена в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 – Вміст Фосфору в продуктах харчування

Продукт	мг/100 г	Продукт	мг/100 г
Хліб	≈200	Жовток яйця	524
Вівсяна, перлова, ячна крупи	320..350	Квасоля	≈480
Риба свіжа	≈250	Горох	≈330
Яловичина	≈180	Молоко	90...180
Молоко коров'яче згущене	235	Плавлений сир	430...760
Сир твердий	500...600	Олія	13...18

Сир	192	Молочні продукти (кефір, сметана)	85...150

МАГНІЙ

В організмі дорослої людини міститься приблизно 25 г Магнію, головним чином в кістках у вигляді фосфатів і бікарбонату. Фізіологічні функції Магнію є різноманітними. Магній є структурним компонентом широкого кола ферментів (приблизно 300), у тому числі АТФ-залежних ферментів.

Магній входить до складу металопротеїдів – складних білків, що містять у своєму складі метали. Він належить до активаторів, що підвищують активність ферментів, що посилюють їх дію. Активує такі ферменти, як ацетилтрансфераза, гексокіназа, аміноацил-т-РНК-синтетаза, ацетил-КоА-синтетаза.

Біосинтез білків відбувається за безпосередньої участі іонів Магнію, який необхідний для реакції активування амінокислот.

Завершальний етап аеробного розпаду вуглеводів і ліпідів за посередництва циклу трикарбонових і дикарбонових кислот здійснюється за активної участі іонів Магнію, які активують частину ферментів циклу Кребса.

Магній має кардіопротекторну дію, сприятливо впливає на серце у разі порушення ритму, ішемічної хвороби серця (ІХС), у тому числі у випадку інфаркту міокарду, покращує кисневе забезпечення міокарду, обмежуючи зону ураження. Одночасно Магній проявляє судинорозширювальну дію і сприяє зниженню артеріального тиску. Активно приймає участь в процесах нервового збудження, водного, вуглеводного і фосфорного обміну, оберігає організм від захворювання ішемією, стенокардією і інфарктом, не допускаючи спазмів кровоносних судин і судом м’язів. Знижує вміст холестерину в крові і тканинах, попереджає утворення каменів в нирках.

Магній є антистресовим макроелементом, справляє нормалізуючу дію на стан нервової системи і її вищих відділів (особливо у поєднанні з вітаміном B_6) за нервової напруги, депресій, неврозів.

За нестачі елементу можливий розвиток найрізноманітніших зовнішніх проявів: від раптових запаморочень, втрати рівноваги, мерехтливих цяток перед очима до сіпання повік, м’язових спазмів, поколювання і здерев'яніння м’язів, випадіння волосся і підвищеної ламкості нігтів. Спочатку відзначається швидка втомлюваність, часті головні болі, труднощі з концентрацією уваги, підвищення чутливості до змін погоди, що часто

викликає різні болі зубів, ясен, суглобів. Потім посилюється серцебиття, з'являються перебої в роботі серця, що часто супроводжуються сильним пронизливим болем в грудній клітці. Розвиваються безсоння, гострі спазматичні болі в шлунку, відчуття тяжкості в тілі. Можливі порушення нормальної роботи нервової та серцево-судинної системи, ниркова недостатність.

Надлишок Магнію в їжі не призводить до негативного впливу на здоровий організм. Проте за хвороб печінки можливі явища загальмованості, сонливості, артеріальної гіпотонії, уповільнення пульсу.

Добова потреба в Магнії складає (мг) для дорослої людини – 400, вагітних і жінок-годувальниць – 50 (додатково до норми); дітей і підлітків: 1...3 роки – 150; 4...6 років – 200; 7...10 років – 250; інші групи – 300.

Майже половина добової потреби в Магнії задовольняється за рахунок хліба, круп'яних виробів, какао, горіхів (таблиця 7.4)

Таблиця 7.4 - Вміст Магнію в харчових продуктах

Найменування	Вміст, мг/100 г	Найменування	Вміст, мг/100 г
Пшеничні висівки	490	Часник	36
Пророщена пшениця	336	Ізюм	35
Мигдаль	270	Зелений горошок	35
Горіхи кеш'ю	267	Картопля з шкіркою	34
Пивні дріжджі	231	Краби	34
Гречка	229	Банани	33
Фундук	184	Батат	31
Арахіс	175	Ожина	30
Просо	162	Буряк	25
Зерна пшениці	160	Броколі	24
Горіхи пекана	142	Цвітна капуста	24
Волоські горіхи	131	Морква	23
Зерна жита	115	Селера	22
Тофу	111	Яловичина	21

Сушені кокоси	90	Курчата	19
Соєві боби	88	Томати	14
Сушені абрикоси	62	Капуста білокачанна	13

КАЛІЙ

Калій – внутрішньоклітинний елемент, що регулює кислотно-лужну рівновагу крові. Вважають, що Калій має захисні властивості проти небажаної дії надлишку Натрію і нормалізує тиск крові. Елемент відіграє важливу роль у внутрішньоклітинному обміні, в регуляції водно-сольового обміну, осмотичного тиску, кислотно-лужного балансу в організмі. Він є необхідним для нормальної діяльності м'язів, зокрема серця, приймаючи участь в проведенні нервових імпульсів до м'язів. Однією з найважливіших його властивостей є виведення з організму води і Натрію. Він також активує ряд ферментів і приймає участь в найважливіших обмінних реакціях. Калій активує такі ферменти, як ацетилтрансфераза, гексокіназа, аміноацетилтрансфераза. У ферментативних системах, де Калій виступає як активатор, Натрій є інгібітором. Іони Калію відіграють істотну роль в регулюванні функцій організму. Серцевий м'яз реагує на підвищення вмісту Калію зменшенням збудливості і провідності.

Калій приймає участь в процесі проведення нервових імпульсів і передачі їх на інервовані органи. Він є необхідним також для скорочення скелетних м'язів, покращує скорочення м'язів за м'язової дистрофії, міастенії, приймає участь в процесах, що забезпечують проведення нервових імпульсів, корегує лужний баланс крові і тканинних рідин, приймає участь в реакціях обміну речовин, наприклад в перетворенні глюкози на глікоген, приймає участь в регуляції ритму серця, регулює концентрацію шлункового соку.

Добова потреба дорослої людини складає 2500...5000 мг, яка може задовольнятися звичайним раціоном. Особливо зростає його споживання за розумового і фізичного навантаження організму, підвищеному споживанні кухонної солі, а також за різних травм, розладах шлунку і блювоті. У організмі людини має бути адекватне співвідношення солей Калію і Натрію. Найбільше Калію в організм надходить з рослинними продуктами (таблиця 7.5).

Таблиця 7.5 – Вміст Калію в продуктах харчування

Продукт	мг/100 г	Продукт	мг/100 г
Горох	870	Томат	290

Шпинат	774	Редис	255
Горіхи волоські	664	Яблука	278
Квасоля	1100	Виноград	255
Гриби	440...460	Молочні продукти	≈ 145
Капуста білокачанна, кольрабі, брюссельська	185.. 375	Яйце куряче	140
Картопля	570	Борошно пшеничне	122
Персики	363	Сир жирний	112
Буряк	288	Хліб	208
Морква	234		

У рослинних продуктах, на відміну від тваринних, Калію у багато разів більше, ніж Натрію. У картоплі співвідношення Натрію до Калію 1:20, в яблуках 1:10, а в яловичині 1:5, в молоці 1:3. Тому в "калієві" дієти за гіпертонічної хвороби, недостатності кровообігу і хворобах нирок з набряками включають в основному рослинні продукти. Калій добре всмоктується з кишечника, а його надлишок швидко виводиться з організму разом з сечею. Найбільш багатими на Калій є білокачанна капуста, квасоля, бульби картоплі, редька, редис, цибуля, морква, буряк, селера, зелень кропу і петрушки, плоди томатів і чорної смородини.

НАТРІЙ

Натрій – важливий міжклітинний і внутрішньоклітинний елемент, що приймає участь в створенні необхідної буферності крові (постійного значення pH крові), регуляції кров'яного тиску, водного обміну.

Добова потреба в іонах Натрію складає 4...6 г, що відповідає приблизно 10 г кухонної солі.

У випадку збільшення кількості кухонної солі в організмі збільшується об'єм тканинної рідини і плазми крові, в результаті чого підвищується артеріальний тиск. Основним регулятором сталої концентрації натрій хлориду в крові і тканинній рідині є нирки. Виділення солі нирками регулюється альдостероном – гормоном кори надниркових залоз.

Надмірний прийом кухонної солі з їжею викликає перевантаження регуляторних механізмів, що і призводить до стійкого підвищення артеріального тиску. Встановлений прямий зв'язок між надмірним споживанням Натрію і гіпертонією. Отже, для профілактики гіпертонічної

хвороби і попередження інфаркту міокарду потрібне свідоме обмеження споживання кухонної солі.

Основне надходження Натрію в організм відбувається за рахунок кухонної солі. Натуральні харчові продукти містять відносно мало Натрію (одиниці і десятки мг на 100 г). Вміст Натрію в продуктах харчування наведений в таблиці 7.6.

Таблиця 7.6 – Вміст Натрію в харчових продуктах

Найменування	Вміст, мг/100 г	Найменування	Вміст, мг/100 г
Зелені оливки	2400	Морква	47
Соління, кріп	1428	Йогурт	47
Зрілі оливки	828	Петрушка	45
Квашена капуста	747	Артишок	43
Пресований сир	229	Сушений інжир	34
Омари	210	Сочевиця	30
Пахта	130	Ізюм	27
Селера	126	Червонокачанна капуста	26
Яйця	122	Часник	19
Тріска	110	Біла квасоля	19
Шпинат	71	Броколі	15
Баранина	70	Гриби	15
Свинина	65	Цвітна капуста	13
Курчата	64	Цибуля	10
Яловичина	60	Огірки	6
Буряк	60	Арахіс	5
Насіння кунжуту	60	Томати	3
Молоко незбиране	50	Баклажани	2
Ріпа	49		

СУЛЬФУР

Роль Сульфуру в обміні речовин визначається її участю в структурі сірковмісних амінокислот (метіоніну, цистину), деяких гормонів і вітамінів. Вона приймає участь в енергетичному метаболізмі і реакціях детоксикації. Необхідна концентрація Сульфуру забезпечує нормальну проходження синтезу інсуліну – важливого гормону, що регулює вуглеводний обмін, функцію і структуру сполучної тканини і що зберігає структуру суглобових поверхонь. Сульфур входить до складу гемоглобіну, міститься в усіх тканинах організму, потрібна для синтезу колаген-білку, що визначає структуру шкіри.

Сульфур має здатність захищати організм від небезпечної дії радіації, забруднень довкілля, уповільнює процеси старіння організму.

Добова потреба – 1 г, яка компенсується звичайним раціоном.

Найбільш багатими на Сульфур є цибуля ріпчаста, різні види капусти, бруква, хрін, гірчиця, горох, боби, женьшень.

ХЛОР

Фізіологічне значення і біологічна роль хлору полягає в його участі, як регулятора осмотичного тиску в клітинах і тканинах, в нормалізації водного обміну.

Добова потреба – приблизно 2 г, яка з надлишком задовольняється звичайним раціоном, що містить 7...10 г хлору. Основна його кількість припадає на кухонну сіль (до 90 %). Вважають, що нешкідливий рівень споживання хлору знаходиться на межі 5...7 г.

Мікроелементи

ФЕРУМ

Ферум – широко розповсюджений в природі елемент. В організмі людини міститься від 3 до 5 г Феруму. З цієї кількості 70...80% припадає на Ферум гемоглобіну. Ферум виявлений у складі більш ніж 70 різних за своїми функціями ферментів.

Ферумвмісні біомолекули виконують чотири основні функції:

– транспорт електронів (цитохроми, ферумсульфурпротеїди);

– транспорт і депонування кисню (міоглобін, гемоглобін, еритрокруорин, гимеритрин, хлорокруорин);

– участь у формуванні активних центрів окиснювально-відновних ферментів (оксидази, гідроксилази, супероксиддисмутази та ін.);

– транспорт і депонування Феруму (сидерофіліни, і серед них найбільш вивченим є трансферин, гемосидерин, феритин, сидерохроми).

Ферум входить до складу гемоглобіну і міоглобіну, ферменту каталази та ін., завдяки яким він приймає участь в кровотворенні, тканинному диханні і виконує інші функції. Ферум входить до складу гемопротеїд-цитохрому Р-450, що приймає участь в знешкодженні сторонніх речовин, що потрапляють

в організм людини. Інший фермент, що містить Ферум, – тиреопероксидаза – приймає участь в синтезі гормонів щитовидної залози. Ферум ферменту мієлопероксидази приймає участь в процесах фагоцитозу і лізису мікроорганізмів, тобто в підтримці імунітету.

Ферум засвоюється в шлунку і кишечнику, але переважно в дванадцятипалій кишці, причому двовалентний Ферум засвоюється набагато краще за тривалентний, що міститься в харчових продуктах. Відновники, такі як аскорбінова і лимонна кислоти, тваринний білок, деякі органічні кислоти, перетворюють тривалентний Ферум на двовалентне і тим самим підвищують його адсорбцію. Сприяють його всмоктуванню деякі прості вуглеводи – лактоза фруктоза, сорбіт, а також амінокислоти – гістидин, цистеїн і лізин. У продуктах є речовини, які пригноблюють всмоктування Феруму: фітин, клітковина висівок, соєвий білок, фосфати, деякі компоненти чаю і кави.

Ферум з тваринної їжі засвоюється у декілька разів краще (до 30%), ніж з рослинної (до 10%). Так, за даними ВООЗ, аліментарні ферумдефіцитні стани широко розповсюджені серед усіх верств населення країн, що розвиваються, де переважає рослинне харчування. У економічно ж розвинених країнах (Англія, Франція, Швеція та ін.) виявляється тільки прихований дефіцит Феруму.

Добова потреба дорослої людини в Ферумі складає в середньому 10...18 мг.

Нестача Феруму є найбільш частою причиною прояву анемії. За даними ВООЗ, 80% усіх аліментарних анемій складають ферумдефіцитні. Дефіцит Феруму, або гіпосидероз, досі залишається широко розповсюдженою патологією, на яку страждає кожен п’ятий житель нашої планети. В випадку гіпосидерозу знижується концентрація гемоглобіну, вміст еритроцитів в крові, активність ферумвмісних ферментів. Причиною захворювання є недостатньо збалансоване харчування. Нормалізація гемоглобіну настає зазвичай через 3...4 тижні з початку лікування. Вміст Феруму в деяких харчових продуктах наведений в таблиці 7.7.

Таблиця 7.7 – Вміст Феруму в харчових продуктах

Найменування	Вміст, мг/100 г	Найменування	Вміст, мг/100 г
Пивні дріжджі	17,3	Сочевиця	2,1
Пшеничні висівки	14,1	Арахіс	2,1
Насіння гарбуза	11,2	Баранина	1,9

Насіння кабачка	11,2	Тофу	1,9
Пророщена пшениця	9,4	Зелений горошок	1,9
Яловича печінка	8,8	Курчата	1,8
Насіння соняшнику	7,1	Лосось	1,5
Просо	6,8	Броколі	1,1
Петрушка	6,2	Смородина	1,1
Їстівні молюски	6,1	Цвітна капуста	1,1
Ізюм	3,5	Ожина	0,9
Артишок	3,4	Червонокачанна капуста	0,8
Фініки	3,0	Гарбуз	0,8
Свинина	2,9	Гриби	0,8
Горіхи пекану	2,4	Банани	0,7
Яйця	2,3	Буряк	0,7

Зустрічаються також і стани організму, пов’язані з надмірним вмістом Феруму в організмі, – сидероз, або гіперсидероз. Екзогенний (зумовлений зовнішніми причинами) сидероз нерідко спостерігається у шахтарів, що приймають участь в розробці червоних залізних руд, і у електрозварювальників. Ендогенний (через внутрішні причини) сидероз найчастіше виникає в результаті підвищеного руйнування гемоглобіну в організмі. До ранніх симптомів сидерозу відноситься збільшення печінки, що потім викликає цукровий діабет і прогресуюче потемніння шкіри.

КУПРУМ

Купрум – один з найважливіших незамінних мікроелементів. Купрум приймає участь в процесах утворення крові, білковому і вуглеводному обміні, окиснювально-відновних реакціях організму. Вона входить до складу окиснювально-відновних ферментів (аскорбатоксидази, поліфенолоксидази), активізує дію вітамінів групи В. Добова потреба – 2 мг.

Джерела Купруму – печінка, особливо яловича, м’ясо, риба, бобові, горіхи, вівсяна і гречана крупи. Купрум, що потрапляє в організм, засвоюється лише на 30%, а решта його кількості виводиться через шлунково-кишковий тракт.

ЦИНК

Цинк виявлений в усіх органах і тканинах, де його кількість коливається в широких межах. Скелетні м'язи є найбільш багатими на Цинк.

Нині Цинк знайдений у більше, ніж в 200 металоферментах, що приймають участь в найрізноманітніших метаболічних процесах, включаючи синтез і розпад вуглеводів, жирів, білків і нуклеїнових кислот. Алкогольдегідрогеназа, присутня в печінці й інших органах, окиснює етанол, інші первинні і вторинні спирти, стероїди, а також вітамін А.

Цинку належить важлива роль в синтезі білку і нуклеїнових кислот. Він є присутнім в усіх вивчених нині нуклеотидилтрансферазах, а його відкриття в зворотних транскриптазах уперше дозволило встановити тісний взаємозв'язок з процесами канцерогенезу. Цинк є необхідним для стабілізації структури ДНК, РНК і рибосом.

Цинк виконує різноманітні функції в організмі: приймає участь в процесах дихання, білкового і нуклеїнового обміну, формуванні імунітету. Він є необхідним для синтезу колагену, регулює смакову і нюхову чутливість, захищає печінку від хімічного ураження, необхідний для формування кісток, приймає участь в процесі запобігання формуванню вільних радикалів, сприяє регенерації еритроцитів і гемоглобіну, забезпечує реалізацію біологічної дії вітамінів А і фолієвої кислоти (кровотворення). Цинк відіграє важливу роль в реалізації гормональних функцій в організмі. Він безпосередньо впливає на продукування і функціонування інсуліну, й тим самим на увесь спектр інсулінозалежних процесів. У чоловіків приймає участь в синтезі тестостерону і функціонуванні статевих залоз, в силу чого простежується зв'язок між рівнем Цинку в організмі і потенцією. Як інгібітор 5-α-редуктази, Цинк регулює рівень метаболіту тестостерона-дигідротестостерона, надлишок якого зумовлює гіперплазію простати. Цинк є необхідним фактором і для жіночого організму, оскільки входить в структуру рецепторів для естрогену, регулюючи таким чином усі естрогенозалежні процеси. Він є важливим для функціонування тимусу і нормального стану імунної системи організму. Як компонент білку, що переносить ретинол, Цинк разом з вітаміном А і вітаміном С перешкоджає виникненню імунодефіцитів, стимулює синтез антитіл і має противірусну дію. Він підвищує стійкість до стресів і простудних захворювань, має антивірусні і антитоксичні властивості.

Добова потреба в Цинку складає 10...15 мг.

Надлишок Цинку викликає серйозні фізіологічні порушення в організмі.

Варто пам'ятати, що харчові продукти, особливо кислі і жирові, не можна обробляти в цинковому посуді, оскільки Цинк може переходити в

продукти і, накопичуючись у великих кількостях, викликати отруєння людей. Виключення складає тільки холодна питна вода.

Основним джерелом Цинку для людей є продукти тваринного походження: печінка, яловичина, яйця.

Вміст Цинку в харчових продуктах наведений в таблиці 7.8.

Таблиця 7.8 – Вміст Цинку в харчових продуктах.

Найменування	Вміст, мг/100 г	Найменування	Вміст, мг/100 г
Свіжі устриці	148,7	Зелений горошок	1,6
Імбирний корінь	6,8	Креветки	1,5
Біфштекс	5,6	Ріпа	1,2
Баранина	5,3	Петрушка	0,9
Горіхи пекана	4,5	Картопля	0,9
Горох	4,2	Часник	0,6
Яловича печінка	3,9	Морква	0,5
Яєчний жовток	3,5	Хліб з цілісного зерна	0,5
Зерна пшениці	3,2	Незбиране коров’яче молоко	0,4
Зерна іржі	3,2	Свинина	0,4
Овес	3,2	Кукурудза	0,4
Арахіс	3,2	Виноградний сік	0,3
Мигдаль	3,1	Маслинова олія	0,3
Волоські горіхи	3,0	Цвітна капуста	0,3
Сардини	2,9	Шпинат	0,2
М’ясо курчат	2,6	Капуста білокачанна	0,2
Гречка	2,5	Сочевиця	0,2

ЙОД

Йод відноситься до найважливіших ессенціальних мікроелементів, які постійно містяться в живих організмах і є незамінними. Цей мікроелемент є необхідним для синтезу гормонів щитовидної залози, без яких неможливе нормальне функціонування людського організму. У організмі дорослої людини міститься 20...50 мг Йоду і приблизно 1/3 його припадає на частку щитовидної залози, яка є найважливішим органом внутрішньої секреції, що виробляє тиреоїдні гормони, і саме вони примушують дихати тканини нашого тіла, регулюють усі види обміну речовин і діяльність кожного органу, включаючи головний мозок. Йод знаходиться і в інших органах, в крові він циркулює у формі йодиду і в зв'язаному з білками стані.

Нестача Йоду в їжі призводить перебудови функцій щитовидної залози і формується зоб. Встановлено, що йододефіцитні захворювання (ЙДЗ) – одні з найбільш поширених неінфекційних захворювань людини.

Дефіцит Йоду збільшує частоту вродженого гіпотиреозу, призводить до безповоротних порушень мозку плода і новонароджених, призводить до розумової відсталості (кретинізму, олігофренії).

На думку експертів ВООЗ, нестача Йоду є найпоширенішою формою розумової відсталості, яку можна попередити. Дослідженнями, виконаними останніми роками в розвинених країнах світу, встановлено, що середні показники розумового розвитку в регіонах з вираженим Йодним дефіцитом є на 15...20% нижчими, ніж за його відсутності.

Йододефіцитним захворювання можна запобігти шляхом проведення масової йодної профілактики за допомогою фармацевтичних таблетованих препаратів, біологічно-активних добавок (БАД) різних форм, а також харчових продуктів багатих Йодом або збагачених ним.

Добова потреба людини в Йоді – 0,10 – 0,15 мг.

Для регулювання вмісту Йоду в їжі в продукти харчування, у воду і в кухонну сіль вводять Йод. Найбільш ефективним способом попередження дефіцитних станів і оптимізації забезпеченості організму Йодом є використання для приготування і досолювання їжі йодованої солі зі вмістом йодиду 25...55 мкг/г.

Слід зазначити, що кількість Йоду в одних і тих же продуктах значно коливається в залежності від концентрації мікроелементу в ґрунті і у воді. Високий вміст Йоду спостерігається в морських водоростях (ламінарії) – 160...800 мг/100 г сухої маси, морській рибі і морепродуктах – 300...3000 мкг/100 г. Йод міститься (в середньому, мкг/100 г) і в таких харчових продуктах, як: яйця (60), молоко (45), цибуля (44), щавель (39), капуста білокачанна (37), морква, печінка яловича (35), картопля (32), квасоля (24), хліб житній, баклажани (14), огірки (11), хліб пшеничний, горох(10), риба річкова (9).

СЕЛЕН

В ході еволюції для підтримки нормальної життєдіяльності в організмі людини сформувалися і функціонують три основні системи – антиоксидантна, імунна і детоксикаційна. Одним з мікроелементів, який приймає участь в роботі усіх цих систем, є Селен.

Цей мікроелемент приймає активну участь в цілому ряді метаболічних реакцій. Селен є необхідним для нормальної роботи щитовидної залози, оскільки він – один з мікроелементів, що підтримують її життєдіяльність. Адже саме ця залоза приймає участь у більшості обмінних реакцій. Збої в роботі щитовидної залози призводять до порушення росту і розвитку організму, кретинізму і інших захворювань. Тому нестача Селену в організмі призводить до таких серйозних хвороб, як анемія, діабет, інфаркт міокарду, рак.

Основна біологічно активна форма Селену в організмі – селеноцистеїн. Селеновмісні протеїни – це групи ферментів, що приймають участь в утворенні ферментативної ланки антиоксидантного захисту. До них відносять глутатіонпероксидази, що служать каталізаторами у відновленні пероксиду водню і органічних пероксидів, що запобігає процесу окиснювального руйнування біомембран в організмі. Ці ферменти відіграють важливу бар'єрну роль у випадку надходження агресивних пероксидних сполук разом з компонентами їжі. Активна робота глутатіонпероксидаз підтримується саме за рахунок Селену.

Окиснювальне руйнування біомембран – це процес, який призводить до порушення структурної і функціональної цілісності мембран клітин, сприяє підвищенню проникності і зниженню стійкості клітинних структур до ушкоджень. Особливо страждає за нестачі Селену серцево-судинна система, що проявляється прогресуючим атеросклерозом і слабкістю серцевого м'язу.

Селен в якості активного центру виступає і в таких селеноцистеїнових ферментах, як дейодинази. Вони приймають активну участь в нормалізації роботи щитовидної залози. Їх основне завдання полягає в трансформації тетрайодтріоніну в активний тіреогормон трийодтріонін. Тут якраз і проявляється необхідність дотримання балансу спільної присутності в організмі Йоду і Селену. Тільки за таких умов стає можливою ефективна діяльність щитовидної залози.

У ряді країн успішно реалізуються національні програми з ліквідації селенодефіциту людини. Наприклад у Фінляндії, починаючи з 1981 р., Селен є обов'язковою складовою мінеральних добрив, що вносяться під зернові і кормові культури. Такий підхід дозволив досягти збільшення тривалості життя фінів на 15 – 18 років. У інших країнах – США, Англії, Франції, Голландії – Селеном збагачують корми тварин.

ВООЗ рекомендує споживати 50 мкг Селену на добу. Згідно з міжнародними рекомендаціями, добова лікувально-профілактична доза селеновмісних препаратів для дорослої людини складає 100 мкг.

Доза Селену 1 мг на добу для людського організму є токсичною.

Основними харчовими джерелами Селену для людини є продукти моря – риба (особливо оселедець), краби, омари, лангусти, креветки і кальмари; субпродукти – свинячі і яловичі нирки, печінка і серце; яйця.

З продуктів рослинного походження багаті Селеном пшеничні висівки, пророслі зерна пшениці, зерна кукурудзи, томати, дріжджі, гриби і часник. Дріжджі, особливо пивні, вважаються найкращим джерелом Селену не лише тому, що в них його багато, але і тому, що він знаходиться в легко засвоюваній і біологічно активній формі.

ФЛУОР

Майже 99% усього Флуору в організмі знаходиться в твердих тканинах. Флуор має високу спорідненість до білкової матриці емалі і включається в емаль зубного зачатка ще до початку його мінералізації. Флуор виявляє виражену вибірковість до твердих тканин і приймає участь в їх мінералізації. Елемент відіграє істотну роль не лише в початкових стадіях мінералізації твердих тканин, але і здатний попереджати їх демінералізацію.

За нестачі надходження Флуору в організм у дітей і дорослих розвивається карієс зубів. Відмічена пряма кореляція між низьким вмістом Флуору в раціоні і частотою виникнення карієсу зубів.

За надлишку Флуору розвивається флюороз зубів і кісток скелета. Так, на зубах з’являються плями білого, жовтого або коричневого кольору. Зуби стають більш крихкими і більш ламкими, спостерігається їх підвищена стиранність.

Флуорид-іон, що надходить з їжею, всмоктується в шлунку і тонкій кишці, причому швидкість і ступінь цього процесу визначається величиною дози, типом сполук Флуору, якісним і кількісним складом їжі. Засвоєння відбувається за принципом простої дифузії.

Потреба організму у Флуорі – 0,5...1,0 мг на добу.

Основним джерелом Флуору є такі харчові продукти, як риба (особливо тріска і сом), баранина, телятина, вівсяна каша, хліб грубого помелу, печінка, горіхи, чай. У місцевостях, в яких ґрунти і води збіднені Флуором, його додають у воду, воду флуорують.

МАНГАН

Манган входить до складу багатьох ферментів, відіграє важливу роль в процесах росту, кровотворення, утворення кісткової тканини.

Добова потреба в Мангані – 5...10 мг. У рослинних харчових продуктах Мангану міститься більше, ніж в тваринах.

Нестача Мангану часто фіксують у випадку різних форм анемії. Нестача Мангану в їжі може призвести до розвитку остеопорозу, причому прийом Кальцію посилює цей дефіцит, оскільки утруднює його засвоєння в організмі.

Основними джерелами Мангану є, мкг/100 г: фундук – 4200, чорна смородина – 1300, капуста білокачанна – 300, картопля – 170, риба і рибопродукти – 100...120.

КОБАЛЬТ

Кобальт є надзвичайно важливим в організмі для кровотворення, поліпшення обміну речовин.

До теперішнього часу учені сперечаються щодо ролі Кобальту в розвитку онкологічних захворювань. З одного боку в крові онкологічних хворих вміст Кобальту є підвищеним в 1,5...2,5 рази в порівнянні з нормою. З іншого – встановлена гальмівна дія Кобальту на ріст деяких різновидів пухлинних клітин. Цей аспект дії цього мікроелемента ще до кінця не вивчений і вимагає подальших досліджень.

Добова потреба в Кобальті складає 0,1 – 0,2 мг.

Після відкриття фізіологічного значення солей Кобальту, коли їх стали широко використовувати як стимулятори кровотворення, була встановлена також їх токсичність.

Надлишок Кобальту в добовому харчовому раціоні призводить до кардіопатії з вираженою сердечною недостатністю. У робітників, що контактують з Кобальтом, спостерігаються кашель, диспептичні розлади, порушення нюху, хронічні риніти, ларингіт, фарингіти. За тривалого контакту можуть розвинутися хронічний бронхіт, пневмонія, пневмосклероз.

За достатнього вмісту в їжі овочів і фруктів організм людини, як правило, не відчуває нестачі або надлишку Кобальту.

Основними харчовими джерелами Кобальту для людини є: капуста, картопля, цибуля, часник, салат, морква, груші, абрикоси, виноград, смородина, суниця.

ХРОМ

Хром посилює дію інсуліну в усіх метаболічних процесах, регульованих цим гормоном.

Добова потреба в хромі коливається в межах 50...200 мкг.

За нестачі Хрому у людини відзначається зниження толерантності до глюкози, підвищення концентрації інсуліну в крові.

Найбільш значимими харчовими джерела Хрому є: чорний перець, теляча печінка, пророслі зерна пшениці, пивні дріжджі, хліб з борошна грубого помелу. Особливо важливо, що Хром в цих продуктах міститься у біологічно активній і легко засвоюваній формі.

МОЛІБДЕН

Молібден входить до складу ряду ферментів (сульфітоксидаза, альдегідрогідрогеназа, ксантиноксидаза, нітратредуктаза).

Ксантиноксидаза є важливим ферментом обміну пуринів, що каталізує реакцію, яка завершує утворення сечової кислоти в організмі.

Сульфітоксидаза перетворює сульфіт на сульфат і строго специфічна до свого субстрату.

Молібден відіграє важливу роль в організмі, оскільки приймає участь в процесі детоксикації, активує фермент, що запобігає утворенню канцерогенних нітрозамінів. Сприяє затриманню в організмі Флуору і таким чином перешкоджає розвитку карієсу.

За надмірного надходженні в організм може розвинутися "молібденова подагра".

Добова потреба в Молібдені складає 0,1...0,5 мг

Нестача Молібдену призводить до затримки росту, деформації кісток, анемії.

Основними харчовими джерелами Молібдену для людини є продукти рослинного походження (зернові і бобові культури), а також яловича печінка і нирки.

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОБРОБКИ НА МІНЕРАЛЬНИЙ СКЛАД ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ.

Під час переробки харчової сировини, як правило, відбувається зниження вмісту мінеральних речовин (окрім додавання харчової солі). У рослинних продуктах вони втрачаються з відходами. Так, вміст ряду макро- і особливо мікроелементів в процесі отримання крупи і борошна після обробки зерна знижується, оскільки в оболонках, що видаляються, і зародках цих компонентів знаходиться більше, ніж в цілому зерні. Порівняльний аналіз мінерального складу в пшеничному борошні вищого ґатунку і в борошні з цільнозмеленого зерна наведений в таблиці 7.9.

Наприклад, в середньому, в зерні пшениці і жита зольних елементів міститься приблизно 1,7%, у борошні ж, в залежності від сорту від 0,5 (у вищому сорті) до 1,5% (в обойному). В результаті очищення овочів і картоплі втрачається від 10 до 30% мінеральних речовин. Якщо їх піддають тепловій кулінарній обробці, то в залежності від технології (варіння, обсмажування, тушкування) втрачається ще від 5 до 30%.

М’ясні, рибні продукти і птиця в основному втрачають такі макроелементи, як Кальцій і Фосфор, під час відділення м’якоті від кісток.

Таблиця 7.9. – Вміст мікро- і макроелементів в пшениці

Елемент	Цільнозернова	Високоочищена
Ca	41	16
P	372	87
Fe	3,3	0,8
K	370	95
Mg	60	16
Zn	3,50	0,07
Cu	1,00	0,32
Mo	0,14	0,02
Mn	3,2	0,83
Cr	0,014	0,002

За теплової кулінарної обробки (варіння, смаження, тушкування) м'ясо втрачає від 5 до 50% мінеральних речовин. Проте якщо обробку здійснювати у присутності кісток, що містять багато Кальцію, то можливе збільшення вмісту Кальцію в кулінарних оброблених м'ясних продуктах на 20%.

У технологічному процесі за рахунок недостатньо якісного устаткування може переходити в кінцевий продукт деяка кількість мікроелементів. Так, у виготовленні хліба під час приготування тіста в результаті його контакту з устаткуванням вміст Феруму може збільшуватися на 30%. Цей процес є небажаним, оскільки разом із Ферум в продукт можуть переходити і токсичні елементи, що містяться у вигляді домішок в металі. Під час зберігання консервів у бляшаних збірних (тобто спаяних) банках з неякісно виконаним припоєм або у випадку порушення захисного лакового шару в продукт можуть переходити такі високотоксичні елементи як Плюмбум, Кадмій, а також Станум.

Слід врахувати, що ряд металів, таких як Ферум і Купрум, навіть в невеликих концентраціях можуть викликати небажане окиснення продуктів. Їх каталітична окислювальна здатність особливо яскраво проявляється відносно жирів і жирових продуктів. Так, наприклад, за концентрації Феруму вище 1,5 мг/кг і Купруму 0,4 мг/кг у випадку тривалого зберіганні вершкового масла і маргарину ці метали призводять до згіркнення продуктів.

У випадку зберігання напоїв у присутності Феруму вище 5 мг/л і Купруму 1 мг/л часто спостерігається помутніння напоїв.

Лекція 12. Фізико-хімічні текстури харчових продуктів

Молекулярні технології – напрям досліджень, пов'язаний з вивченням фізико-хімічних процесів, які відбуваються при приготуванні їжі, та створення різних страв із незвичайними властивостями й поєднанням компонентів. Дане поняття використовується для найменування продуктів, отриманих молекулярно-деструктивним способом: за допомогою сифону в деструктивну текстуру (подрібнену до напіврідкої консистенції) продукту вводиться інертний газ. У результаті кожна частинка речовини роздувається, як мильна піна, і емульсія з полуниці або гарбуза перетворюється в напівмістичну "еспуму". Молекулярні технології вивчають і, практично, виконують фізико-хімічні перетворення інгредієнтів, що відбуваються під час приготування їжі, а також соціальні, художні і технічні складові кулінарних і гастрономічних явищ в цілому з точки зору наукового погляду. Одним із завдань, які вирішує молекулярна гастрономія, є комбіноване поєднання або, так зване, «сполучання» харчових продуктів, різних за типом (видом), на молекулярному рівні, за сукупність хімічних сполук та амінокислот, наприклад, банан з петрушкою, ікра з білим шоколадом.

Основний принцип молекулярної кухні – це презентація смакових властивостей продуктів у нестандартному для них вигляді: еспуми, сферифіковані рідини, желе, емульсії. Молекулярна кулінарія змінює консистенцію і форму продуктів до невпізнання. Зпінене м'ясо з гарніром зі спіненої картоплі, желе зі смаком маринованих огірків та редису, сироп з крабів, тонкі пластинки свіжого молока, морозиво з тютюновим ароматом вже існують. З допомогою молекулярної кулінарії в кращих ресторанах світу розробляються рецепти чудесних страв, які неможливо приготувати на звичайній кухні або купити в магазині. Поки це кулінарний напрям не виходить за межі дорогих ресторанів.

Основні прийоми молекулярної кухні:

1. обробка продуктів рідким азотом,
2. емульсіфікація (змішання нерозчинних речовин),
3. сферіфікація (створення рідких сфер),
4. желювання,

5. карбонізація або збагачення вуглекислотою (газування),

Наприклад якщо м'ясо буде смажитися або коптиться, неминуча втрата ваги на 30-50 і вага втрачається. В молекулярній кухні при застосуванні новітніх технологій речовини, які утримують воду, не руйнуються і вага готової страви збільшується на 180%. Смак при цьому приголомшливо новий, соковитий. Ще один приклад продукту молекулярної кухні: сире яйце, зварене при низькій температурі (64°С) упродовж двох годин,— перетворюється на желеподібну масу.

Рекомендації

Залежно від походження продукти функціонального призначення запропоновано поділяти на натуральні або природні і такі, що одержані внаслідок спеціальної технологічної обробки. Як відомо, в натуральних продуктах харчування (апіпродукти, фрукти, овочі, молоко, м'ясо, лікарські рослини) природою закладено властивість приносити користь здоров'ю людини.

Натуральні продукти містять певні речовини, які рекомендуються для вживання при тих чи інших захворюваннях. Так, при серцево-судинних захворюваннях потрібно більше калію у раціоні і рекомендується збільшити вживання продуктів багатих калієм, наприклад кураги. А при слабкості кісткової тканини у дітей рекомендується вживати більше молока, сиру як джерела кальцію. Іноді потреба у спеціальних речових надто висока.

Наприклад, добову потребу заліза при малокрів'ї не завжди можна забезпечити щоденним споживанням великої кількості яблук, чи страв із печінки. Людина потребує різноманітних продуктів, краще, якщо вони не повторюються протягом тижня. І тоді продукти щоденного споживання, такі як хлібобулочні, кондитерські, молочні продукти, жири та напої мусять бути збагачені на залізо.

Крім того, слід враховувати, що не завжди є «у своєму арсеналі запасу продуктів» необхідні свіжі фрукти, овочі, мед чи водорості (наприклад, у відрядженні, чи на роботі). Усе це є причинами для створення продуктів функціонального призначення шляхом застосування різних способів технологічної обробки. Підгрупу продуктів, створених за спеціальними технологіями, запропоновано розділити на одержані шляхом;

1. концентрування функціональних інгредієнтів,

2. вилучення «проблемних» інгредієнтів,
3. збагачення на функціональні інгредієнти.

Продукти, одержані шляхом концентрування функціональних інгредієнтів найчастіше служать для збагачення основних традиційних продуктів, але можуть вживатися і самостійно. Низка дієт вимагає вилучення «проблемних» інгредієнтів із харчових продуктів. Це дієти для діабетиків, для хворих на ожиріння і серцево-судинну недостатність, гіпопротеїнові, гіпонатрієві, безбілкова, безглютенові дієти та ін.

В харчовій промисловості часто зустрічаються емульгатори, які складаються із води та олії. Якщо дисперсной фазой є олія, а дисперсним середовищем вода, така емульсія відноситься до типу « олія у воді»(О/В) та носить назву прямої. Наприклад: майонез. В протилежному випадку емульсія «вода в олії» (В/О) називається зворотньою. Типовий приклад - маргарин.

Емульгатори представляють собою поверхнево- активні речовини(ПАР) – органичні з’єднання, молекули яких мають дифільну будову, тобто налічують ліофільні та ліофобні атомні групи.

Гідрофільні групи забезпечують розчинність ПАР у воді, гідрофобні при достатньо високій молекулярній масі допомагають розчину ПАР у неполярних середовищах.

Завдяки утворенню просторових та електричних бар’єрів емульгатори додатково стабілізують емульсії, тобто запобігають злипанню вже утворених часточок дисперсної фази та їх розшаруванню.

Основні фізико - хімічні та технологічні властивості ПАР визначаються гідрофільно-ліпофільним балансом (ГЛБ)та їх молекул. ГЛБ відображає співвідношення молекулярних мас гідрофільних та ліпофільних груп. Розмір ГЛБ може мати значення від 1 до 20 (емпірична шкала Гріффіта).

Емульгатори, які мають значення ГЛБ менше 10, у більшості ліпофільні, а ГЛБ більше 10, у більшості гідрофільні. Чим більше ГЛБ, тим виразніше прояв до утворення та стабілізації зворотніх емульсій (В/О).

З термодинамічної точки зору емульсії являють собою гетерогенні системи, які складаються з двох взаємонерозчинних рідин, одна з яких диспергована в

іншій до часточок діаметром 0,1-100 мкм. Коли подрібнюється одна в іншій здійснюється збільшення поверхні розділу поміж фазами, внаслідок чого збільшується припас вільної енергії системи. Стрімкість поверхової енергії до мінімуму за рахунок зменшення поверхні розділу фаз, згідно другому закону термодинаміки, примушує краплі дисперсної фази приймати форму кулі, яка має найменшу поверхню для завданого об'єму. Вадою нестійкості емульсії є надлишок вільної енергії на поверхні розділу фаз. При з'єднанні двох крапель відбувається зменшення міжфазної поверхні, таким чином й поверхні енергії системи. Коалесценція крапель – процес самоздійснювальний, в той час як емульгування потребує витрати енергії.

Відомо,що для приготування стійкої емульсії необхідно додати третій компонент – емульгатор. Однак, маються емульсії,котрі слід відрізняти від типових емульсій. Такі емульсії зазвичай утворюються з двох рідин, які змішуються без додавання стабілізаторів. Необхідною умовою стабілізації таких систем за П.А. Ребиндером є зниження між фазного поверхневого натягнення до критичного розміру. Самоздійснювальні емульсії виникають у тому випадку, коли між фазне натягнення стає вельми малим при температурі, близької до критичної, і коли броунівського руху вже буває достатньо для рівномірного розподілу по всьому об'єму однієї рідини в іншій. Цілком зрозуміло,що критичні емульсії термодинамічно стійкі та для їх існування не потребується введення емульгаторів.

Процес стабілізації емульсій дуже складний, внаслідок того, що у ньому беруть участь багато факторів. На сьогоднішній день стійкість крапель емульсій проти коалесценції пояснюється наступними факторами: ефектом Марангоні-Гіббса, ентропійним, електростатичним та структурово-

механічним бар'єром. Стабілізуюча дія кожного з них проявляється за певних умов.

Ефект Марангоні-Гіббса проявляється у кінетичній стабілізуючій дії адсорбціонних прошарків. Сутність його в тому, що двостороння плівка, яка складається з розчину ПАР стає тонкішою та розривається. Більш тонкішою плівка стає під дією сили тяжкості та внаслідок всмоктування рідини у більш товсті частини плівки. При цьому з'являються течії рідини у напрямку, протилежному всмоктуванню, які підтримують тонкі частини плівки. Дія різного тиску попереджує стоншення плівки (еластичність Гіббса). Отже,

ефект Марангоні-Гіббса є слабким стабілізуючим фактором, який має значення для малостійких дисперсних систем,таким чином не має бути відповідальним за стабілізацію емульсій.

Ентропійний фактор стабілізації зумовлений тепловим рухом та взаємовідталкуванням молекул ПАР, які адсорбувалися на поверхні крапель дисперсної фази та здійснюючих броунівський рух у дисперсному середовищу. Згідно ентропійному фактору, зі збільшенням температури стабільність емульсій повинна була підвищуватися. Однак дослідні дані показують,що порівняно високі температури найчастіше погіршують процес отримання емульсій та інколи призводять до їх руйнування.

Уяви про електростатичну взаємодію,як про фактор стійкості колоїдних систем,отримали розповсюдження та є суспільно визнаними. В основу цього фактору покладена теорія ДЛВО, яка розвивалась незалежно одна від іншої Дерягіним, Ландау та Фервєєм, Овербеком. Вона зводиться до того, що на поверхні часточок дисперсної фази утворюється подвійний електричний прошарок іонів, який зумовлює появу енергетичного бар’єру електричної природи. Останній є поміхою для зближення заряджених часточок до певної дистанції, де діють інтенсивні молекулярні прошарки притягнення. Зовнішня оболонка такого прошарку має дифузний характер та може виникати як за рахунок адсорбції одного з іонів електроліту, так і у результаті взаємодії речовин дисперсної фази з середовищем з послідовною іонізацією молекул.

Поява саме такого енергетичного бар’єру, м’який має назву роз’єднуючого тиску, відбувається внаслідок перекривання дифузних іонних атмосфер у процесі наближення взаємодіючих часточок дисперсної фази. Розмір його залежить від дистанції між часточками, природою та концентрацією, яка знаходиться у системі електроліту. За цим фактором стійкість емульсійних систем оцінюється електричними властивостями адсорбуючих прошарків розміром електрокінетичного потенціалу.

Структурно-механічний фактор стабілізації емульсій має найбільш універсальний характер та забезпечує практично повну стійкість систем. Існування в’язких плівок на міжфазній поверхні вперше дослідив Плато(1870). Стійкість емульсій визначається структурно-механічними властивостями адсорбціонних прошарків емульгатору. Особливо сильну стабілізуючу дію мають колоїдні адсорбціонні прошарки, які є своєрідними

плівковими холодцями, дуже сольватними дисперсним середовищем та диффузно перехідними у золі. Адсорбціонно-сольватні прошарки при цьому повинні мати структурну в'язкість, пружність та механічну стійкість до пересування. Стійкі емульсії можна отримувати при використанні тиксотропних розчинів емульгатору, які утворюють у дисперсному середовищі просторову структуру, сприятливу до руйнування при механічній дії та легко відновлюються після її закінчення.

Фізико-хімічна механіка – це нова область колоїдної хімії, яка об'єднує у собі проблеми реології, молекулярної фізики, механіки матеріалів та їх промисловості. Механічні властивості дисперсних систем залежать не тільки від хімічного складу інгредієнтів системи та фізичних умов, але й від структури, тому їх називають структурно-механічними або реологічними.

Фізико-хімічна механіка на теперішній час розглядає два основних напрямки дисперсних просторових структур: коагуляційну та кристалізаційну. Коагуляційна є найбільш простішою та розповсюдженою. Вона утворюється шляхом з'єднання часточок Ван-дер-ваальсовими силами у ланцюжки та хаотичні сітки. Такі структури утворюються при високому рівні

дисперсності, достатній анізометрії дисперсних часточок та поверхневій ліофільності у результаті броунівського зіткнення часточок. При з'явленні коагуляціонної сітки та окремих її елементів у контакті між часточками залишається вельми тонкий рівноваговий прошарок рідкого дисперсного середовища, товща якого відповідає мінімуму вільної енергії системи. Таким чином, заслабкі структури, які утворюються у холодцях яєчного альбуміну при дуже кислих (pH<2) та лугових (pH>12) реакціях середовища також подібні звичайним тиксотропним коагуляційним структурам.

Кристалізаційні структури утворені хімічними зв'язками головних валентностей або безпосередніми фазовими контактами між часточками. Вони є не тиксотропними та мають високу міцність та крихкість. Кристалізаційно- конденсаційні структури можуть виникати також у процесі утворення нової фази з переохолоджених або перенасичених розчинів. При цьому кришталики нової фази з'єднуються у кристалізаційний каркас. Його дисперсністю та механічними властивостями можна керувати шляхом змінення швидкості відтоку тепла, введенням центрів кристалізації адсорпційно-модифікуючих домішок.

На практиці зустрічаються дисперсні системи які мають змішані зворотньо-незворотні структури. Такі системи являють собою коагуляційну структуру з одночасною наявністю кристалізаційного каркасу.

Драглі водних дисперсій казеїну являють собою змішану коагуляційну-конденсаційну структуру, яка має незначну тиксотропію.

Згідно уявленням фізико-хімічної механіки, аномальність в'язкості концентрованих емульсій, як і інших структурованих колоїдних систем пояснюється руйнуванням просторового каркасу у процесі збільшення швидкості зсуву.

Систематичні дослідження Ф.Шермана, який вивчав вплив різних факторів на реологічну поведінку емульсій та пов'язаних з ними явищ дозволили звести їх до наступної класифікації:

1. Дисперсна фаза: її об'ємний склад, флокуляція, гідродинамічна взаємодія, в'язкість, розмір та характер розподілу крапель, деформація та поведінка крапель при зсуві, меж фазне натягнення,взаємодія крапель як між собою, так і у дисперсному середовищі, хімічний склад.

2. Дисперсне середовище: в'язкість, реакція середовища, хімічний склад, потенціальна енергія, наявність електроліту.

3. Емульгатори: хімічний склад, концентрація та розчин у фазах, товща адсорбційної плівки та її реологічні властивості, деформація крапель у процесі зсуву, циркуляція рідини в середині крапель.

З практики одержання емульсій відомо, що найбільш суттєвими факторами, які визначають їх в'язкісні властивості, є: об'ємний склад дисперсної фази, хімічний склад та концентрація використаного ПАР.

А.А. Смотрин вивчав в'язкісні властивості трикомпонентних емульсій, стабілізованих природними харчовими емульгаторами. У якості таких були використані: сухе знежирене молоко, яєчний порошок, пектин та інші. Дисперсною фазою у виготовляємих системах слугувала рослинна рідка олія, а емульсії готувалися на ультразвуковому устаткуванні з гідродинамічним вібратором. Аналізуючи результати досліджень, емульсії з однаковою концентрацією емульгатору та постійному режимі виготовлення мають

різновидну в’язкість, розмір якої, знаходиться у прямій залежності від складу дисперсної фази.

При визначенні в’язкості емульсій різних двох фаз, окрім об’ємної концентрації, найбільш суттєвою змінною величиною є природа використаного емульгатору. ПАР, які відрізняються найкращою емульгуючою властивістю, утворюють емульсії, які мають найменшу в’язкість. Системи, стабілізовані сапоніном мають в’язкість у 13 разів вище у порівнянні з в’язкістю емульсій, стабілізованих триетаноламіном.

В’язкість емульсій залежить не тільки від концентрації емульгаторів,які використовуються та і від їх хімічної природи. На в’язкість емульсій визначний вплив має розмір та розміщення крапель, тобто, ступінь

дисперсності. Для однакової високої концентрації дисперсної фази тонко дисперсні емульсії найбільш в’язкі, чим грубо дисперсні.

Виявлено, що у знежиреному молоці не відбувається істотних змін в’язкості; при невеликому складі жиру в’язкість молока помітно збільшується. Це свідчить про важливий внесок кількісного складу дисперсної фази у збільшенні в’язкостних властивостей молока. Виявлено також, що гомогенізація молока та вершків сприяє посиленню структуроутворенню та значному збільшенню в’язкості та міцності отриманих з них кисломолочних продуктів .

Збільшення реологічних характеристик кефіру та йогурту виготовлених з гомогенізованого молока визначається збільшенням здібності жиру до утворення тиксотропних структур у результаті зростання численності часточок та якісного змінення характеру їх поверхні при адсорбції білкових речовин молока.

Термодинамічну основу стійкості пін складає передбачена Гіббсом властивість рівновагової пружності товстих плівок. У промисловості кондитерських піни отримують з водних розчинів, які містять білок, цукор, патоку та інші інгредієнти.

Для отримання стійкої піни необхідні дві умови: наявність поверхово-активних речовин та підведення необхідної кількості енергії.

Збивання - своєрідний засіб механічної обробки деяких продуктів, який застосовується для приготування мусів, збитих вершків, кремів, суфле.

Збивання збільшує об’єм виробів,надає їм повітряність. Коли вироби випікаються, тоді розпушуючий ефект пін посилюється завдяки температурному розширенню кульок повітря.

При збиванні білки перетворюються у піну, котра являє собою сукупність повітряних кульок, які розділяються прошарками рідкого білка. Доки об’єм бульбашок менш 74% загального об’єму маси, яку збивають,бульбашки будуть розділятися порівняно товстими прошарками

рідини та система може бути стійкою у тому випадку, коли до неї додають желатин, агар, крохмаль, або іншу речовину, яка додає рідині в’язкості.

Збивання супроводжується глибокими фізико-хімічними змінеммями білків, вони денатурують.

При збиванні білків об’єм їх збільшується у 5-6 разів. Завдяки звертанню білків у тонких плівках бульбашок піна набуває механічної стійкість, але водночас оболонки бульбашок втрачають еластичність та легко розриваються при випіканні. Присутність жовтків зменшує здібність білків збиватися.

Стійкість збитих вершків та здібність їх збиватися залежать від вмісту жиру, від температури та засібу збивання. Чим жирніше вершки, тим краще вони збиваються та тим стійкіше утворюється піна. Охолодження вершків до 4-5℃ помітно полегшує збивання.

Велика кількість іонізованих груп у молекулах білків визначає їх високу чутливість до змінення активності іонів водню. Стійкістні властивості поверхневих прошарків казеїну у значному ступені залежить від реакції середовища. При значеннях pH порядку 7 має мінімальні значення. У лужному та кислому середовищах стійкість міжфазових адсорбційних шарів швидко збільшується, що пояснюється створенням сприятливих умов для розгортання та орієнтації макромолекул та утворенням великої кількості міжмолекулярних контактів при відповідних значеннях pH середовища.

Лекція 13. Хімія смаку, запаху та кольору харчових продуктів.