

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Міжнародний гуманітарний університет

Кафедра готельно-ресторанного та туристичного бізнесу

Бачеріков В.А.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з навчальної дисципліни

Харчова хімія

для здобувачів першого(бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності 181 «Харчові технології» денної та заочної форм навчання

Одеса, 2024

УДК 54-029:641

Затверджено Вченою радою Міжнародного гуманітарного університету
(протокол №1 від 31.08. 2024р)

Рецензенти:

Заступник завідуючого відділу Медичної хімії та хемоінформатики Фізико-хімічного інституту ім.О.В. Богатського , к.х.н.,доцент –Тетяна Сидельнікова

Директор оздоровчого комплексу «Кароліно» АО «Одесатурист»- Надія Смирнова

Конспект лекцій з навчальної дисципліни **«Харчова хімія»** для здобувачів першого(бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 181«Харчові технології» денної та заочної форм навчання/Укладач- к.х.н.,доцент Бачеріков В.А. .Одеса:Міжнародний гуманітарний університет,2024.130с

Конспект лекцій з з навчальної дисципліни **«Харчова хімія»** створений для здобувачів першого(бакалаврського) рівня вищої освіти .Матеріал охоплює ключові аспекти дисципліни,зокрема її предмет, основні концепції хімічні категорії.У лекціях представлено біохімічну складову харчових продуктів та загальні методи їх аналізу . Конспект стане корисним для студентів під час підготовки до лабораторних і практичних занять , самостійного опрацювання матеріалу та підготовки до складання заліку та іспиту.

ПЛАН

Вступ

Структура навчальної дисципліни

Тема 1. Загальні основи харчової хімії .

Тема 2. Мінеральні речовини.

Тема 3 Солі.

Тема 4 Хімічна термодинаміка.

Тема 5. Дисперсні системи.

Тема 6 Органічні сполуки та їх значення у харчових продуктах

Тема 7. Спирти.

Тема 8. Карбонові кислоти.

Тема 9. Цукрози

Тема 10. Ароматичні сполуки.

Тема 11. Біохімічні сполуки та їх значення у продуктах харчування.

Тема 12 . Поліцукриди як складова продуктів харчування.

Тема 13 Ліпіди.

Тема 14. Ферменти

Тема 15. Вітаміни.

Тема 16. Загальні методи аналізу харчових продуктів.

Рекомендована література

Вступ

Навчальна дисципліна «**Харчова хімія**» розроблена для студентів 1 курсу денної та заочної форм навчання спеціальності 181 «Харчові технології».

Метою навчальної дисципліни «**Харчова хімія**» є формування у майбутніх фахівців теоретичних знань і практичних навичок з загальних підходів та принципів повноцінного харчування людини з врахуванням хімічних основ неорганічної, органічної, біохімічної складової речовин продуктів харчування, на базі яких складається і розвивається технологія харчового виробництва .

Заплановані результати навчання за навчальною дисципліною

Знання:

1. На понятійному рівні – основні категорії, поняття та їх визначення з

курсу, зміст предмету «Харчова хімія» та його структуру, особливості .

2. Описувати основні хімічні ознаки складових речовин продуктів харчування.

Уміння:

3. Розуміти якісні зміни, що відбуваються на сучасному етапі у сфері харчової хімії

4. Визначати останні зміни та особливості у хімічній складовій продуктів харчування

5. Пояснювати зміст загальних тенденцій подальшого розвитку біохімічних основ харчових технологій.

6. Застосувати знання: на рівні відтворення – правильно оцінювати сутність та зміст біохімічних складових у продуктах харчування; на творчому рівні – використовувати свої внутрішні якості у підвищенні ефективності основ своєї професійної діяльності.

Навички:

7. Упорядковувати набуті знання у вигляді виконання самостійних завдань.

8. Аргументовано обґрунтувати біохімічні властивості речовин продуктів харчування.

У процесі реалізації програми дисципліни «Харчова хімія» формуються наступні компетентності із передбачених освітньою програмою:

Інтегральна компетентність

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми технічного і технологічного характеру, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов у виробничих умовах підприємств харчової промисловості та ресторанного господарства та у процесі навчання, що передбачає застосування теоретичних основ та методів харчових технологій.

Загальні компетентності

ЗК 01 Знання і розуміння предметної області та професійної діяльності.

ЗК 07. Здатність працювати в команді.

Спеціальні (фахові) компетентності

СК 03 Здатність організовувати та проводити контроль якості і безпечності сировини, напівфабрикатів та харчових продуктів із застосуванням сучасних методів.

СК 08. Здатність проводити дослідження в умовах спеціалізованих лабораторій для вирішення прикладних задач.

Навчальна дисципліна «Харчова хімія» забезпечує досягнення програмних результатів навчання (РН), передбачених освітньою програмою:

ПРН 2. Виявляти творчу ініціативу та підвищувати свій професійний рівень шляхом продовження освіти та самоосвіти.

ПРН 06. Знати і розуміти основні чинники впливу на перебіг процесів синтезу та метаболізму складових компонентів харчових продуктів і роль нутрієнтів у харчуванні людини.

ПРН 11. Визначати відповідність показників якості сировини, напівфабрикатів і готової продукції нормативним вимогам за допомогою сучасних методів аналізу (або контролю).

ПРН 18. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень, що виконуються індивідуально та/або у складі наукової групи.

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб. роб.	інд	С.р.		л	п	лаб. роб.	Інд.	С.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
І семестр												
Тема 1. Загальні основи харчової хімії Класифікація неорганічних сполук . Основні закони хімії. Типи хімічних зв'язків та кристалічних решіток у сполуках Хімія твердих речовин	22	6	1	2		13	17	-	-	-		17
Тема 2. Мінеральні речовини. Макроелементи і мікроелементи: мікробіогенні та ультрабіогенні речовини. рН середовище. Водний баланс.	20	4	1	4		11	21	-	-	2		19
Тема 3. Солі. Класифікація солей. Хімічні властивості Гідроліз Вміст у харчових продуктах. Норми споживання	23	6	2	4		11	23	2	-	2		19

Тема 4. Хімічна термодинаміка. Перший закон термодинаміки. Енергетичні ефекти хімічних Процесів Другий закон термодинаміки. Мимовільні, оборотні та незворотні хімічні процеси Третій закон термодинаміки . Ентропія і теплоємність	23	6	2	4		11	23	2	2	-		19
Тема 5. Дисперсні системи. Хімічний потенціал. Хімічна рівновага. Принцип Ле Шательє. Гомо- і гетерогенні системи. Типи розчинів та їх технологічне значення. Дисперсне середовище. Колоїдний розчин. Емульсії.	23	6	2	4		11	23	2	2	-		19
Тема 6 Органічні сполуки та їх значення у харчових продуктах Систематика органічних сполук. сполук. Азотовмісні речовини :аміни і амінокислоти. Структура і хімічні властивості. Гетероциклічні сполуки.	23	6	2	4		11	25	2	2	2		19
Тема 7. Спирти. Класифікація і будова простих та складних спирів. Хімічні властивості спиртів	23	6	2	4		11	23	-	2	2		19
Тема 8. Карбонові кислоти. Насичені, ненасичені, циклічні та ароматичні карбонові кислоти. Структура і хімічні властивості	23	6	2	4		11	25	2	2	2		19
Усього годин	180	46	14	30		90	180	10	10	10		150
ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ – ЗАЛІК												
II семестр												
Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	У тому числі					Усього	У тому числі				
		л	п	Лаб. роб.	Інд.	С.р.		л	п	Лаб. роб	Інд.	С.р.

Тема 9. Цукрози Класифікація. Будова та хімічні властивості вуглеводів. Моно- і дицукриди. Оптична ізомерія. Цукрози харчових продуктів	23	6	2	4		11	23	2	2	2		17
Тема 10. Ароматичні сполуки. Характеристика бензолу, фенолу та їх похіднихСтруктура і хімічні властивості	21	4	2	4		11	21	2	-	-		19
Тема 11. Біохімічні сполуки та їх значення у продуктах харчування.. Побудова білкової молекули.Типи структур білку. Класифікація білку та наявність його у харчових продуктах, функції. Обмін білків	23	6	2	4		11	25	2	2	2		19
Тема 12 . Поліцукриди як складова продуктів харчування. Будова і біохімічна характеристика Поліцукриди та пектинові сполуки харчових продуктів. Обмін поліцукридів.	23	6	2	4		11	21	-	-	2		19
Тема 13 Ліпіди. Класифікація і будова ліпідів. Гідрогенізація, гідрування та окислення жирів. Біологічна цінність жирів та їх функції Обмін жирів.	23	6	2	4		11	25	2	2	2		19
Тема 14. Ферменти Процес ферментації. Типологія ферментів. Вплив ферментів на протікання ферментативних реакцій.	19	4	2	2		11	21	-	2	-		19
Тема 15. Вітаміни. Класифікація та біохімічні властивості вітамінів	23	6	2	4		11	21	-	2	-		19
Тема 16. Загальні методи аналізу харчових продуктів. Біохімічний та розрахунковий методи Кондуктометричний метод. Поляриметрія. Рефрактометрія, фотометрія	25	6	2	4		13	23	2	-	2		19
Усього годин	180	44	16	30		90	180	10	10	10		150
ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ - ЕКЗАМЕН												

ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Тема 1. Загальні основи харчової хімії .

План.

1. Основні поняття і терміни харчової хімії. Класифікація неорганічних сполук
2. Основні закони хімії.
3. Типи хімічних зв'язків та кристалічних решіток у сполуках Хімія твердих речовин

Однією з головних проблем сьогодення є забезпечення людства продуктами харчування. Харчування, починаючи з моменту народження і до останнього дня життя людини, впливає на її організм. Інгредієнти продуктів харчування надходять до організму людини з їжею і перетворюються в структурні елементи клітин, забезпечуючи організм пластичним матеріалом та енергією, створюючи необхідну фізіологічну та розумову працездатність, визначаючи здоров'я, активність і тривалість життя людини, його здатність до відтворення.

Харчова хімія – це наука про хімічний склад харчових систем (сировини, напівфабрикатів, готових продуктів), його зміни у процесі технологічного потоку під впливом різних факторів (фізичних і хімічних) та загальні закономірностей цих перетворень. Вона включає дослідження взаємозв'язку структури і властивостей харчових речовин та її вплив на властивості і харчову цінність продуктів харчування.

Харчова хімія базується на досягненнях фундаментальних дисциплін: неорганічної, аналітичної, органічної, фізичної і колоїдної хімії та найтіснішим чином взаємодіє з біотехнологією, мікробіологією, широко використовує в своїй практиці різноманітні методи дослідження. В даний час це галузь знань, що бурхливо розвивається. Сьогодні всі основні напрями, що входять в область харчової хімії, націлені на створення сучасних технологій продуктів харчування..

Для нормального функціонування організму щоденний раціон повинен включати шість основних складових: білки, жири, вуглеводи, вітаміни, мінеральні речовини та воду. Харчові речовини можна умовно розділити на дві групи: речовини, які необхідні людині у великих кількостях, або макрокомпоненти (вода, білки, жири, вуглеводи), та речовини, які необхідні в менших кількостях, або мікрокомпоненти (вітаміни та мінеральні компоненти).

Білки є надзвичайно важливими речовинами та обумовлюють життя, ріст та розвиток цілого організму. Це пластичний матеріал для формування клітин і

міжклітинної речовини. Білки входять до складу гормонів, ферментів, антитіл, які забезпечують імунітет, беруть участь в обміні вітамінів, мінеральних речовин, в доставці кров'ю кисню, жирів, вуглеводів, вітамінів, гормонів. Значна роль білків обумовлена не тільки різноманітністю їх функцій, але й незамінністю їх іншими речовинами.

Жири мають досить високу калорійність та беруть участь в процесах обміну. Жири складають приблизно 33% добової енергетичної цінності раціону. Разом із жирами в організм надходять необхідні для життєдіяльності живого організму речовини: вітаміни А, D, Е, К і біологічно важливі фосфоліпіди (лецитин, холін). Дефіцит жирів в їжі послаблює імунітет.

Вуглеводи є основною частиною харчового раціону. Вони - головне джерело енергії організму (становлять 55% енергетичної цінності добового раціону). Вуглеводи використовуються в пластичних та інших процесах організму. Надмірне споживання вуглеводів призводить до порушення обміну речовин, що провокує розвиток цілої низки захворювань.

Вітаміни регулюють процеси обміну речовин, необхідні для формування ферментів, гормонів та ін. Вітаміни беруть участь в окисних процесах, внаслідок, яких з вуглеводів і жирів утворюються численні речовини, які використовуються організмом як енергетичний та пластичний матеріал.

Мінеральні речовини надзвичайно необхідні для життєдіяльності організму, хоча не мають енергетичної цінності. Потрапляють вони в організм з продуктами харчування у вигляді мінеральних солей. Нестача цих речовин у харчуванні може призвести до структурних та функціональних змін в організмі

Фундаментальними хімічними законами є Переодичний закон(властивості елементів і утворених ними простих речовин і складних речовин перебувають у переодичній залежності від величини заряду ядер їх атомів) , закон збереження маси та енергії(маса реагентів завжди дорівнює масі продуктів,загальна енергія енергія системи при цьому не змінюється),закон Авогадро(однакові об'єми будь –яких газів при однаковому тиску та температурі містять однакову кількість молекул),закон еквівалентів(маси речовин , які вступають у реакцію та утворюються після неї пропорційні молярним масам їхніх еквівалентів)

Хімічний зв'язок.

У природі будь-яка матеріальна система спонтанно намагається досягти стану, що характеризується мінімальною потенціальною енергією, тобто стану максимальної стабільності. Зв'язок, що утворюється між атомами однакових або різних елементів для досягнення енергетично стабільного стану називається хімічним зв'язком. За рахунок наявності зарядів протилежного знаку між двома атомами виникають сили притягання (ядро-електрони) і відштовхування (ядро-ядро; електрони-електрони). Зрозуміло, що система буде стійкою, якщо сили притягання переважають над силами відштовхування.

Рушійною силою утворення хімічного зв'язку є прагнення ізольованих атомів до виграшу в енергії, який досягається при їх об'єднанні в систему; стійкість системи забезпечується виникненням області підвищеної густини негативного електричного заряду в між'ядерному просторі.

При утворенні хімічного зв'язку найважливішими є електрони зовнішнього шару, тобто валентні електрони, які утримуються ядром найменш міцно. Саме тому будова електронної конфігурації атомів є визначальним чинником при утворенні хімічного зв'язку. Для пояснення причин утворення зв'язку Льюїс запропонував правило октету: Найбільш стабільними й енергетично вигідними є зовнішні оболонки атомів, які мають електронні конфігурації благородних газів, тобто такі, що містять два (у випадку найближчого до ядра енергетичного рівня) або вісім електронів.

Розрізняють п'ять основних типів зв'язку:

ковалентний, йонний, металевий, водневий і ван-дер-ваальсовий.

Основним типом внутрішньомолекулярного хімічного зв'язку є ковалентний. Це зв'язок, який формується за допомогою спільних електронних пар. Спільна електронна пара може однаково належати атомам, що взаємодіють між собою або зміщуватись в той чи інший бік, залежно від природи атомів, які взаємодіють між собою.

Для оцінки здатності атома елемента відтягувати до себе електрону густину, користуються наченням відносної електронегативності (ЕН). Чим більше значення ЕН атома, тим сильніше він притягує спільні електронні пари.

Якщо в сполучі з ковалентним зв'язком спільна електронна пара рівновіддалена від обох атомів, то такий зв'язок називають неполярним. Якщо ж спостерігають несиметричний розподіл електронної густини між атомами з різною ЕН зв'язок стає полярним. З ростом ΔEN ступінь

ковалентності зв'язку зменшується і зростає ступінь йонності зв'язку. У крайньому випадку такий зв'язок стає йонним.

Йонний зв'язок – міцний хімічний зв'язок, що утворюється між атомами, які мають суттєву відмінність у значенні електронегативності ($\Delta EN > 1,7$ за Полінгом) в результаті зміщення електронної густини до найбільш електронегативного атома. Між утвореними йонами виникає значне електростатичне притягання, утворюється йонний зв'язок.

Повного 100% зміщення електронної густини до атома з більшою ЕН не відбувається навіть в найбільш сполуках, з найбільш вираженим йонним характером. Це пояснюють, зокрема, впливом зарядів йонів, що утворилися, на електронні оболонки один одного, тобто їх взаємною поляризацією.

Основними характеристиками йонного зв'язку, на відміну від ковалентного, є ненапрявленість і ненасичуваність. Усі сполуки йонного типу мають високу розчинність в полярних розчинниках (вода, кислоти і т. д.).

Металевий зв'язок. У вузлах кристалічних ґраток металів знаходяться позитивні йони, а в міжвузлях – валентні електрони ("електронний газ", усупільнені електрони), за рахунок яких утримується зв'язок між йонами.

Усупільнені електрони здатні легко переміщуватися усередині кристалу. Навіть незначне прикладене збудження призводить до міграції електронів. Цим пояснюють високу тепло- і електропровідність металів.

Ван-дер-ваальсовий зв'язок – це найбільш універсальний вид міжмолекулярної взаємодії. Він відноситься до зв'язку невалентного типу, що виникає без передачі атомами електронів. Міжмолекулярні взаємодії здійснюються за допомогою кулонівських сил взаємодії між електронами і ядрами однієї молекули і ядрами та електронами іншої.

Можна виділити наступні сили, які здійснюють міжмолекулярну взаємодію: орієнтаційні (диполь-дипольна між полярними молекулами), індукційні, або поляризаційні (впливполярної молекули на неполярну) і дисперсійні (проявляються під час взаємодії частинок за рахунок виникнення миттєвих мікродиполів, індукованих рухом електронів і коливанням ядер).

Міжмолекулярна взаємодія не належить до хімічних зв'язків валентного типу. Вона зумовлює тільки зміну агрегатного стану, тобто перетворення речовини із газоподібного стану в рідкий та твердий і навпаки.

Водневий зв'язок (Н-зв'язок) є важливим типом міжмолекулярної взаємодії. Цей зв'язок виникає між молекулами, в яких атом Гідрогену зв'язаний з

атомами, що мають високе значення електронегативності та порівняно невеликий радіус (F, O, N).

Між такими молекулами виникають додаткові хімічні зв'язки невалентного типу, що називаються водневими. Утримуються такі зв'язки за рахунок сил електростатичного притягання. Чим більшою є ЕН елемента-партнера і меншим його розмір, тим міцнішим є утворений водневий зв'язок. Н-зв'язок є значно слабшим за ковалентний і тому легко руйнується. Розрізняють три види утворення хімічного зв'язку:

1. Між атомами металічних елементів.

Вони слабо утримують свої валентні електрони і намагаються від них позбутися. У результаті атоми втрачають електрони і перетворюються на позитивні йони. Електрони стають вільними. Утворюється металічний зв'язок.

Такий зв'язок утворюється в простих речовинах металів та їх сплавах: Fe, Al, Cu, Zn.

2. Між атомами неметалічних та металічних елементів.

Їх атоми намагаються приєднати електрони, яких не вистачає до завершення зовнішнього шару і забирають їх від атомів металічних елементів. Атоми металічних елементів перетворюються на позитивні йони, а атоми неметалічних — на негативні. Виникає йонний зв'язок.

Йонний зв'язок утворюється у складних речовинах, що складаються з атомів металічних і неметалічних елементів: NaCl, KI, CaO, BaBr₂.

3. Між атомами неметалічних елементів.

Атоми неметалічних елементів з однаковою силою намагаються приєднати до себе електрони від іншого атома. У результаті електрони об'єднуються у спільні електронні пари, утворюючи ковалентний зв'язок.

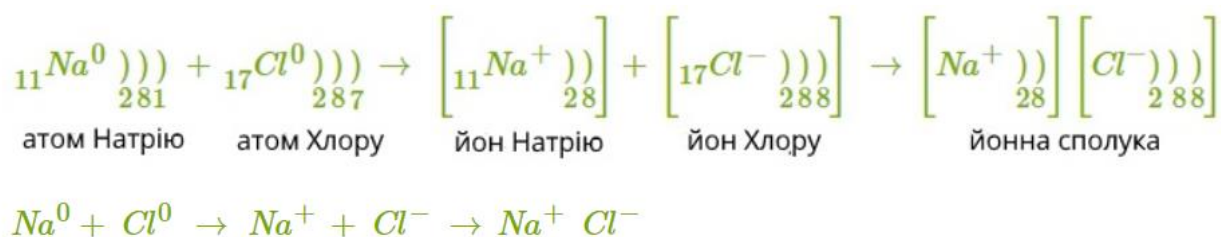
Такий вид зв'язку існує в простих речовинах неметалічних елементів та їх сполуках: H₂, O₂, HCl, H₂O.

Йони — заряджені частинки, в які перетворюються атоми, коли вони приєднують або віддають електрони.

Протилежно зарядженні йони, що утворилися, притягуються один до одного, утворюючи хімічний зв'язок, який називається йонним.

Йонний зв'язок — зв'язок між позитивно і негативно зарядженими йонами.

Розглянемо механізм утворення йонного зв'язку на прикладі взаємодії атомів Натрію і Хлору.



Позитивно заряджений йон називається катіон.

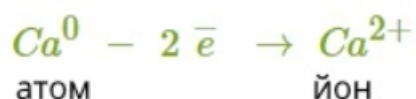
Негативно заряджений йон називається аніон.

Таке перетворення атомів на йони відбувається завжди при взаємодії атомів типових металів і типових неметалів, електронегативності яких суттєво відрізняються.

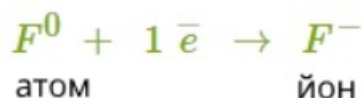
Йонний зв'язок утворюється в складних речовинах, що складаються з атомів металів і неметалів.

Взаємодія Кальція і Флуора.

1. Кальцій — елемент головної підгрупи другої групи. Йому легше віддати два зовнішніх електрони, ніж прийняти шість електронів, яких не вистачає до завершення зовнішнього рівня.



2. Флуор — елемент головної підгрупи сьомої групи. Йому легше прийняти один електрон, ніж віддати сім.



3. Знайдемо найменше спільне кратне між зарядами йонів, що утворюються. Воно дорівнює 2. Визначимо число атомів Флуору, які приймуть два електрони від атома Кальцію:

$$2 : 1 = 2.$$

4. Складемо схему утворення йонного зв'язку:

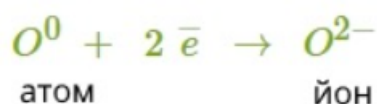


Взаємодія Натрію і Оксигену.

Натрій — елемент головної підгрупи першої групи. Він легко віддає один зовнішній електрон.



2. Оксиген — елемент головної підгрупи шостої групи. Йому легше прийняти два електрони, ніж віддати шість.

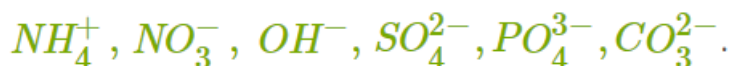


3. Знайдемо найменше спільне кратне між зарядами йонів, що утворюються. Воно дорівнює $2 : 1 = 2$. Визначимо число атомів Натрію, які віддадуть два електрони атому Оксигену: 2.

4. Складемо схему утворення йонного зв'язку:



За допомогою йонного зв'язку утворюються також сполуки, в яких є складні йони:



Отже, йонний зв'язок існує в солях і основах.

Солі амонію NH_4NO_3 , NH_4Cl , $(NH_4)_2SO_4$ не містять металу, але утворенні за допомогою йонного зв'язку.

Йони створюють навколо себе електричне поле, що діє у всіх напрямках. Тому кожен йон оточують йони протилежного знаку. Така сполука являє

собою величезну групу позитивних і негативних частинок, розташованих у певному порядку.

Хімія твердого тіла.

Хімія твердого тіла – розділ хімії, що вивчає будову, властивості та способи одержання твердих тіл. Вона займається кристалічними структурами та їх дефектами, специфічними гетерофазними реакціями, фазовими переходами, вивчає взаємозв'язок «склад-властивості-мікроструктура-структура», особливо загострюючись у випадках, коли молекули поведуться як корисні матеріали.

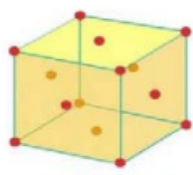
Самоограновування кристала. При поміщенні сфери з NaCl насичений розчин відбувається дивовижне явище – сіль відкладається на зародку з геометрично правильної структури, що тісно пов'язана з молекулярною. Упорядкованість визначається різними типами взаємодії у ґратах.

Кристалічні ґрати можуть бути класифіковані за елементарною сингонією осередки (формі кристалографічної системи координат) всього на 7 типів, які характеризуються своїми параметрами кристалічних ґрат. Кожен такий осередок можна розмножити у просторі так, щоб відтворити структуру всього кристала. Головне правило - упакувати атоми максимально близько один до одного, щоб енергетичний фактор мимовільності (залежить від енергії зв'язку) переважив несприятливий ентропійний.

Для металів існує 3 основних (але ними все не вичерпується) типу структурного укладання (названі за металами, на яких були відкриті):

Структурний тип Cu.

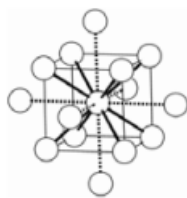
Координаційне число = 12



Ag, Au, Ca, Al, Pb, ...

Структурный тип α -Fe.

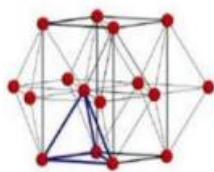
Координаційне число = 8 + 6 (тісний зв'язок із 8 кутовими атомами, менш тісна – з 6 центровими сусідніх осередків)



Li, Na, Zr, Cr, Mo, ...

Структурний тип Mg.

Координаційне число = 12



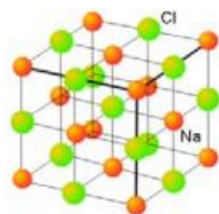
Be, Ca, Cd, Ti, Co, ...

З'єднання металів мають такі типи кристалічних ґрат, що відповідають найбільш сприятливому енергетичному фактору:

Структурний тип NaCl

КЧ = 6+6

Галогеніди, сульфіди, оксиди та нітриди металів.

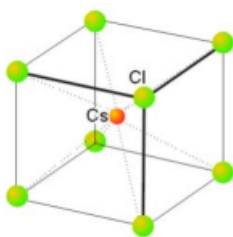


KCl, FeO, AgBr, EuS, PbS

Структурний тип CsCl

КЧ = 8

Галогеніди та халькогеніди металів (великі катіони), сплави.

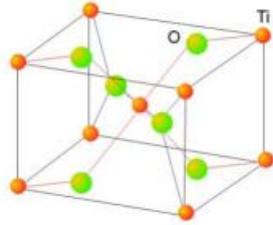


TlBr, CaSe, AuTi, CuZn, LiPb

Структурний тип TiO_2 (рутил)

$\text{КЧ} = 6$

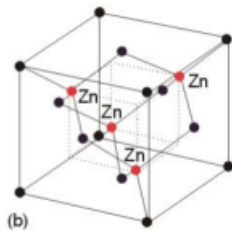
Оксиди, фториди та нітриди металів.



MgF_2 , CoF_2 , CrO_2 , MnO_2 , IrO_2 , Ti_2N

Структурний тип ZnS (Сфалерит)

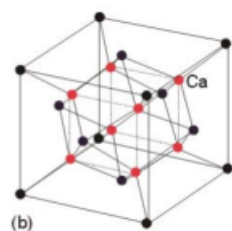
Халькогеніди, галогеніди та фосфіди металів.



CdTe , GdS , MnSe , AgI , AlP

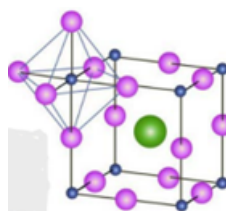
Структурний тип CaF_2

Фториди, гідриди, оксиди, сплави.



BaF_2 , PbO_2 , GdH_2 , PtAl_2 , AuIn_2

Структурний тип CaTiO_3 (Перовскіт) - найпоширеніший, для потрійних речовин, використовується в сонячних батареях (CsPbI_6), розумних матеріалах (BaTiO_3) та квантових точках. Структурний тип MgAl_2O_4 (шпинель). Оксиди та сульфід.



AgCoF_3 , TlMnCl_3 , BaCeO_3 , BaLiH_3

Тип структур визначає хімію твердофазних речовин, їх можна модифікувати, перетворюючи їх на інші речовини з іншими властивостями.

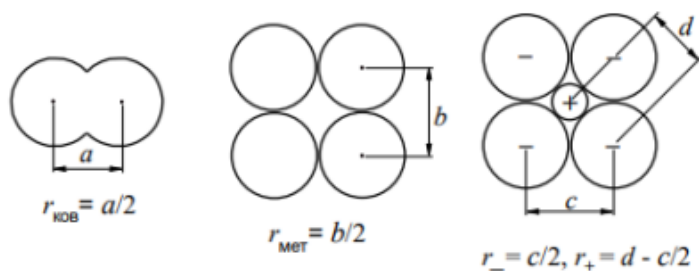
При роботі з конденсованими станами - стани, коли всі атоми та іони знаходяться на максимально близьких відстанях виникають незвичайні фізичні. Вони можуть призводити до появи цікавих властивостей.

Так, розчин FeSO_4 не має магнітними властивостями, а ось шматок заліза магнітиться, причому спини електронів у ньому орієнтуються в один бік за рахунок цих взаємодій.

Чимало кристалічних речовин складається безпосередньо з атомів, такі кристали можуть бути ковалентні, іонні та металеві.

Щоб передбачити відстані між атомами використовують радіуси різного типу:

- Ковалентний радіус – половина довжини зв'язку у простій речовині. Кратні зв'язки завжди коротше одинарних, тому при розрахунку їх довжин вводять спеціальні поправки або використовують спеціальні значення ковалентних радіусів. В принципі, можна і займатися комбінуванням.
- Металевий радіус – половина найкоротшої міждерної відстані у металевому кристалі (завжди більше ковалентних).
- Іонні радіуси: при приєднанні електронів до атома міжелектронне відштовхування у валентній оболонці посилюється, тому радіус аніону більше радіусу вихідного атома; розмір катіону ж менший за розмір атома, тому вважають, що при утворенні іонного кристала аніони укладаються впритул, а катіони заповнюють порожнечі, за радіус аніону беруть половину найкоротшої відстані між аніонами, а за радіус катіону - різницю між найкоротшим відстанню аніон-катіон і радіусом катіону.



Застосування знань хімії твердого тіла.

Біокераміка. Багато матеріалів мають також біологічне значення. Наприклад, для створення нетоксичних штучних імплантатів, їх необхідно покрити біокерамікою на основі фосфатів, подібних за структурою з гідроксилапатітом кістки.

Літій-іонні акумулятори. Структура таких акумуляторів - двошарува (зазвичай графіт і оксид кобальту або ванадія) між якими розташовується спеціальний шар (сепаратор), в якому можуть переміщатися іони літію і не можуть рухатися електрони. Цей матеріал має так звану іонну провідність. Шар оксиду кобальту або ванадія, поглинаючи іони літію, починає нести надмірний позитивний заряд, і якщо замкнути ланцюг, то в ньому почнеться рух електронів, що прагне вирівняти заряд, що виникає в оксидному шарі.

Цей електричний струм здійснює роботу, яку можна використовувати в корисливих цілях - такі акумулятори встановлюють у ноутбуках та телефонах.

Прикладаючи роботу електричного струму (заряджаючи акумулятор), ми проводимо зворотний процес. Перевага такого акумулятора у його довговічності. Мінуси: вогнебезпечність, зниження ємності на морозі.

Магнетоопір - зміна опору на кілька порядків при дії магнітного поля. Головну роль у цьому процесі грає кристалічна структура. Це явище використовують датчики магнітного поля.

Люмінесценція. При опроміненні речовини (фотолюмінесценція: люмінофори, фосфОри) або проходження через нього струму (електролюмінесценція) частина електронів перейде до зони провідності при релаксації речовина випромінюватиме іншу довжину хвилі. Іноді релаксація може відбуватися тривалий час, тому після опромінення свічення може продовжуватися тривалий час (зелені фосфОри, не має нічого спільного з елементом фосфором).

Питання для самоконтролю

1 Основні класи неорганічних сполук.

2 Загальні закони хімії.

3 Типи кристалічних решіток.

Тема 2. Мінеральні речовини

План

1. Макроелементи і мікроелементи: мікробіогенні та ультрабіогенні

речовини.

2.РН середовище. Водний баланс

Основною неорганічною речовиною живого організму є вода. Клітина містить від 40 % (механічна тканина рослин, жирова тканина тварин) до 99 % води (клітини медузи). Завдяки унікальним фізико-хімічним властивостям вода здійснює різноманітні функції.

Півторамісячний ембріон людини містить 97,5 % води, восьмимісячний – 83 %, у немовляти вода становить 74 %, а у дорослої людини – близько 60 % маси тіла.

Уся вода, що є в організмі, поділяється на внутрішньоклітинну й позаклітинну.

Обидва види води існують у двох варіантах: а) фракція води, здатна до обміну; б) фракція води, зв'язана в колоїдних системах із молекулами органічних речовин (білків, жирів, вуглеводів).

У внутрішньоклітинному просторі знаходиться приблизно 28 л води, а у позаклітинному – 14 л (плазма займає 4 л, а мезенхімальна рідина, що заповнює міжклітинний простір – 10 л). Таким чином, близько 20 % загальної маси тіла складає позаклітинна рідина.

Добове споживання води становить у середньому 2,5 л, і стільки ж води виділяється назовні головним чином із сечею.

Тканини й клітини використовують два види води: екзо- та ендогенну.

Потреба організму у воді залежить від низки факторів, серед яких основними є вік, інтенсивність обмінних процесів, м'язова діяльність, функціональний стан нирок, температуранавколишнього середовища та тіла, склад їжі тощо.

Доросла людина потребує в середньому 40 г води на 1 кг маси тіла, для дитячого організму ця величина приблизно втричі вища — від 70 до 150 г на 1 кг маси тіла.

За добу до організму в нормальних умовах надходить близько 2,5 л води, включаючи екзо- й ендогенну.

Екзогенна (зовнішня) надходить із продуктами харчування та напоями.

Ендогенна (внутрішня) засвоюється в організмі при розпаді білків, вуглеводів і особливо жирів.

Зокрема, при окисненні 100 г жиру утворюється 107 мл води, 100 г білка – 41 мл води, 100 г вуглеводів – 55 мл води.

Вода не є поживною речовиною, але вона життєво необхідна, як стабілізатор температури тіла, переносник нутрієнтів (поживних речовин) і травних відходів, реагент і реакційне середовище в ряді хімічних перетворень. Крім того, вода формує органолептичні показники продукту.

Вміст вологи (%) у харчових продуктах змінюється в широких межах: від 5 – 15% в борошні, сухому молоці, маслі, маргарині до 85 – 95% у молоці, фруктах, овочах, пиві, соках.

Питна вода повинна мати наступні властивості, визначені державними стандартами:

- хороші органолептичні властивості (прозорість, відносно низька температура, хороший освіжаючий смак, відсутність запахів, неприємних присмаків, забарвлень, видимих неозброєним оком включень та ін.);
- оптимальний природний мінеральний склад, який забезпечує хороші смакові якості води, отримання деяких необхідних організму макро- і мікроелементів;
- токсикологічна нешкідливість (відсутність токсичних речовин в шкідливих для організму концентраціях);
- епідеміологічна безпечність (відсутність збудників інфекційних захворювань, гельмінтозів тощо);
- радіоактивність в межах встановлених рівнів.

Мінеральні речовини.

В організмі людини виявлено понад сімдесят хімічних елементів. Загальна кількість мінеральних речовин в організмі людини складає близько 4,5 % його маси. За кількісним вмістом вирізняють 2 групи хімічних елементів, поділені на підгрупи:

1. Макроелементи із вмістом в організмі більше 0,01% маси тіла.

А. Макробіогенні, вміст більше 1% (Оксиген, Карбон, Гідроген, Нітроген, Кальцій, Фосфор).

Б. Олігобіогенні, вміст від 0,01 до 1% (Натрій, Калій, Хлор, Сульфур, Магній).

2. Мікроелементи із вмістом менше 0,01% маси тіла.

А. Мікробіогенні, вміст їх в організмі менше 0,01% (Ферум, Цинк, Манган, Купрум, Фтор, Бром, Йод, Кобальт).

Б. Ультрабіогенні, вміст їх в організмі складає 10-4-10-6% від маси тіла (Бор, Літій, Алюміній, Кремній, Хром та ін.).

Організм людини містить мінеральні солі. Ці неорганічні речовини підтримують в середині клітини стан рН, забезпечують її нормальне функціонування, утворюють опорні органи, хітиновий панцир, кістки.

В цитоплазмі клітин більшість солей знаходиться в дисоційованому стані в вигляді катіонів і аніонів.

В організмі мінеральні речовини містяться в протоплазмі і біологічних рідинах, відіграють основну роль у забезпеченні сталості осмотичного тиску в клітинах і тканинах. Вони входять до складу органічних сполук (наприклад гемоглобіну, гормонів, ферментів), є пластичним матеріалом для побудови кісткової і зубної тканини.

У вигляді іонів мінеральні речовини беруть участь у передачі нервових імпульсів та інших фізіологічних процесах організму.

Залежно від кількості мінеральних речовин в організмі людини і харчових продуктах їх поділяють на макро- і мікроелементи.

Так, якщо масова частка елемента в організмі перевищує 10-2 %, то його слід вважати макроелементом. Частка мікроелементів в організмі становить 10-5–10-3 %.

Якщо вміст елемента нижче 10-5 %, його вважають ультрамікроелементом.

До найбільш дефіцитних мінеральних речовин у харчуванні сучасної людини відносяться кальцій і залізо, до надлишкових – натрій і фосфор.

Дефіцит мінеральних речовин, як правило, пов'язаний з незбалансованим харчуванням. Однак порушення обміну мінеральних речовин може мати місце навіть при їх достатній кількості в їжі.

Це відбувається у разі:

а) застосування методів кулінарної обробки харчових

продуктів, які обумовлюють втрати мінеральних речовин, наприклад, при розморожуванні в гарячій воді або при видаленні відварів овочів і фруктів, куди переходять розчинні солі;

б) відсутність своєчасної корекції складу раціонів при зміні потреби організму в мінеральних речовинах, пов'язаної з фізіологічними причинами. Так, наприклад, у людей, що працюють в умовах підвищеної температури зовнішнього середовища, збільшується потреба в калії, натрії, хлорі та інших мінеральних речовинах у зв'язку з тим, що більша їх частина виводиться з організму з потом;

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

Фізіологічна роль окремих макроелементів.

Кальцій. Це основний структурний компонент кісток і зубів; необхідний для згортання крові, бере участь у регуляції проникності клітинних мембран, в молекулярному механізмі м'язових скорочень.

Кальцій належить до елементів, які важко засвоюються.

При недостатньому споживанні кальцію або при порушенні всмоктування його в організмі спостерігається підвищене виведення його з кісток і зубів. У дорослих розвивається остеопороз – демінералізація кісткової тканини, у дітей порушується становлення скелета, розвивається рахіт.

Кращими джерелами кальцію є молоко і молочні продукти, різні сири, зелена цибуля, петрушка, квасоля.

Магній. Цей елемент необхідний для активності ряду ключових ферментів, бере участь у підтримці нормальної функції нервової системи і м'яза серця; має судинорозширюючу дію; стимулює жовчовиділення; підвищує перистальтику (рухову активність) кишечника.

При нестачі магнію порушується засвоєння їжі, затримується ріст, в стінках судин відкладається кальцій, розвивається ряд інших патологічних явищ.

Магнієм багаті в основному рослинні продукти: пшеничні висівки, різні крупи, бобові, урюк, курага, чорнослив.

Калій. Він разом з іншими солями забезпечує осмотичний тиск; бере участь у регуляції водно-сольового обміну; кислотнолужної рівноваги; сприяє виведенню води і шлаків з організму; бере участь у регуляції діяльності серця та інших органів. Він добре всмоктується з кишечника, а надлишок калію швидко видаляється з організму з сечею.

Багатими джерелами калію є рослинні продукти:

урюк, чорнослив, родзинки, шпинат, морська капуста, квасоля, горох, картопля та ін.

Натрій. Він бере участь у підтримці осмотичного тиску в тканинних рідинах і крові; водно-сольового обміну; кислотнолужної рівноваги. Цей нутрієнт легко всмоктується з кишковика. Іони натрію викликають набухання колоїдів тканин. В основному іони натрію надходять в організм за рахунок кухонної солі – NaCl.

Фосфор. Цей елемент бере участь у всіх процесах життєдіяльності організму: регуляції обміну речовин; входить до складу нуклеїнових кислот; необхідний для утворення АТФ. У тканинах організму і харчових продуктах фосфор міститься у вигляді фосфорної кислоти та її органічних сполук (фосфатів).

Основна його маса знаходиться в кістковій тканині у вигляді фосфорнокислого кальцію. При тривалому дефіциті фосфору в харчуванні знижується розумова і фізична працездатність.

Велика кількість фосфору міститься в продуктах тваринного походження, особливо в печінці, ікрі, а також в зернових і бобових.

Сульфур. Значення цього елемента в харчуванні визначається, в першу чергу, тим, що він входить до складу білків у вигляді сірковмісних амінокислот (метіоніну та цистеїну), а також є складовою частиною деяких гормонів і вітамінів.

Вміст сірки зазвичай пропорційний вмісту білків у харчових продуктах, тому її більше в тваринних продуктах, ніж у рослинних.

Хлор. Цей елемент бере участь в утворенні шлункового соку, формуванні плазми. Цей нутрієнт легко всмоктується з кишковика.

Надлишок хлору накопичується в шкірі. Добова потреба в хлорі становить приблизно 5г. Хлор надходить в організм людини в основному у вигляді хлористого натрію.

Роль окремих мікроелементів.

Ферум. Цей елемент необхідний для біосинтезу сполук, забезпечує дихання, кровотворення; він бере участь в окисновідновних реакціях; входить до складу цитоплазми, клітинних ядер. Потреба дорослої людини у Ферумі з надлишком задовольняється звичайним раціоном. У легкозасвоюваній формі залізо міститься тільки в м'ясних продуктах, печінці, яєчному жовтку.

Купрум. Купрум відіграє роль в утворенні еритроцитів, розвитку скелета, центральної нервової системи та сполучної тканини. Зазвичай Купрум сполучений з білками, що входять до складу еритроцитів і плазми крові.

Купрум широко поширений в харчових продуктах і в достатку забезпечується добовим раціоном. Надмірне споживання Купрум призводить до подразнення і роз'їдання слизових оболонок, ураження капілярів, печінки і нирок.

Йод. Йод є необхідним елементом, бере участі в утворенні гормону тироксину. При недостатності йоду розвивається зобна хвороба – захворювання щитовидної залози. Добова потреба в йоді часто не забезпечується добовим раціоном. Найбільш багаті йодом продукти моря.

Фтор. Фтор бере участь у формуванні зубної емалі і входить до складу скелета. Для людини і нестача і надлишок фтору погано.

У першому випадку відбувається руйнування зубної емалі. При надлишку фтору в організмі його солі накопичуються в кістках, що призводить до остеохондрозу, тобто огрубінню суглобів, утворення кісткових наростів.

Для профілактики і лікування карієсу зубів використовують різні зубні пасти, порошки, еліксири, жувальні гумки тощо, які містять фтор.

Цинк. Даний мікроелемент бере участь у біосинтезі білка і метаболізму нуклеїнових кислот. Цинк дуже важливий для процесів травлення і засвоєння поживних речовин, так як цинк забезпечує синтез найважливіших травних ферментів у підшлунковій залозі.

Добова потреба в цинку цілком задовольняється звичайним раціоном. Переважно міститься в тваринних продуктах, а також у бобових.

Селен і молібден входять до складу ферментів оксидоредуктаз, селен сприяє засвоєнню йоду. Молібден гальмує розвиток карієсу.

Селеном багаті зернові продукти, м'ясо (особливо субпродукти), продукти моря. Найбільш багаті молібденом різні види овочів (наприклад бобові) і внутрішні органи тварин.

РН фактор.

Водневий (рН-фактор) - це значення активності іонів водню в розчині, що виражає його кислотність в кількісному еквіваленті. Оптимальне значення кислотності дуже умовне, тому ще для різних середовищ показник

відрізняється. Наприклад більшість рослин воліють слабокислу середу зростання. Ідеальним для флори вважається показник кислотності ґрунту 5.5-6.5 рН. Якщо цей показник нижчий, рослини втрачають можливість поглинати корисні для зростання компоненти. Тому одразу домовимося, що «добрий» чи «поганий» рівень рН – це суб'єктивне поняття. але в

електричному полі набувають напрямленого руху: катіони рухаються до негативного електроду (катода), аніони – до позитивного електроду (анода).

При звичайних умовах значення рН знаходиться в діапазоні 0-14 одиниць. У чистій воді, при нейтральному значенні рН, концентрація позитивних іонів ідентична концентрації негативних іонів та складає 1×10^{-7} моль на літр. Максимальне значення дорівнює 14. Але іноді кислотність може виходити за рамки 14 одиниць. Можна сказати, що рН це показник який допомагає виявити кількість іонів водню в речовині, щоби відповісти, який саме склад їй притаманний – лужний чи кислотний. Шкалу потенціалу іонів водню створив датський біохімік Сорен Петер Лауриц в далекому 1901 році, проводячи дослідження амінокислот, ферментів та білків. Так як концентрація водню впливала на ферментацію, було необхідно створити спосіб її обчислення. Сорен створив шкалу від 1 до 14, де значення від 1 до 6 означає що середа більш кисла, а рівень від 8 до 14 сигналізує про лужну природу речовини.

Точне значення рН розчинів можна розрахувати або експериментально визначити за допомогою спеціальних електрохімічних методів. Однак для наближеного знаходження величини рН користуються індикаторами (від лат. слова *indicator* – той, хто вказує). Індикатор – це хімічна сполука, яка дозволяє візуалізувати досягнення системою певного стану з відповідною величиною рН середовища, що виявляється у виникненні помітної ознаки (змінення забарвлення, випадіння осаду, поява люмінісценції тощо).

Існує декілька груп індикаторів, кожна з яких має своє призначення. Так, для визначення рН розчину використовують здебільшого кислотно-основні індикатори – найчастіше це складні органічні кислоти чи основи, які змінюють своє забарвлення залежно від реакції середовища. До основних кислотноосновних індикаторів відносять фенолфталеїн, метиловий оранжевий, лакмус та універсальний індикатор.

Питання для самоконтролю

1. Макро і мікро елементи. Характеристика і значення.

2.РН середовища.

Тема 3. Солі

План

1.Класифікація солей.

2Хімічні властивості

3Гідроліз солей

4. Вміст у харчових продуктах. Норми споживання

Солі — хімічні сполуки кристалічної будови. Вони складаються з катіонів металів (або катіонів амонію NH_4^+) і аніон-радикалів кислоти. Наприклад, у добре відомій кухонній солі, також відомої як хлорид натрію (NaCl), катіоном є іон натрію Na^+ , а аніоном є іон хлориду Cl^- . Переважна більшість солей має кристалічну будову. Однак природі відомі певні молекули солі, які не є кристалічними, незважаючи на те, що вони тверді. Прикладом такої речовини є дифосфат станиму (II)(V): $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{O}_7$. Існують також солі, які знаходяться в рідкому стані при кімнатній температурі, наприклад фторид сурми (V): SbF_5 .

За структурою окремої солі ми розрізняємо:

Солі оксикислот.

Це хімічні сполуки, аніони яких походять від таких кислот, як азотна (V), діоксонітратна (III), тетраоксосульфатна (VI), вугільна та тетраоксофосфорна (V) кислоти, а також інші оксикислоти.

Гідрацидні солі.

Це похідні гідрацидів (водні розчини відповідних гідридів елементів 16 і 17 груп періодичної системи).

Подвійні та потрійні солі.

Вони відрізняються тим, що в їх структурі містяться відповідно два або три різних катіони, пов'язані з кислотним радикалом.

Кислі солі.

Також називають кислими солями. Їх отримують з таких кислот, у яких не всі атоми водню заміщені катіонами металів.

Основні солі.

Основними називають такі солі, в яких не всі атоми гідроксиду заміщені аніон-радикалом кислоти.

Гідрати.

Гідрати – це гідратовані солі, тобто солі, які додатково зв’язані з однією або декількома молекулами води у своїх кристалічних решітках.

Номенклатура солей.

При складанні назв солей дотримуються наступної схеми:

назва металічного елемента у називному відмінку + назва кислотного залишку: кальцій сульфат, натрій нітрат, алюміній ортофосфат, тощо.

Те, який суфікс застосовують у назві солі, залежить від цілого ряду чинників, а саме:

- 1) якщо до складу солі входить кислотний залишок безоксигенової кислоти (наприклад, хлоридної, (соляної) HCl), тоді використовується суфікс –ид (наприклад, хлорид);
- 2) якщо до складу солі входить кислотний залишок кислоти, в назві якої є закінчення –а (наприклад, сульфатна H_2SO_4), у назві солі використовується суфікс –ат (наприклад, сульфат);
- 3) якщо до складу солі входить кислотний залишок кислоти, в назві якої є суфікс –ист (наприклад, сірчиста H_2SO_3), у назві солі використовується суфікс –іт (наприклад, сульфіт).

Якщо до складу солі входить металічний елемент, що має змінну валентність, то його валентність у даній сполуці вказують римськими цифрами в дужках одразу (без пробілу) після назви металу.

Існують солі, до складу яких замість металічного хімічного елемента входить одновалентна група амонію NH_4I (йон амонію NH_4^+).

$\overset{II}{Ca}\overset{I}{Cl}_2$ — кальцій хлорид;

$\overset{II}{Fe}\overset{II}{S}$ — ферум(*II*) сульфід;

$\overset{III}{Fe}_2(\overset{II}{SO}_4)_3$ — ферум(*III*) сульфат;

$\overset{I}{Na}_2\overset{II}{SO}_3$ — натрій сульфіт.

При нормальних умовах солі — тверді кристалічні речовини. У солей типових металів йонна кристалічна решітка, тому вони мають порівняно високу температуру плавлення і є нелеткими.

Забарвлення солей є досить різноманітним. Кристали деяких солей є безбарвними, інші — можуть мати найрізноманітніше забарвлення.

Розчини солей добре проводять електричний струм.

Складаючи формулу солі, треба на першому місці записати катіон металічного елемента, на другому місці — аніон кислотного залишку. Знайти найменше спільне кратне чисел валентності металічного елемента і кислотного залишку. Найменше спільне кратне поділити на валентність металічного елемента і кислотного залишку. Одержані числа записати індексами.

Назва солі складається наступним чином: вказується металічний елемент у називному відмінку, після чого додається назва кислотного залишку. Якщо метал має змінну валентність, то після назви (без пробілу) у дужках римськими цифрами вказується його валентність.

Представником органічних кислот є оцтова кислота CH_3COOH . Хоча в молекулі цієї кислоти чотири атоми Гідрогену, лише один з них (що входить до складу групи COOH) може бути заміщений металом. Тому кислотний залишок оцтової кислоти є одновалентним.

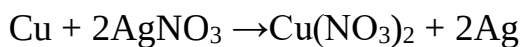
Назва кислоти	Формула кислоти	Формула кислотного залишку	Назва солі цієї кислоти
Флуоридна (фторидна, фтороводнева, плавикова)	HF	$-F$	флуорид
Хлоридна, (хлороводнева, соляна)	HCl	$-Cl$	хлорид
Бромідна (бромводнева)	HBr	$-Br$	бромід
Йодидна (йодоводнева)	HI	$-I$	йодид
Карбонатна (вугільна)	H_2CO_3	$= CO_3$	карбонат
Силікатна (кремнієва)	H_2SiO_3	$= SiO_3$	силікат
Нітратна (азотна)	HNO_3	$-NO_3$	нітрат
Нітритна (азотиста)	HNO_2	$-NO_2$	нітрит
Ортофосфатна	H_3PO_4	$\equiv PO_4$	ортофосфат
Метафосфатна	HPO_3	$-PO_3$	метафосфат
Сульфатна (сірчана)	H_2SO_4	$= SO_4$	сульфат
Сульфїтна (сірчиста)	H_2SO_3	$= SO_3$	сульфїт
Сульфїдна (сірководнева)	H_2S	$= S$	сульфїд

Хімічні властивості солей.

1. метал + сіль

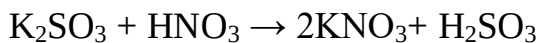
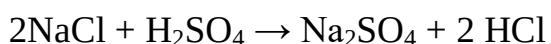
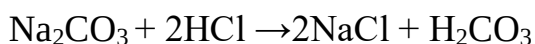
Відомо, що ті метали, які стоять лівіше того металу, який входить до складу солі, витісняє його з солі.

Наприклад:



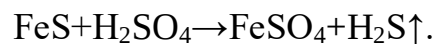
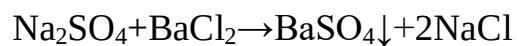
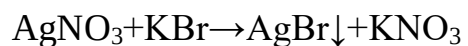
2. кислота і сіль

Солі реагують ще й з кислотами. Пригадайте, що утворюється при взаємодії кислоти з сіллю.



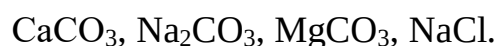
3. сіль + луг

Для солей характерна ще одна властивість, це взаємодія з іншими солями. Реакції обміну між двома солями відбуваються за умов, якщо (утворюється нова сіль – осад або газ.).

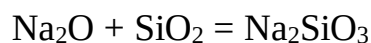


Одержання солей у промисловості:

1) Із природних сполук:

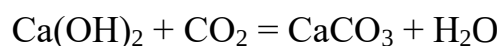


2) Шляхом сплавлення оксидів:

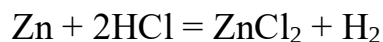


Лабораторні способи одержання солей:

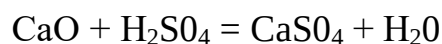
1) Шляхом взаємодії кислотних оксидів з розчинами лугів:



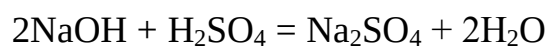
2) Шляхом розчинення металів у кислотах:



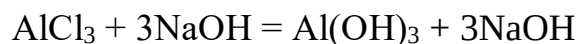
3) Шляхом взаємодії основних оксидів з кислотами:



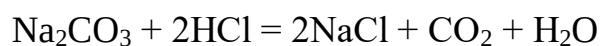
4) Шляхом взаємодії основ і кислот:



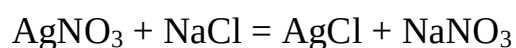
5) Шляхом взаємодії солей з основами:



6) Шляхом взаємодії солей з кислотами:



7) Шляхом взаємодії розчинів солей:



Поширеність солей у природі.

Солі, поряд з оксидами, є одними з найпоширеніших у земній корі сполук.

Солі в атмосфері Землі.

Чисте повітря солей не містить. Проте, у реальних природних умовах в атмосферу Землі щорічно потрапляють мільйони тон пилу, що утворюється в результаті руйнування ґрунтового покриву, виверження вулканів, випаровування води з крапельок, що піднімаються з поверхні соляних озер, морів і океанів. Значну частину маси цього пилу утворюють саме солі: карбонати, хлориди, сульфати, тощо.

Солі в гідросфері.

У природних водах солі містяться в розчиненому вигляді. В океанічній воді вміст розчинених речовин у середньому становить 35 г/л, причому з цього на частку натрій хлориду NaCl припадає близько 27 г/л.

У водоймах, вода яких вважається прісною, солоність не перевищує 0,1 %. У цілому, крім хлоридів, природні води містять сульфати, гідрогенкарбонати, солі, які містять йони металічних елементів Натрій, Калій, Кальцій, Магній, та інші.

Наявність у воді солей кальцію і магнію зумовлює жорсткість води.

Солі в літосфері.

Солі — найважливіша складова частина багатьох мінералів і гірських порід. Одними з найпоширеніших сполук є кальцій і магній карбонати. Вони складають основу мінералів кальциту CaCO_3 та доломіту $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Купрум(II) гідроксидкарбонат $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ утворює мінерал малахіт.

Кальцій карбонат становить основу таких гірських порід, як крейда, мармур і вапняк.

Метали, які мають високу хімічну активність, найчастіше в природі зустрічаються у вигляді хлоридів. Наприклад, натрій хлорид NaCl утворює мінерал галіт і гірську породу, яка називається кам'яною сіллю, а калій хлорид KCl утворює мінерал сильвін.

Натрій хлорид незамінний у приготуванні їжі. Крім того він є важливою сировиною в хімічній промисловості для добування хлору, хлоридної і кислоти, натрій гідроксиду та соди. В природі він перебуває у вигляді мінералу галіту, а також у великій кількості міститься у воді морів, океанів та солених озер.

Натрій карбонат (Na_2CO_3) більше відомий як сода, у природі зустрічається у вигляді кристалогідрату $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (кристалічної соди), з неї добувають безводну сіль — кальциновану соду. Сода є ефективним засобом для миття і чищення посуду, прання білизни.

Калій перманганат. (KMnO_4), у побуті відомий як марганцівка, є цінною речовиною, що використовується як дезінфекційний засіб та для промивання шлунка при отруєннях. Калій перманганат є також цінним реактивом в лабораторній практиці. Широке застосування мають солі нітратної кислоти — нітрати (в промисловості їх також називають селітрами). Нітрати Калію, Натрію та Кальцію входять до складу пороху та інших піротехнічних сумішей, використовується для добування кисню в лабораторії. В сільському господарстві широко використовуються нітратні добрива.

Солі в біосфері.

Солі містяться в організмах живих істот. Наприклад, солі натрію і калію містяться у цитоплазмі як тваринних, так і рослинних клітин. Кальцій ортофосфат $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ складає мінеральну основу кісткової тканини. Кальцій карбонат CaCO_3 — головна мінеральна складова частина яєчної шкаралупи і перламутру, утворює раковини молюсків і перлини

Вплив технологічної обробки харчових продуктів на їх мінеральний склад.

Під час технологічної переробки харчової сировини зменшується вміст мінеральних речовин (крім випадків з додаванням харчової солі). При надмірному споживанні хлористого натрію відбувається затримка води в організмі ускладнюється діяльність серцевосудинної системи, підвищується кров'яний тиск.

Доросла людина щодня споживає до 15 г кухонної солі. Цей показник без шкоди для здоров'я можна знизити до 5 г на добу.

Деяка частина мінеральних речовин втрачається з відходами. Наприклад, у крупах і борошні після відповідної обробки зерна вміст мінеральних речовин зменшується так як у видалених оболонках і зародку цих компонентів більше, ніж у цілому зерні.

Так, в зерні пшениці і жита вміст вільних елементів складає біля 1,7%, а в борошні в/с — 0,5%, обойному — 1,5%.

При очищенні овочів і картоплі втрачається 10-30% мінеральних речовин. Якщо їх піддають тепловій кулінарній обробці, то в залежності від технології (варіння, тушкування, смаження) втрачається від 5 до 30%. М'ясні, рибні і пташині продукти, в основному, втрачають макроелементи (Са і Р) під час відділення м'якоті від кісток.

У випадку теплової кулінарної обробки (варіння, смаження, тушкування) м'ясо втрачає від 5 до 50% мінеральних речовин. Але якщо обробку вести в присутності кісток, вміст Са можливо підвищити на 20%.

В технологічних процесах за рахунок неякісного металу устаткування в кінцевий продукт може переходити деяка його кількість. Так, під час виробництва хліба, а саме тістоприготування в результаті його контакту з устаткуванням вміст феруму може підвищуватися до 30%. Це процес небажаний, оскільки із ферумом можуть переходити і токсичні елементи, які є в цьому устаткуванні.

Тривале зберігання консервів у жерстяних банках (спаяних) приводить до переходу в продукт таких токсичних елементів як плюмбум, станум, кадмій. Але це відбувається у разі неякісного припою, чи порушенні захисного шару лаку.

Слід пам'ятати, що ряд металів (Fe, Cu) навіть у невеликих кількостях можуть визвати небажане окиснення продуктів, особливо це стосується жирів і жировмісних продуктів. Наприклад, при концентрації заліза 1,5 мг/кг і міді 0,4 мг/кг за тривалого зберігання вершкового масла і маргаринів ці метали викликають їх згіркнення.

Питання для самоконтролю

- 1.Хімічні властивості солей
- 2.Використання у харчуванні.

Тема 4. Хімічна термодинаміка

План

- 1.Перший закон термодинаміки.Енергетичні ефекти хімічних процесів
- 2.Другий закон термодинаміки.Мимовільні, оборотні та незворотні хімічні процеси
- 3.Третій закон термодинаміки . Ентропія і теплоємність

Термодинаміка - наука, що вивчає закономірності перетворення теплоти, роботи та інших форм енергії одна в одну. Хімічна термодинаміка:

1. Вивчає енергетичні ефекти хімічних процесів
2. Вивчає можливість перебігу тих чи інших процесів
3. Визначає умови протікання того чи іншого процесу

Поняття часу в термодинаміці фактично немає, вона розглядає лише що станеться за мільйон років або за секунду.

Температура - властивість системи, що кількісно виражає інтуїтивне поняття про різного ступеня нагрітості тел. Сенс вимірювання температури медичним термометром полягає в «нульовому законі» термодинаміки (Фаулер, 1931, сформульований після II та I законів, по-іншому він називається законом термічного рівноваги): «дві системи, що знаходяться в термічній рівновазі з третьою системою, що перебувають у термічному рівновазі один з одним».

По суті, закон описує транзитивність термодинамічної рівноваги, яка дозволяє виміряти температуру у різних людей та отримати порівнянні цифри (термометр - мала вимірювальна система, вона мала для того, щоб не вплинути на температуру людини, при цьому сама вона змінює свою температуру значно).

Перший закон термодинаміки є математичним вираженням кількісної сторони фундаментального закону природознавства — закону збереження енергії — у застосуванні до термодинамічних систем.

Спираючись на прецедентні дослідження, проведені в середині XIX ст., англійський фізик Джоуль та німецький Майєр, і найповніше Гельмгольц, установили закономірність, згідно з якою кількість енергії в природі незмінна, вона лише переходить від одних тіл до інших або перетворюється з одного виду в інший.

Ці твердження називають законом збереження і перетворення енергії. Цей закон універсальний та застосовний до всіх явищ природи.

У термодинаміці розглядаються тіла, положення центра мас яких майже не змінюється. Механічна енергія таких тіл залишається незмінною. Змінюватися може лише внутрішня енергія U . Зміна U тіла може відбуватися за рахунок виконання роботи A або теплопередачі. У загальному випадку у разі переходу системи з одного стану в інший U змінюється одночасно як за

рахунок виконання роботи, так і за рахунок теплопередачі. Саме для таких загальних випадків і застосовують перший закон термодинаміки:

Зміна ΔU внутрішньої енергії системи під час її переходу з одного стану в інший дорівнює сумі роботи зовнішніх сил A' і кількості теплоти, що передається системі Q :

$$\Delta U = A' + Q.$$

Якщо система ізольована, робота над нею не виконується ($A = 0$) і вона не обмінюється теплотою з навколишніми тілами ($Q = 0$), отже, $\Delta U = 0$.

Якщо врахувати, що $A' = -A$, то вираз першого закону термодинаміки набуде вигляду

$$Q = \Delta U + A$$

Отже, кількість теплоти Q , що передається системі, витрачається на зміну її внутрішньої енергії U і на виконання системою роботи над зовнішніми тілами.

Внутрішня енергія змінюється внаслідок виконання роботи і шляхом теплообміну. В кожному стані система має певну внутрішню енергію U . Робота і кількість теплоти не містяться в тілі, а характеризують зміни його U .

Застосуємо перший закон термодинаміки до різних процесів, зокрема до тих, під час перебігу яких одна з фізичних величин залишається незмінною (ізопроесів).

Якщо термодинамічною системою є ідеальний газ і його об'єм не змінюється, (ізохорний процес), то $A' = 0$, а зміна внутрішньої енергії дорівнюватиме кількості теплоти:

$$Q = \Delta U + A$$

$$Q = c_v m \Delta T = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T + 0$$

$$c_v = \frac{3R\Delta T}{2\mu}$$

Звідки легко отримати значення молярної теплоємності газу в ізохорному процесі:

$$C_{v\mu} = \frac{3}{2} R$$

Можна зробити висновок: кількість теплоти для нагрівання 1 моля одноатомного ідеального газу на 1 К в ізохорному процемі є величина стала.

Ізотермічний процес. Якщо $T = \text{const}$ внутрішня енергія системи не змінюється. Уся передана газу кількість теплоти витрачається на виконання роботи над зовнішніми тілами. Отже, тепло система отримує (або віддає) а внутрішня нерегія (і температура) залишається незмінною. Це означає лише одне - в ізотермічному процесі теплоємність газу (питома, молярна) рівна або $+\infty$, або $-\infty$

$$A = p\Delta V$$

$$A = \frac{m}{\mu} R \Delta T$$

$$Q = A$$

Ізобарний процес. Кількість теплоти Q , передана газу за сталого тиску, витрачається на зміну його внутрішньої енергії і на виконання ним роботи над зовнішніми тілами.

$$Q = c_p m \Delta T$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T$$

$$A = \frac{m}{\mu} R \Delta T$$

$$c_p m \Delta T = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T + \frac{m}{\mu} R \Delta T = \frac{5}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T$$

$$c_p = \frac{5}{2} \frac{R \Delta T}{\mu}$$

$$Q = \Delta U + A$$

$$c_{p\mu} = \frac{5}{2} R \Delta T$$

Теплоти для нагрівання 1 моля одноатомного ідеального газу на 1 К в ізобарному процемі є величина стала.

Адіабатний процес - процес, що відбувається в теплоізольованій системі (немає обміну енергією із зовнішніми тілами). При цьому $Q = 0$ і змінити внутрішню енергію системи можна лише за рахунок виконання над нею роботи:

$$\Delta U = A$$

В цьому процесі температура системи змінюється без теплообміну, тобто теплоємність (питома, чи молярна) рівна 0.

З першого закону термодинаміки випливає неможливість побудови "вічного" двигуна першого роду, бо будь-яка система не може нескінченно довго виконувати роботу без передачі їй теплоти. Дійсно, коли $Q = 0$, то робота має виконуватись за рахунок внутрішньої енергії системи, яка є обмеженою.

Напрямок мимовільно протікають процесів встановлює II закон термодинаміки.

Процеси бувають мимовільні (наприклад, реакція $H_2 + F_2 = 2HF$ відбувається відразу при зустрічі реагентів) та мимовільні (наприклад, електроліз розплаву хлориду натрію, який відбувається лише при пропущенні струму).

Мимовільність перебігу процесу залежить від співвідношення зменшення внутрішньої енергії та збільшення безладдя у всесвіті.

Також процеси бувають оборотні та незворотні (розчинення $KMnO_4$ у воді – незворотний процес, а реакція $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ (бурий газ перетворюється на холоді в безбарвний) оборотна - якщо ємність з N_2O_4 нагріти, то газ усередині побуріє.

Ще один приклад мимовільного незворотного процесу – перехід упорядкованої системи у невпорядковану (перемішування газу). Для того, щоб звернути цей процес, фізики придумали демона Максвелла. Демон Максвелла відкриває заслінку тільки тоді, коли до неї підлітає потрібна частка/молекула газу. Цей процес можливий, але може йти мимоволі. Демон Максвелла здійснює роботу - він піднімає заслінку. На цьому принципі працюють сучасні дифузійні установки, які за кілька циклів роботи можуть поділити гази.

Приклади оборотних процесів:

- Плавлення та кристалізація;
- Розчинення та осадження;
- Фазові переходи;
- Випаровування та конденсація.

Приклади незворотних процесів:

- Осадження важкорозчинних опадів;
- Творення скла з розплаву;
- Згоряння палива та ін.

Можливо дисипувати всю енергію в тепло без корисних змін, але зворотний процес перетворення тепла на корисну роботу - неможливо довести до кінця, це регламентується II законом.

Ентропія та III закон термодинаміки.

I закон термодинаміки виконується навіть для одного атома. II закон для одного атома може не виконуватися, але ніхто, якщо говорити про велику кількість атомів, не побачить це порушення. Для цього вводиться новий параметр - ентропія. Це якась величина, яка безпосередньо пов'язана з Q , а не з A .

Ентропія чистого, досконалого кристалічної речовини при 0 K дорівнює нулю.

Абсолютна ентропія чистої речовини при заданій температурі - це сума всієї ентропії, яку вона набула б при потеплінні від абсолютного нуля (де $S=0$) до конкретної температури.

Третій закон термодинаміки має два важливих наслідки: він визначає знак ентропії будь-якої речовини при температурах вище абсолютного нуля як позитивний, і він забезпечує фіксовану точку відліку, що дозволяє вимірювати абсолютну ентропію будь-якої речовини при будь-якій температурі. Ентропія - це функція стану.

Абсолютну ентропію речовини при будь-якій температурі вище 0 необхідно визначати шляхом розрахунку приростів теплоти, q необхідних для доведення речовини від 0 до потрібної температури, а потім підсумовуючи співвідношення q/T . Потрібні два види експериментальних вимірювань:

1. Ентальпії, пов'язані з будь-якими фазовими змінами речовини, можуть зазнати в діапазоні температур, що цікавить.

Плавлення твердої речовини та випаровування рідини відповідають значному збільшенню кількості мікростанів, доступних для прийняття теплової енергії, тому, як ці процеси відбуваються, енергія буде надходити в систему, заповнюючи ці нові мікростани в обсязі, необхідному для підтримки постійної температури (заморожування або температура кипіння); ці притоки теплової енергії відповідають теплом плавлення і випаровування.

Збільшення ентропії, пов'язане з переходом при температурі T , становить

$$\frac{\Delta H_{fusion}}{T}.$$

2. Теплоємність C фази виражає кількість тепла, необхідного для зміни температури на невелику кількість ΔT , а точніше, на нескінченно малу величину dT . Таким чином, збільшення ентропії, спричинене нагріванням речовини в діапазоні температур, який не охоплює фазовий перехід,

задається сумою величин $C \frac{dT}{T}$ для кожного приросту температури dT .

$$S_{0 \rightarrow T} = \int_0^T \frac{C_p}{T} dt$$

Третій закон стверджує, що ентропія прямує до нуля при абсолютному нулі температури.

Питання для самоконтролю

1. Закони термодинаміки
2. Ентальпія.

Тема 5. Дисперсний потенціал. Хімічний потенціал.

План

1. Хімічна рівновага. Принцип Ле Шательє. Гомо- і гетерогенні системи
2. Типи розчинів та їх технологічне значення.
3. Дисперсне середовище. Емульсії та колоїди.

Хімічний потенціал — один з термодинамічних параметрів системи; енергія додавання однієї частки в систему без здійснення роботи. Поняття хімічного потенціалу запровадив 1875 року Джозая Віллард Гіббс.

Позначається зазвичай грецькою літерою μ . Одиницею вимірювання хімічного потенціалу в системі SI є Дж/моль.

Термодинамічні системи у багатьох випадках можуть обмінюватися атомами й молекулами з навколишнім середовищем. Окрім теплової рівноваги приведені в контакт термодинамічні системи намагаються встановити рівновагу за складом. Процеси встановлення рівноваги за складом повільніші за процеси встановлення рівноваги за температурою. Їхня швидкість залежить від природи речовини: гази змішуються швидко, рідини повільніше, а дифузія у твердих тілах може тривати багато років або тисячоліть.

Прагнення термодинамічних систем до встановлення рівноваги за складом кількісно характеризується величиною, яка називається хімічним потенціалом. Процеси встановлення рівноваги у термодинамічних системах відбуваються таким чином, щоб вирівняти хімічний потенціал у кожній області.

Існують системи, в яких закладена певна неоднорідність. Наприклад, густина повітря в земній атмосфері зменшується з висотою. Це зменшення зумовлене силами тяжіння.

Тож концентрація молекул у повітрі неоднорідна. Однак хімічний потенціал, у якому врахована потенційна енергія молекул на різній висоті, залишається сталим.

Для визначення хімічного потенціалу потрібно знайти різницю між енергією системи з $N+1$ часток й енергією системи з N часток. Хімічний потенціал — це енергія, яку потрібно надати частці, щоб вмістити її в термодинамічну систему. Важливо при цьому пам'ятати, що частка вміщується в систему таким чином, щоб вона перебувала в тепловій рівновазі з іншими частками.

Наприклад, частки ідеального газу не взаємодіють між собою, тож мінімальна енергія, необхідна для того, щоб кинути один атом ідеального газу у систему із N атомів, дорівнює нулю. Але для того, щоб цей новий атом перебував у тепловій рівновазі з іншими атомами, необхідно надати йому енергію, яка б дорівнювала середній кінетичній енергії інших атомів. Тож

хімічний потенціал ідеального газу не дорівнює нулю й залежить від його температури.

У рівноважній гомогенній системі хімічний потенціал будь-якого з її компонентів у всіх точках однаковий.

Визначення хімічного потенціалу через інші термодинамічні потенціали можна записати у вигляді:

$$dE = TdS - PdV + \mu dN$$

де E — повна енергія системи, S — її ентропія, N — кількість частинок у системі.

Ця формула визначає, окрім хімічного потенціалу μ , також тиск P і температуру T .

Хімічний потенціал задається формулою:

$$\mu = \frac{E - TS + PV}{N}$$

Дисперсні системи.

Усі фізичні тіла складаються з чистих речовин, або з сумішей речовин. Чиста речовина — це проста чи складна речовина, яка може містити невелику кількість (до певної межі) інших простих чи складних речовин — домішок.

Суміші — це сукупність різних речовин, з яких складається фізичне тіло. Кожну речовину, яка входить до складу суміші, називають компонентом. Суміші, коли одна з речовин у подрібненому стані рівномірно розподілена в іншій речовині, називають дисперсною системою.

Суміші можна поділити на однорідні (гомогенні) і неоднорідні (гетерогенні).

Однорідні суміші (гомогенні) — це суміші, у яких компоненти змішані на молекулярному рівні. Неозброєним оком, і навіть за допомогою оптичних приладів не можна виявити компоненти суміші.

Наприклад, розчин цукру або оцту у воді.

Неоднорідні (гетерогенні суміші) — дисперсні системи — утворюються при змішуванні кількох речовин, які не розчиняються одна в одній (не утворюють однорідних систем) і не вступають у хімічні реакції між собою.

Колоїдні розчини можуть бути двох видів:

золі — рідкі колоїдні розчини;

гелі — жалатиноподібні маси.

Дисперсне середовище може бути у твердому, рідкому і газоподібному станах.

Газоподібне дисперсійне середовище.

У газуватому середовищі можуть містяться частинки твердої речовини, або краплі рідини. Такі суміші називають аерозолями.

Наприклад, коли частинки води містяться у повітрі утворюється туман або хмари.

Дим, пилова буря — це завислі частинки твердої речовини у повітрі.

Рідке дисперсійне середовище.

Рідке дисперсне середовище може утворювати суміші з газами, рідинами і твердими речовинами.

При змішуванні рідини і речовини у газуватому стані утворюється піна, або газова емульсія. Наприклад: мильна піна.

При змішуванні двох рідин утворюється емульсія.

Наприклад: нафта, молоко.

Коли у дисперсному рідкому середовищі містяться тверді частинки, утворюється суспензія. Наприклад: паста, кров, глина у воді.

Тверде дисперсійне середовище.

Суміш газоподібної речовини у твердому дисперсному середовищі називають твердою піною (пористим тілом). Прикладом таких сумішей може бути пемза, або активоване вугілля.

Суміш рідини у твердому середовищі утворює капілярні системи. Саме таким чином вода може просочуватись у землю.

Суміш твердої речовини у твердому середовищі утворює тверді гетерогенні системи. Прикладами таких систем є різноманітні сплави, гірські породи, тощо.

Дисперсійне середовище	Дисперсійна фаза	Назва	Приклади
Газоподібне	рідина	аерозоль	туман, хмари
	тверда речовина	аерозоль	дим, пил у повітрі
Рідке	газ	піна (газова емульсія)	мильна піна
	рідина	емульсія	нафта, молоко
	тверда речовина	суспензія	паста, кров, глина у воді
Тверде	газ	тверда піна (пористе тіло)	пемза
	рідина	капілярна система	земля, просочена водою
	тверда речовина	тверда гетерогенна система	сплави, гірські породи

Істинний розчин.

Розчин – гомогенна система змінного складу, що містить декілька компонентів. Один із компонентів – розчинник (речовина, агрегатний стан якого не змінилося або якого більше), решта – розчинені речовини.

Розчини бувають:

газоподібні (часто їх розглядають як суміші, приклад – повітря).

тверді: діляться на розчини застосування (один компонент заповнює порожнечі в решітці іншого) та розчини заміщення (один компонент замінює атоми іншого, приклад – латунь – розчин цинку у міді). У разі твердих розчинів розчинник – речовина, структуру якої має розчин.

рідкі: це можуть бути розчини типу «тверде в рідкому», «рідке в рідкому» та «Газоподібне в рідкому» (приклад – вода з газом).

Розчин – система, яку розбити на дві рівноваги із навколишнім середовищем:

1. Тверда рідина. Визначається концентрацією малорозчинного розчиненої речовини. Його концентрація входить у визначення хімічного потенціалу як активність

$$(\mu = \mu^0 + RT \ln \prod_i x_i).$$

2. Рідина-пар. Визначається концентрацією летючого розчинника. Парціальний тиск входить у визначення хімічного потенціалу.

Розчинність може бути органічною та неорганічною. У разі органічної розчинності при максимально можливій концентрації розчиненої речовини встановлюється динамічна рівновага, розчин називають насиченим, а концентрацію його утворення в молях на літр – розчинність, вона залежить від T та p . Якщо $p.v.$ більше розчинності ($\Delta_{раств}G > 0$), розчин пересичений.

Істинний розчин — розчин, в якому частинки дисперсної фази представлені молекулами. Справжні розчини завжди прозорі, вони не повинні містити завислих частинок та осаду. Особливістю справжніх розчинів є те, що вони гомогенні навіть під час розгляду в електронний мікроскоп. До цієї групи належать розчини електролітів та неелектролітів (глюкоза, натрію хлорид, магнію сульфат, спирт тощо).

Пересичений розчин – метастабільний стан, при зовнішній дії він може переходити в більш стабільний стан – ставати насиченим або кристалізуватись. Випадання осаду спостерігається при зниженні температури, а також при додаванні кристалів-затравок – у разі кристалізації утворюються зародки - центри утворення кристалів.

Також спровокувати випадання осаду солі можна шляхом додавання однойменних аніонів (наприклад, додавання соляної кислоти до розчину NaCl), в результаті рівновага осад-розчин зміщується і відбувається так зване висолення.

Розчинники: полярні (утворюють H-зв'язки) та неполярні, «подібне розчиняється в подібному».

Технологічна роль розчину. Один із прикладів можна знайти в отриманні розчинної кави: у цьому випадку розведену звичайну каву спочатку заморожують у рідкому азоті, утворюються мікрогранули, а потім виробляють сублімаційне сушіння цих гранул, виходить порошок кави.

Вода - дуже активна речовина, в якій не все можна розчинити - так багато сульфідів взаємодіють із водою. Тому розчини не слід розглядати лише як аналогію ідеального газу. Д.І. Менделєєв створив хімічну теорію, згідно з якою розчинник і розчинена речовина активно взаємодіють, в т.ч. хімічно, внаслідок чого, наприклад, властивості чистої води та розчину сильно різняться. На цьому засноване застосування NaCl для боротьби з ожеледицею

– сіль розчиняється у воді, а температура плавлення розчину NaCl дещо нижча, ніж температура плавлення чистої води.

Питання для самоперевірки

- 1.Розчини та розчинники.
- 2.Суміші. Характеристика.

Тема 6. Органічні сполуки та їх значення у харчевій хімії

План

- 1.Систематика органічних сполук.
- 2.Типи хімічних зв'язків органічних сполук
- 3.Азотовмісні речовини :аміни і амінокислоти .Структура і хімічні властивості

Багатоманітність органічних сполук. Як вам уже відомо, у складі живих організмів містяться органічні речовини. Різноманітність живої природи вимагає й наявності відповідного числа органічних речовин. До органічних сполук належать не тільки природні речовини, які отримуються при розвитку рослин, або в результаті життєдіяльності тварин, але і багато штучно отриманих в лабораторії речовин.

До складу органічних молекул органічних речовин поруч з вуглецем входять деякі хімічні елементи. Це насамперед водень, кисень, азот, сірка, галогени і фосфор. Інші елементи рідко зустрічаються в органічних сполуках; органічні речовини, які містять благородні гази, невідомі.

Залежно від будови вуглецевого ланцюга органічні сполуки поділяються на дві великі групи: ациклічні і циклічні. Ациклічні сполуки називають ще сполуками жирного ряду, або аліфатичними. До них належать всі вуглеводні та їх похідні, в молекулах яких немає кілець або циклів, а є тільки так звані «відкриті ланцюги» вуглецевих атомів. Ациклічні сполуки поділяються на насичені вуглеводні гомологічного ряду метану і ненасичені сполуки, в молекулах яких між вуглецевими атомами є кратні (подвійні або потрійні) зв'язки.

Циклічні сполуки поділяють на карбоциклічні (цикли складаються тільки з атомів вуглецю) та гетероциклічні (в цикли, крім атомів вуглецю, входять інші атоми, найчастіше азоту, сірки, кисню). Карбоциклічні органічні сполуки, в свою чергу, поділяються на аліциклічні і ароматичні. До аліциклічних сполук належать всі карбоциклічні вуглеводні крім

ароматичних сполук, до ароматичних — бензол, нафталін, антрацен тощо та їх похідні.

Органічні сполуки залежно від складу і будови поділяють на класи. Заміщенням атомів водню у молекулах вуглеводнів на інші атоми або групи атомів (функціональні групи) можна добути інші класи органічних сполук даного ряду. Функціональні групи, окремі атоми-замісники, на які заміщено атом водню в молекулі органічної сполуки, визначають типові хімічні властивості цих сполук.

Класифікація органічних сполук.

Всі органічні сполуки поділяються на два типи: ациклічні та циклічні. До ациклічних (аліфатичних) відносять сполуки з відкритим (незамкненим) ланцюгом. За будовою карбонового ланцюга молекули поділяють на аліфатичні насичені і ненасичені сполуки. Насичені містять лише прості зв'язки атомів Карбону, а ненасичені – мають кратні (подвійні та потрійні) зв'язки атомів Карбону.

В межах кожного з рядів органічні сполуки поділяються на класи. Сполуки, молекули яких складаються з атомів Карбону та Гідрогену, утворюють клас вуглеводнів. При заміщенні у вуглеводнях одного чи кількох атомів Гідрогену на відповідну функціональну групу утворюються інші класи функціональних органічних сполук.

Класифікація за функціональною ознакою.

Функціональна група – структурний фрагмент молекули, який визначає її хімічні властивості. За кількістю та однорідністю функціональних груп органічні сполуки поділяються на монофункціональні (містять одну функціональну групу), поліфункціональні (містять кілька однакових груп) та гетерофункціональні (містять декілька різних функціональних груп).

Сучасна номенклатура хімічних сполук в основному базується на правилах ІЮПАК (IUPAC), які розроблялися починаючи з 40-х років XX століття. Правила ІЮПАК визначають загальні принципи і прийоми побудови назв сполук і періодично переглядаються.

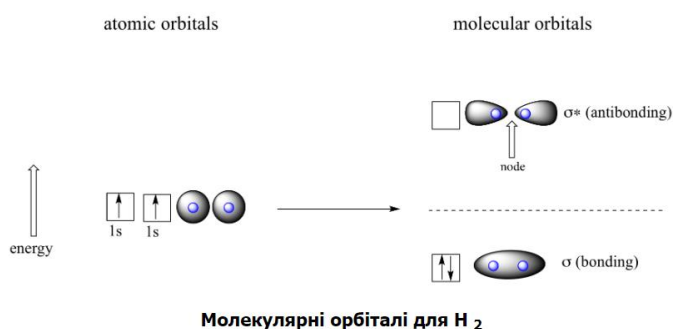
IUPAC розшифровується як International Union of Pure and Applied Chemistry – Міжнародний союз теоретичної та прикладної хімії.

Об'єднання принципів і правил такої номенклатури носить назву систематична номенклатура. Слід відмітити, що назви для складних за

структурою сполук відповідно до правил IUPAC іноді бувають надзвичайно громіздкими, тому для спрощення допускається використання тривіальної номенклатури. Згідно з положеннями IUPAC для утворення назв органічних сполук розроблено вісім способів, але найвідомішими є чотири з них.

Типи хімічних зв'язків в органічних сполуках

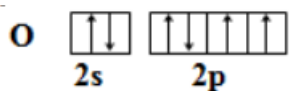
Коли орбіталі об'єднуються, кількість орбіталів до того, як відбудеться комбінація, повинна дорівнювати кількості нових орбіталів, що виникають в результаті комбінації. Коли дві атомні орбіталі 1s об'єднуються в утворенні H_2 , результатом є дві сигма (σ) орбіталі.



Електронна формула атома Карбону — $1s^2 2s^2 2p^2$. Під час утворення хімічного зв'язку один з 2s електронів переходить на вакантну 2p орбіталь.



У атома кисню в молекулі H_2O на чотири sp^3 -гібридизовані орбіталі припадає по дві одноелектронні і дві двоелектронні орбіталі:



У атома нітрогену в молекулі NH_3 з чотирьох sp^3 -гібридизованих орбіталей три одноелектронні орбіталі утворюють зв'язки з трьома атомами H, а на четвертій, незв'язувальній орбіталі міститься неподілена пара електронів:



Приклади речовин з йонним зв'язком:

Питна сода; Залізний купорос; Кухонна сіль.

Класифікація амінокислот:

- Класифікація на основі полярності бічних ланцюгів. Чотири групи: амінокислоти із неполярними бічними ланцюгами;

амінокислоти із полярними незарядженими бічними ланцюгами;

амінокислоти із позитивно зарядженими бічними ланцюгами; амінокислоти із негативно зарядженими бічними ланцюгами.

Амінокислоти із неполярними бічними групами. У цю групу об'єднують дев'ять амінокислот, бічні групи яких є неполярними і гідрофобними.

Найменшою з них є гліцин, що не має бічного ланцюга.

Амінокислоти із полярними незарядженими бічними групами Шість амінокислот мають полярні незаряджені бічні ланцюги: серин, треонін, тирозин, цистеїн, аспарагін і глутамін.

Амінокислоти із негативно зарядженими бічними групами Дві амінокислоти мають сумарний негативний заряд: аспарагінова і глутамінова кислоти.

Амінокислоти із позитивно зарядженими бічними групами Три протейногенні амінокислоти мають позитивно заряджені бічні групи: лізин, аргінін і гістидин.

- По функціональних групах.

Аліфатичні. Моноаміномонокарбонові: гліцин, аланін, валін, ізолейцин, лейцин.

Оксімоноамінокарбонові: серин, треонін. Моноамінодікарбонові: аспартат, глутамат, за рахунок другої карбоксильної групи несуть в розчині негативний заряд.

Аміди моноамінодікарбонових: аспарагін, глутамін.

Діаміномонокарбонові: лізин, аргінін, несуть в розчині позитивний заряд.

Сірковмісні: цистеїн, метіонін.

Ароматичні: фенілаланін, тирозин, триптофан, (гістидин).

Гетероциклічні: триптофан, гістидин, пролін. Імінокислоти: пролін.

- За шляхами біосинтезу. Шляхи біосинтезу протейногенних амінокислот різнопланові. Одна і та ж амінокислота може утворюватися різними шляхами. Існує уявлення про наступні біосинтетичні сімейства амінокислот:

аспартату, глутамату, серина, пірувату і пентоз.

● По здатності організму синтезувати з попередників. Тваринні організми здатні синтезувати лише 10 протеїногенних амінокислот. Останні 10 не можуть бути отримані за допомогою біосинтезу і повинні постійно надходити у організм у вигляді харчових білків.

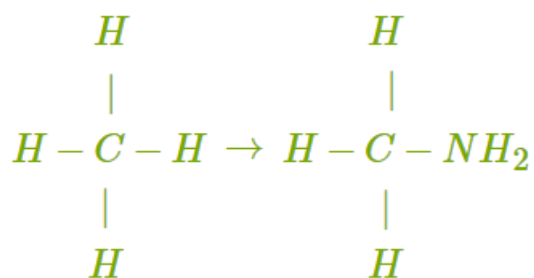
Аміни і амінокислоти.

Нітрогеновмісними органічними сполуками називаються сполуки, які обов'язково містять атоми Карбону, Гідрогену і Нітрогену.

Нітрогеновмісними сполуками є аміни, амінокислоти та білки.

Аміни.

Якщо у молекулі метану один атом Гідрогену замінити на аміногрупу -NH_2 одержимо метанамін:



Скорочена формула сполуки: $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_3$. Назва сполуки походить від назви метану з додаванням слова «амін».

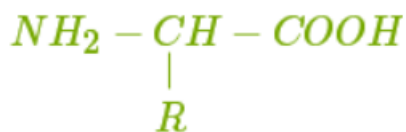
Формула етанаміну: $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$.

Амінокислоти.

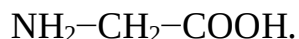
Амінокислоти — це органічні речовини, у молекулах яких містяться дві функціональні групи:

карбоксильна -COOH і аміногрупа -NH_2 .

Склад амінокислот можна виразити формулою:



Амінокислоти можна розглядати як похідні карбонових кислот, у молекулах яких один атом Гідрогену заміщений на аміногрупу. Наприклад, з етанової кислоти виходить аміноетанова кислота:



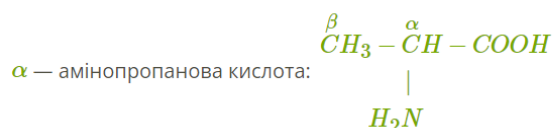
Якщо у складі радикала пропанової кислоти $\text{H}_3\text{C—CH}_2\text{—COOH}$ один атом Гідрогену замінити на амінну групу, то отримаємо амінопропанову кислоту:



В залежності від розташування аміногрупи, амінопропанова кислота може мати 2 ізомери.

Для того, щоб їх відрізнити атоми Карбону основного ланцюга позначають, починаючи від найближчого до карбоксильної групи:

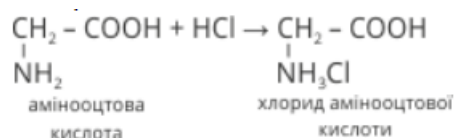
β — амінопропанова кислота: $\text{H}_2\text{N} - \overset{\beta}{\text{CH}_2} - \overset{\alpha}{\text{CH}_2} - \text{COOH};$



Із 20 стандартних α —амінокислот побудовані майже усі природні білки.

Амінокислоти реагують з мінеральними кислотами з утворенням солей, проявляючи властивості основ.

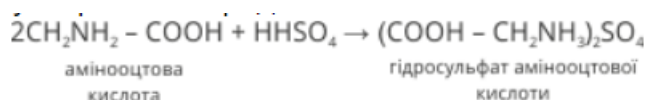
1. При взаємодії з одноосновною хлоридною кислотою утворюється середня сіль:



2. При взаємодії з двоосновною сульфатною кислотою утворюється кисла сіль:

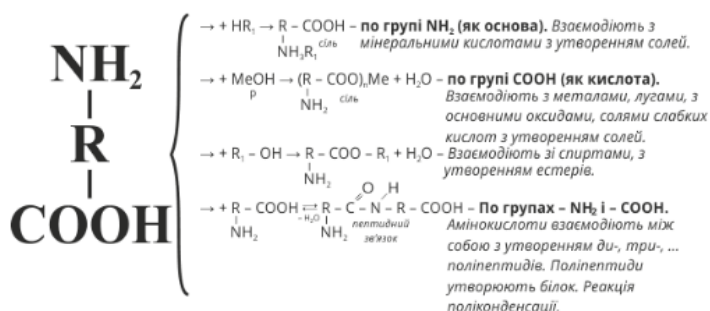


3. При надлишку амінокислоти з багатоосновною мінеральною кислотою може утворитися середня сіль:



4. Амінокислоти реагують з лугами з утворенням солей, проявляючи властивості кислот.

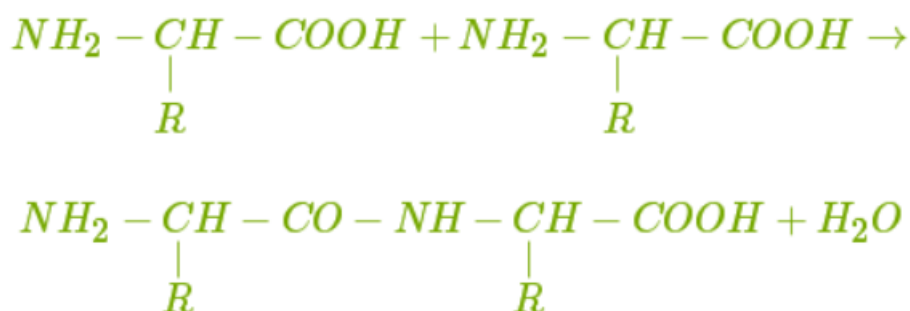
Амінокислоти утворюються під час гідролізу білків, як кінцеві продукти гідролізу. Загальні хімічні властивості амінокислот наведено на схемі:



Фізичні властивості.

Амінокислоти — кристалічні речовини, добре розчинні у воді. Вони можуть бути солодкими, або позбавлені смаку і навіть гіркі. Температури плавлення усіх амінокислот є вищою за 22 °С.

Завдяки наявності двох функціональних груп амінокислоти здатні взаємодіяти одна з одною і сполучатися у більш складні речовини — пептиди:



При взаємодії амінокислот утворюються молекули полімеру (поліпептиду) і води.

Реакція утворення полімеру, що супроводжується виділенням низькомолекулярної речовини, називається реакцією поліконденсації.

При взаємодії молекул амінокислот між їх залишками виникає зв'язок, який називається пептидним зв'язком.

Пептидний зв'язок — зв'язок, що виникає між залишком аміногрупи однієї молекули амінокислоти і залишком карбоксильної групи іншої молекули амінокислоти —NH—CO— у поліпептидах.

Застосування амінокислот. Амінокислоти використовуються як ліки. У сільському господарстві їх використовують для підгодівлі тварин. Деякі амінокислоти служать вихідними речовинами для синтезу полімерів (наприклад, капрону)

Питання для самоперевірки

1. Азотовмісні речовини.
2. Хімічні властивості

Тема 7. Спирти

План

1. Класифікація і будова простих та складних спирів.
2. Хімічні властивості спиртів

Гідроксильна група (гідроксигрупа) — OH є функціональною групою двох споріднених класів сполук — спиртів і фенолів (та їхніх багатоядерних аналогів).

Спирти — це похідні вуглеводнів, у молекулах яких один або кілька атомів Гідрогену (крім атомів Гідрогену ароматичного кільця) заміщені на гідроксильні групи. У молекулах фенолів (відповідно гідроксипохідних бензену і нафталену) гідроксильні групи сполучені безпосередньо з атомами Карбону ароматичного кільця.

Класифікація. Спирти класифікують за кількома ознаками.

1. Залежно від кількості гідроксильних груп вони поділяються на одноатомні (R—OH) — такі, що мають одну гідроксильну групу, двоатомні (R—(OH)_2) — мають дві гідроксильні групи, три-, чотири- та інші багатоатомні — мають відповідно три, чотири і більше гідроксигруп.

Кількість гідроксильних груп у молекулі спирту називають атомністю.

2. Залежно від характеру вуглеводневого залишку розрізняють насичені, ненасичені, ароматичні та гетероциклічні спирти.

3. Залежно від характеру атома Карбону, з яким сполучена гідроксигрупа, спирти поділяються на первинні, якщо гідроксил розміщений біля первинного атома Карбону, вторинні — гідроксил біля вторинного атома Карбону і третинні — гідроксил біля третинного атома.

ОДНОАТОМНІ СПИРТИ.

Найпростішою групою спиртів є насичені одноатомні спирти. Вони утворюють гомологічний ряд із загальною формулою $C_nH_{2n+1}OH$.

Ненасичені спирти з одним подвійним зв'язком у ланцюгу мають загальну формулу $C_nH_{2n-1}OH$. Таку саму загальну формулу мають спирти аlicyclic ряду (похідні циклоalkanів). Ароматичні спирти, відповідно до визначення, можна розглядати як продукти заміщення атома Гідрогену на гідроксил у бічному вуглеводневому ланцюгу гомологів бензену, нафталену та інших ароматичних сполук.

У найпростішому випадку, якщо цей ланцюг насичений, то загальна формула ряду таких спиртів $Ar-(CH_2)_n-OH$.

Однак часто, особливо в природних об'єктах, трапляються ароматичні спирти складнішої будови — зі сполученням у вуглеводневому залишку різних елементів будови карбонового скелета: коричний спирт, терпінеол, ліналоол тощо.

Номенклатура. Давно відомі найпростіші спирти, а також деякі з тих, що вилучені з природних, особливо рослинних, джерел, часто називають за тривіальною номенклатурою, наприклад деревний спирт CH_3OH , який можна добути сухою перегонкою деревини, винний спирт, коричний спирт тощо.

За замісничовою (радикало-функціональною) номенклатурою спирти називають відповідно назві вуглеводневого залишку, з яким сполучена гідроксильна група, наприклад етиловий, пропіловий, ізопропіловий спирти.

За раціональною номенклатурою будь-який спирт розглядається як продукт заміщення одного або кількох атомів Гідрогену на вуглеводневі залишки в радикалі найпростішого спирту — метилового, який має назву карбінол. Наприклад, метилкарбінол, триметилкарбінол і т. д.

За систематичною (IUPAC) номенклатурою назва спирту утворюється від назви відповідного алкану додаванням до неї закінчення -ол з позначенням номера атома Карбону, біля якого вона розміщена, причому останній обов'язково повинен бути у складі основного ланцюга, а нумерація ланцюга починається з того кінця, до якого ближче розміщена функціональна група — OH.

Ізомерія. В ряду насичених одноатомних спиртів можлива:

а) ізомерія карбонового скелета вуглеводневого залишку;

- б) ізомерія положення гідроксильної групи в однакових ланцюгах;
- в) для ненасичених і циклічних спиртів існує цис–, транс-ізомерія;
- г) міжкласова ізомерія (одноатомні спирти–прості ефіри).

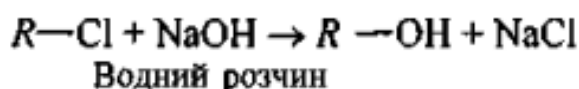
Природні джерела. Одноатомні спирти в природі у вільному стані трапляються в незначних кількостях, це переважно нижчі гомологи — метанол і етанол. Однак похідні спиртів, насамперед етери та естери, досить поширені і в окремих випадках застосовуються

як промислові сировинні джерела добування деяких спиртів, наприклад метанол — з лігніну деревини, високомолекулярні спирти — з восків тощо.

Способи добування.

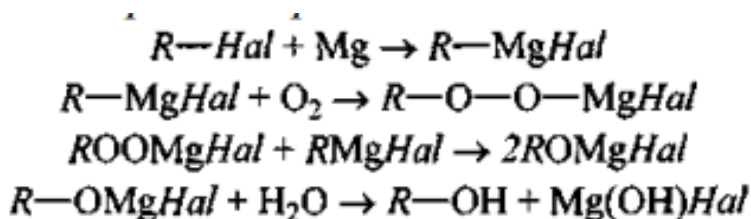
1. Добування з галогеналканів.

А. Гідроліз галогеналканів є одним із найзагальніших способів добування спиртів:

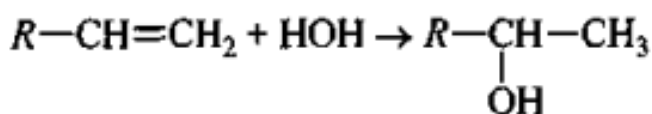


Цим способом добувають первинні, вторинні і третинні спирти, залежно від будови залишку R.

Б. Утворення пероксидів магнійгалогеналканів і їх подальше розщеплення:



2. Гідратація алкенів (приєднання елементів води до алкенів). Елементи води приєднуються до карбонових атомів ланцюга алкену за місцем розриву π -зв'язку відповідно до правила Марковникова:

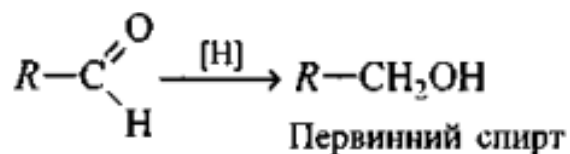


Найгірше реагує з водою етен. Зі збільшенням довжини карбонового ланцюга швидкість реакції зростає. Серед ізомерних алкенів швидше реагують сполуки з розгалуженою будовою.

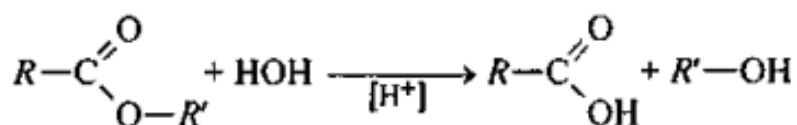
Реакція відбувається під час нагрівання і за наявності таких каталізаторів, як мінеральні кислоти (насамперед сульфатна і фосфатна), алюміній оксид, цинк хлорид тощо.

3. Добування з оксосполук.

Відновлення оксосполук та інших сполук, що містять оксогрупи. Як відновники застосовують водень у момент виділення, або ж водень за наявності каталізаторів, або ж комплексні гідриди металів (наприклад літійалюмогідрид LiAlH_4). Під час відновлення альдегідів утворюються первинні спирти:

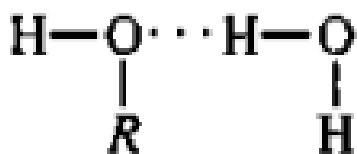


4. Гідроліз естерів. Цей метод застосовується для промислового добування високомолекулярних спиртів із природної сировини — восків — і належить до процесів кислотного-основного каталізу:



Фізичні властивості. За агрегатним станом нижчі гомологи одноатомних насичених спиртів, наприклад спирти нормальної будови, що містять до 11 атомів Карбону у ланцюгу, за звичайних умов є рідкими. Вищі гомологи є твердими речовинами.

Густина всіх спиртів менша одиниці. Розчинність спиртів у полярних і неполярних розчинниках залежить від того, яка частина загальної маси молекули припадає на гідроксильну групу. Нижчі спирти (до пропанолу включно) змішуються з водою в будь-яких співвідношеннях (необмежено розчинні у воді) завдяки утворенню водневих зв'язків між молекулами спирту і води:

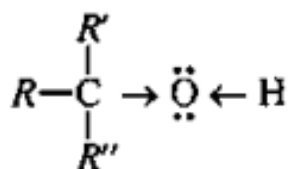


Наступні гомологи, починаючи з C₄, обмежено розчинні у воді. З підвищенням молекулярної маси розчинність у воді поступово зменшується і для вищих спиртів практично дорівнює нулю.

Насичені спирти незабарвлені. Запах нижчих спиртів -характерний різкий «алкогольний», середніх гомологів -сильний неприємний «сивушний»; третинні спирти мають характерний запах плісняви; вищі —позбавлені запаху.

За фізіологічним впливом деякі спирти мають отруйну або наркотичну дію.

Електронна будова молекул і хімічні властивості. У загальному вигляді молекули будь-якого одноатомного насиченого спирту можна зобразити як

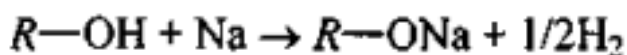


Оскільки атом Оксигену гідроксильної групи набагато більш електронегативний, ніж атоми Гідрогену та Карбону, то внаслідок зміщення електронної густини до атома Оксигену зв'язки O—H і C—O поляризуються. Тому реакції спиртів можуть відбуватися з розривом як O—H, так і C—O зв'язків.

Хімічні властивості.

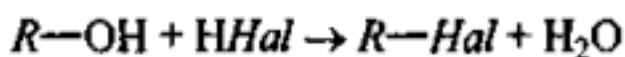
1. Реакції заміщення. Взаємодія з активними металами. Під час взаємодії з активними металами (K, Na, Mg)

розривається зв'язок O—H з утворенням продуктів заміщення атома Гідрогену в молекулі спирту на метал — алкоголятів:



Назва алкоголяту утворюється з назви алкільного залишку відповідного спирту додаванням до неї суфікса -ат. Наприклад, CH₃ONa — метилат натрію, C₂H₅OK — етилат калію тощо. Алкоголяти є твердими безбарвними речовинами.

Заміщення гідроксильної групи на атоми галогенів є реакцією нуклеофільного заміщення.



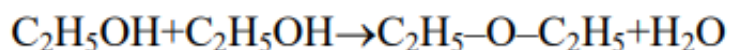
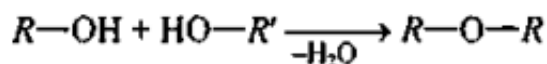
2. Дегідратація, або дегідратування, залежно від умов проведення реакції, наявних каталізаторів і будови молекул спирту може відбуватися переважно в одному з двох напрямків: внутрішньо- або міжмолекулярно.

А. Внутрішньомолекулярна дегідратація потребує більш високих температур (до 200—350 °С у випадку вторинних і первинних спиртів). Каталізатори процесу можуть бути як гетерогенні (Al₂O₃), так і гомогенні (сульфатна, фосфатна, щавлева кислоти, йод, ZnCl₂).

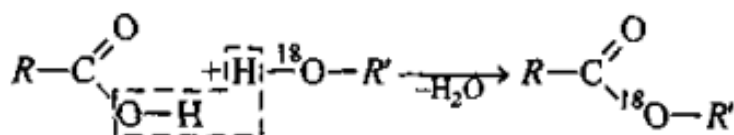
У результаті внутрішньомолекулярної дегідратації зі спиртів (за винятком метанолу) утворюються етиленові вуглеводні, наприклад:



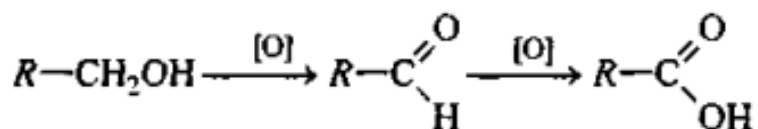
Б. Міжмолекулярна дегідратація відбувається в м'якших умовах, ніж внутрішньомолекулярна, між молекулами одного й того самого спирту або різних спиртів за схемою:



3. Естерифікація (застаріла назва — «етерифікація») — це взаємодія спиртів з органічними або мінеральними кислотами, з утворенням естерів. Останні можна розглядати або як продукт заміщення атома Гідрогену в гідроксильній групі кислоти на алкільний залишок, або, навпаки, як продукт заміщення атома Гідрогену в спиртовому гідроксилі на ацил, тобто як продукт ацилування спирту.

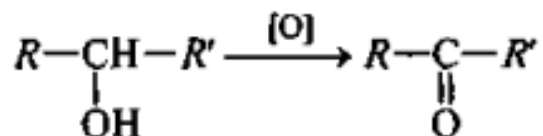


4. Окиснення відбувається по-різному для первинних, вторинних і третинних спиртів, а тому має

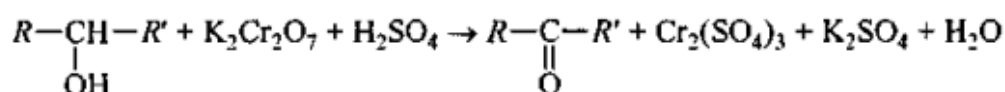
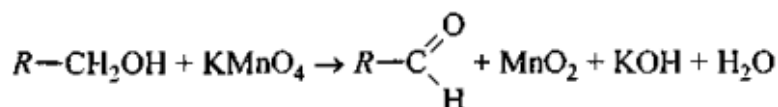


велике значення для встановлення будови цього класу сполук.. У цьому разі з первинних спиртів утворюються альдегіди, що при подальшому окисненні можуть переходити в кислоти.

Із вторинних спиртів утворюються кетони:

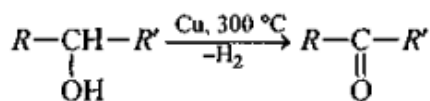
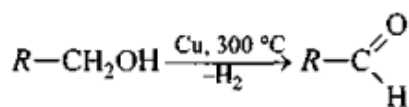


Окислення калій перманганатом чи хромовою сумішшю:



Використання кисню за наявності подрібненої міді потребує вищих температур.

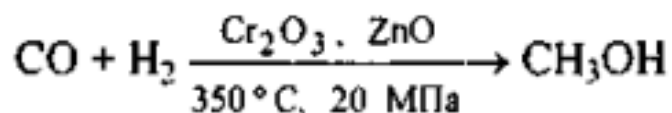
Нагрівання парів спирту над подрібненою міддю за температури 280—300 °С зумовлює відщеплення Гідрогену, тобто дегідрування, або дегідрогенізацію, що також є одним із видів окиснення:



5. Горіння. $C_2H_5OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$

Окремі представники. Метанол (метиловий спирт, карбінол, деревний спирт) своєю тривіальною назвою зобов'язаний тому, що протягом багатьох років його єдиним джерелом були продукти сухої перегонки деревини (перегонки без доступу повітря).

Його можна добути будь-яким із загальних способів добування спиртів, але нині — майже виключно із синтез-газу (водяного газу, збагаченого воднем):



Метанол (ТКИП = 64,7 °С) необмежено змішується з водою, має слабкий специфічний запах, що нагадує запах етанолу. Дуже токсичний: потрапляння в організм близько 10 мл CH_3OH викликає сліпоту, а більші кількості (близько 30 мл) призводять до летального кінця.

Використовується лише для технічних потреб, як розчинник лаків і палітур, як сировина для добування формальдегіду, органічних барвників та ін. Метанол — перспективне паливо для двигунів внутрішнього згорання.

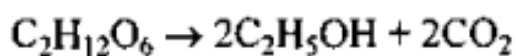
Етанол (етилловий спирт, метилкарбінол, винний спирт) зазвичай називають просто «спиртом». Це безбарвна рідина (Ткип = 78,3 °С), з характерним алкогольним запахом.

Необмежено змішується з водою й утворює з нею азеотропну суміш складу: 95,57 % спирту і 4,43 % води. Ректифікацією (перегонкою) добувають очищений від домішок ~ 95%-й спирт, що називається ректифікатом і застосовується, головним чином, для харчових і медичних потреб.

У разі потреби спирт зневоднюється спеціальними методами (азеотропною перегонкою з бенzenом або нагріванням з речовиною, що хімічно зв'язує воду зі спирту) і одержується так званий абсолютний спирт—100%-й етанол. Останній є дуже гігроскопічним.

У техніці і в лабораторній практиці звичайно концентрація етанолу дорівнює об'ємній частці, вираженій у відсотках або градусах, і вимірюється ареометром.

За обсягом виробництва етанол посідає одне з перших місць серед продукції хімічної промисловості. Одним із найпоширеніших методів добування етанолу для харчової і фармацевтичної промисловості є бродіння цукристих речовин, наприклад глюкози за наявності дріжджів (*Saccharomyces cerevisiae*):



Етанол застосовується майже в усіх галузях народного господарства: для добування синтетичного каучука, виготовлення лаків і оліф, барвників, як розчинник, для виготовлення спиртних напоїв, фармацевтичних препаратів

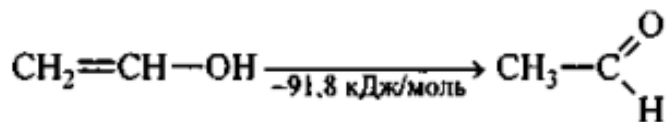
тощо. Етанол має дезінфікуючі властивості і застосовується як антисептик у хірургії. З іншого боку — це найпоширеніший наркотик.

Ароматичні спирти: Бензиловий спирт $\text{C}_6\text{H}_5\text{—CH}_2\text{OH}$ є безбарвною рідиною, яка має приємний запах. Він поширений у природі, оскільки входить до складу багатьох естерних олій, наявний як компонент суміші речовин, що зумовлюють запах печеного пшеничного хліба.

Дія спирту на організм людини.

Концентрація спирту в крові, мас. частка, %	Дія на людину (вагою 70 кг), що рідко вживає алкоголь
0,5	Підвищена психічна і фізична активність, удавано заспокійлива дія
1,0	Сп'яніння, втрата координації рухів, неможливість зосередитись, втрата контролю над собою
1,5	Сильне сп'яніння, отруєння
3,0	Втрата свідомості
5,0	Тяжке отруєння, можливий летальний кінець

Ненасичені спирти: найпростіший з можливих ненасичених спиртів — вініловий спирт — практично не існує у вільному стані, оскільки ізомеризується в термодинамічно стійкіший оцтовий альдегід:



Аліловий спирт $\text{CH}_2=\text{CH—CH}_2\text{—OH}$ є стабільною за звичайних умов речовиною. Це рідина з різким запахом, добре розчинна у воді

Питання для самоконтролю

1. Класи спиртів.
2. Хімічні властивості

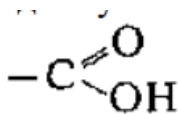
Тема 8. Карбонові кислоти

План.

1. Насичені, ненасичені, циклічні та ароматичні карбонові кислоти.
2. Структура і хімічні властивості.

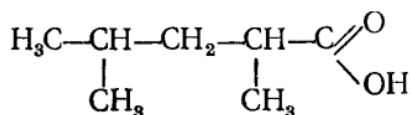
Класифікація карбонових кислот.

Карбонові кислоти – це похідні вуглеводнів, які містять у молекулі одну або декілька карбоксильних груп

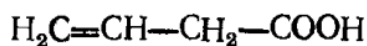


Назва карбоксильна утворилася з назв карбонільна $>\text{C}=\text{O}$ і гідроксильна OH . Кількість карбоксильних груп визначає основність кислоти. Так, $\text{R}-\text{COOH}$ – одноосновна, або монокарбонова, кислота, $\text{HOOC}-\text{R}-\text{COOH}$ – двоосновна, або дикарбонова.

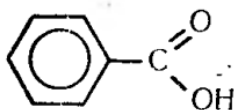
Залежно від природи радикала, сполученого з карбоксильною групою, карбонові кислоти поділяють на аліфатичні, які в свою чергу поділяють на насичені



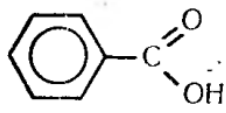
та ненасичені



циклічні



ароматичні

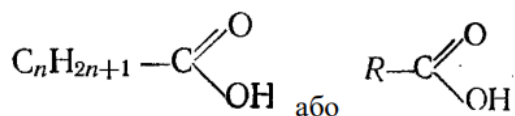


За кількістю атомів Карбону у радикалі розрізняють кислоти нижчі (від 1 до 10 атомів) і вищі (більше 10 атомів).

Монокарбонові кислоти.

Карбонові кислоти складають велику групу органічних сполук. Їх вивчення починають з насичених кислот.

Насичені монокарбонові кислоти мають загальну формулу



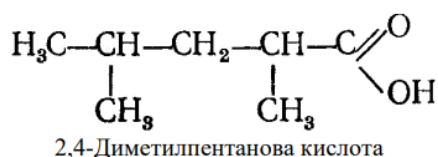
де R – відповідний вуглеводневий радикал або атом Гідрогену.

Гомологічний ряд. Монокарбонові кислоти утворюють гомологічний ряд, який можна записати, виходячи з загальної формули цих речовин $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$.

n = 0	HCOOH	метанова кислота, мурашина кислота
n = 1	CH₃COOH	етанова кислота, оцтова кислота
n = 2	C₂H₅COOH	пропанова кислота, пропіонова кислота
n = 3	C₃H₇COOH	бутанова кислота, масляна кислота
n = 4	C₄H₉COOH	пентанова кислота, валеріанова кислота
n = 5	C₅H₁₁COOH	гексанова кислота, капронова кислота

Номенклатура. Назви карбонових кислот за номенклатурою IUPAC утворюють з назви відповідного алкану, додаючи закінчення -ова і слово кислота. Головний ланцюг у молекулі кислоти вибирають так, щоб у нього обов'язково входила карбоксильна група.

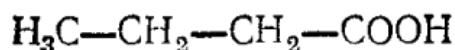
Положення радикалів у вуглецевому ланцюзі позначають цифрами. Нумерацію ланцюга починають з атома Карбону карбоксильної групи:



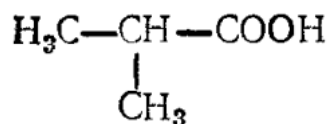
Для найпоширеніших карбонових кислот використовують тривіальні назви, які пов'язані переважно з джерелами їх виділення. Так, мурашина кислота міститься у мурашках, масляна кислота має запах старої олії, капронова входить до складу козячого жиру (лат. Capra – коза).

Ізомерія. Монокарбоновим кислотам властива ізомерія, пов'язана з розгалуженням карбонового ланцюга. Перші три представники

гомологічного ряду цих кислот ізомерів не мають. Масляна кислота існує у вигляді двох ізомерів: н-масляної

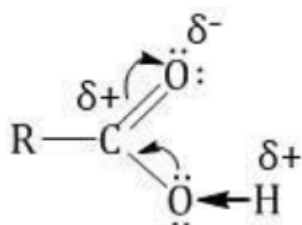


та ізомасляної (2-метилпропанової)



Хімічні властивості.

Властивості карбонових кислот зумовлені перш за все наявністю в їх молекулах карбоксильної групи. У карбоксильній групі

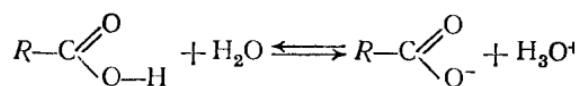


атом Оксигену карбонільної групи відтягує електронну густину і набуває надлишкового негативного заряду $-\delta$, атом Карбону набуває надлишкового позитивного заряду $+\delta$ і відтягує електронну густину від атома Оксигену

гідроксильної групи. В результаті цього атом Гідрогену в групі OH стає значно активнішим, ніж у OH-групі спиртів, і може відщеплюватися у вигляді протона H^+ .

Тому карбонові кислоти на відміну від спиртів дисоціюють у водних розчинах.

Дисоціація у водному розчині. Карбонові кислоти у водних розчинах дисоціюють:

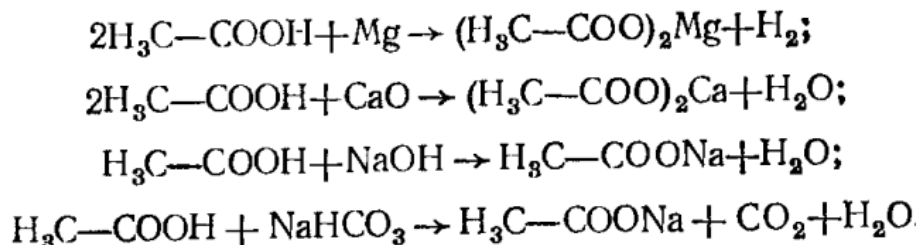


Проте порівняно з неорганічними кислотами HCl , HBr , HI , H_2SO_4 , HNO_3 , H_3PO_4 та іншими, органічні кислоти набагато слабші, але сильніші від карбонатної кислоти. Тому неорганічні кислоти витісняють карбонові

кислоти з їх солей, а карбонові кислоти в свою чергу витісняють карбонатну кислоту з її солей.

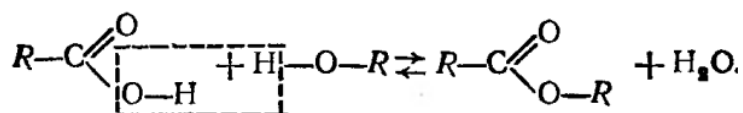
Взаємодія з металами, основними оксидами, основами.

Карбонові кислоти при взаємодії з активними металами, основними оксидами, основами, солями карбонатної кислоти утворюють солі:



Взаємодія зі спиртами (реакція естерифікації).

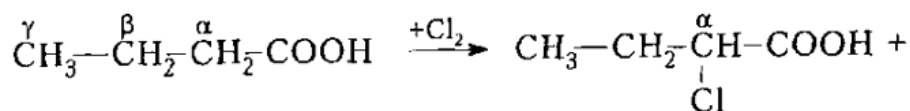
Карбонові кислоти вступають у реакцію зі спиртами. Продуктами такої взаємодії є відповідні естери:



Назва естеру походить від назви карбонової кислоти і спирту, з яких вони утворилися. Так, естер пропіонової кислоти і метилового спирту $\text{C}_2\text{H}_5-\text{COOCH}_3$ називають пропіловометилловим естером, або пропілметаноат.

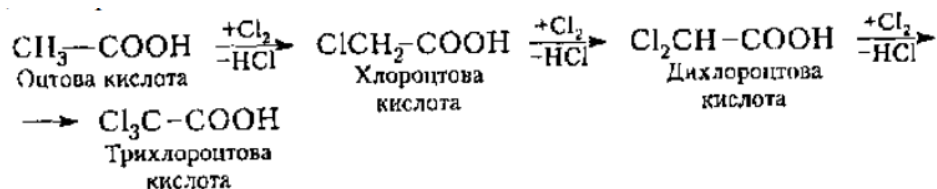
Для задовільного перебігу цієї реакції необхідно застосовувати кислотний каталіз процесу.

Взаємодія з галогенами. Карбоксильна група так впливає на вуглеводневий радикал, що атоми Гідрогену біля α -вуглецевого атома стають більш рухливими і можуть заміщуватися на галоген. Заміщення відбувається

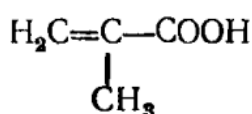
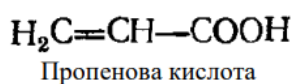


послідовно:

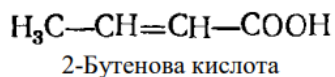
При хлоруванні оцтової кислоти в реакційній суміші утворюються також моно-, ди- і тригалогенопохідні:



Ненасичені монокарбонові кислоти. Якщо у вуглеводневому радикалі карбонової кислоти є подвійний чи потрійний зв'язок, то такі карбонові кислоти називають ненасиченими. Найпростішими карбоновими кислотами з подвійним зв'язком є:

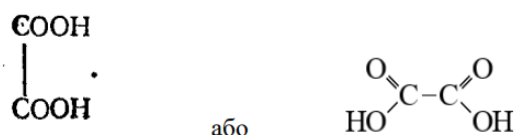


Метилпропенова кислота



Дикарбонові насичені кислоти. Дикарбоновими кислотами називають такі органічні сполуки, в молекули яких містяться дві карбоксильні групи.

Найпростішою є щавлева кислота



Це біла кристалічна речовина, добре розчиняється у воді, більш сильна кислота, ніж оцтова.

Щавлева кислота виявляє такі ж хімічні властивості, як і монокарбонові кислоти, але в хімічні реакції може вступати як одна, так і дві карбоксильні групи.

Взаємодія з лугами. При взаємодії з NaOH в реакцію вступає спочатку одна карбоксильна група, а при надлишку лугу і друга карбоксильна група:



Якщо цю реакцію проводити з КОН, то утворюється білий осад калій гідрогеноксалату, котрий розчиняється у надлишку лугу.

Взаємодія з розчинними солями двовалентних металів.

При взаємодії щавлевої кислоти з солями двовалентних металів утворюються нерозчинні у воді оксалати:

Питання для самоконтролю

1.Класифікація карбонових кислот.

2.Хімічні властивості

Тема9 Вуглеводи

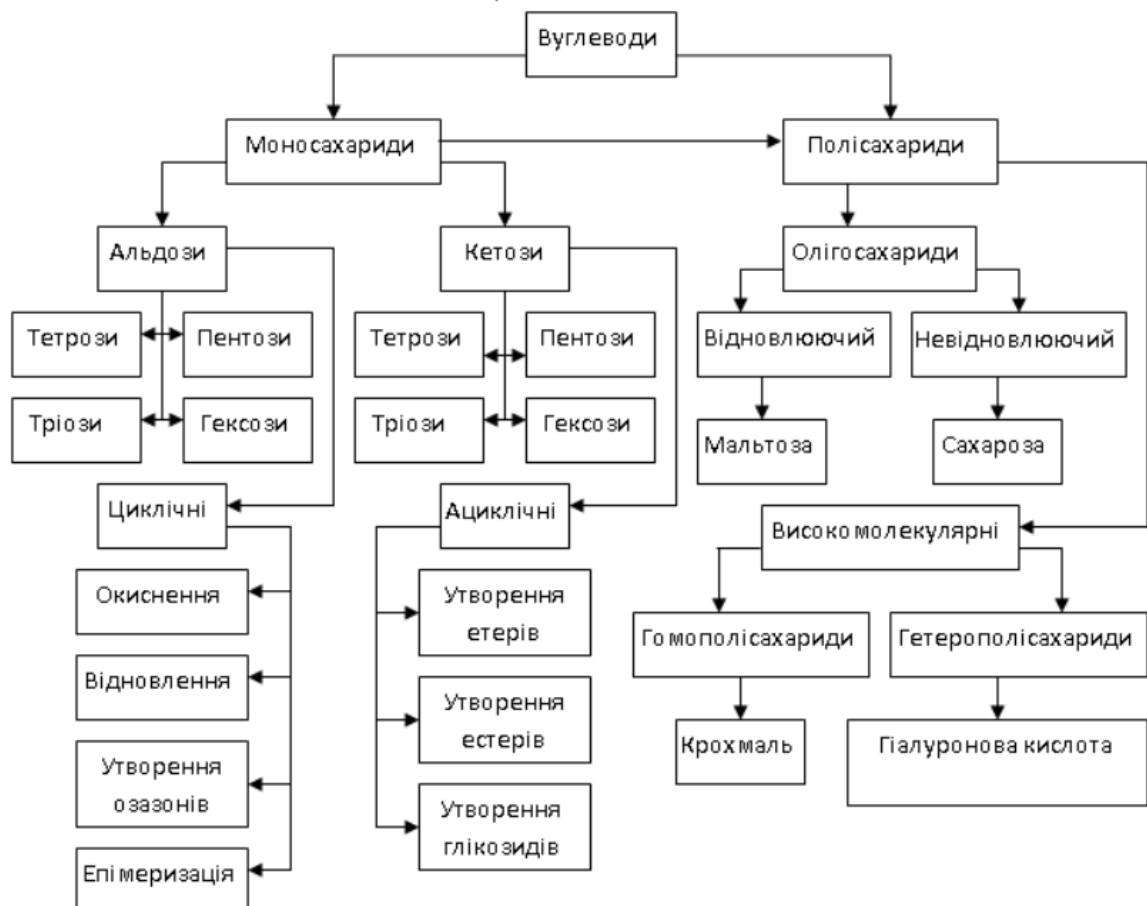
План

1.Класифікація. Будова та хімічні властивості вуглеводів

2.Моно- і дицукриди .

3.Оптична ізомерія.

4.Прості вуглеводи харчових продуктів.



Моно, ди-і поліцукриди.

Вуглеводи поділяють на прості (моно-) і складні (поліцукриди).

Моноцукриди (монози). Це гетерополіфункціональні сполуки, що містять карбонільну і кілька гідроксильних груп.

Моноцукриди мають молекулярну формулу $C_n(H_2O)_n$, яка і послужила основою для назви даного класу сполук (вуглець + вода). За своєю структурою монози відносяться до поліоксіальдегідів, або альдоз, або поліоксікетонів, або кетоз.

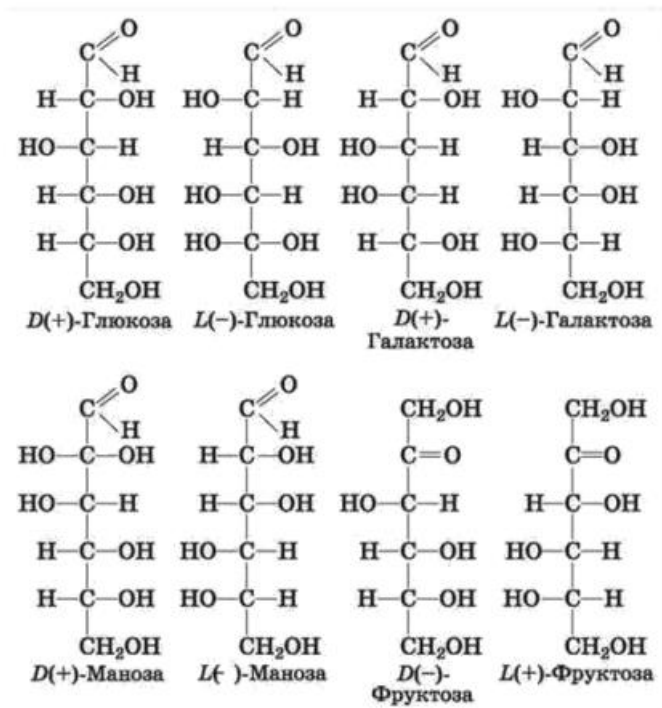
Залежно від числа атомів вуглецю монози ділять на тріози (три атоми вуглецю), тетрози (чотири атоми), пентози (п'ять атомів), гексози (шість атомів) і гептози (сім атомів). Залежно від будови карбонільної групи кожен з моноз позначають: альдотріоза, альдогексоза, кетогексоза і т.п.

За хімічною будовою вуглеводи поділяють на три основні групи:

моноцукриди, олігоцукриди й поліцукриди.

Моноцукриди. Моноцукриди є похідними багатоатомних спиртів і мають склад $C_nH_{2n}O_n$. Вуглеводи, окрім гідроксильних, містять карбонільну групу (альдегідну або кетонну). За функціональними групами вони поділяються на альдози і кетози. Моносахариди відрізняються різним характером будови і просторовим розташуванням функціональних груп. Моноцукриди зазвичай містять від 3 до 9 атомів вуглецю, причому найбільш поширеними у природі є пентози $C_5H_{10}O_5$ і гексози $C_6H_{12}O_6$.

Серед моноцукридів найпоширенішими є глюкоза, фруктоза, галактоза, арабіноза, ксилоза і D-рибоза.



Завдяки наявності у молекулах моноцукридів гідроксильних і карбонільної груп вони знаходяться зазвичай в таутомерній рівновазі зі своєю циклічною формою.

Таутомерні циклічні форми цукрів є внутрішніми напівацетелями.

У результаті утворення циклічної молекули з'являється новий асиметричний атом Карбону, який називають глікозидним (або аномерним).

Гідроксильна група біля цього атома має більшу реакційну здатність, ніж інші.

Глюкоза (виноградний цукор) – альдогексоза, що 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) – кетогексоза, міститься 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 лущинні, кукурудзяних початках. Ксилоза входить до складу пентозанів.

Серед моноцукридів особливе значення має Рибоза – універсальний компонент рибонуклеїнової (РНК) і дезоксирибонуклеїнової (ДНК) кислот – головних біологічно активних молекул, відповідальних за передачу спадкової інформації. Рибоза є складовою частиною аденозинтрифосфату АТФ і аденизиндифосфату АДФ, молекул, які акумулюють і переносять хімічну енергію у будь-якому живому організмі. Заміна в АТФ одного з фосфатних залишків на піридиновий фрагмент призводить до утворення речовини, що бере безпосередню участь в перебігу життєво важливих окиснювально-відновних процесів.

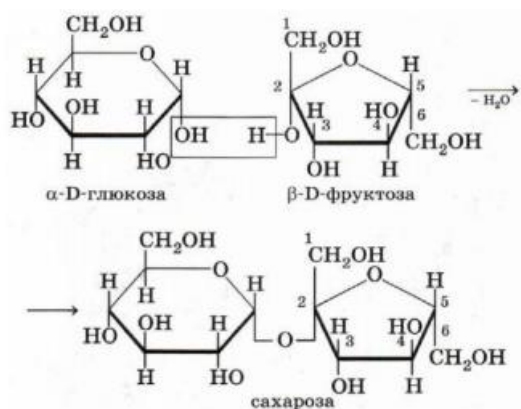
Олігоцукриди.

Молекули олігоцукридів утворені конденсацією від 2 до 10 залишків моносахаридів, які з'єднані глікозидними зв'язками.

Дицукриди – складні цукри, кожна молекула яких при гідролізі розпадається на дві молекули моносахаридів. Емпірична формула дисахаридів, утворених гексозами, $C_{12}H_{22}O_{11}$.

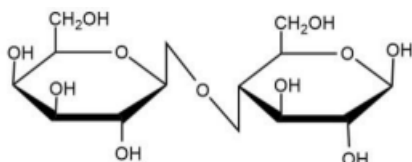
Серед дисахаридів найбільше значення мають мальтоза, лактоза, сахароза, целобіоза. Разом із полісахаридами дисахариди є основними вуглеводами в їжі людини і тварин.

Сахароза – дицукрид, молекула якого складається з одного залишку α -D-глюкози і одного залишку β -D-фруктози. На відміну від більшості дисахаридів, сахароза не має вільного напівацетального гідроксилу, тому й не проявляє відновлювальних властивостей. Харчовий цукор (тростинний або буряковий) – це сахароза.



Лактоза (лат. lactis — молоко) молочний цукор, вуглевод групи дисахаридів, міститься в молоці і молочних продуктах.

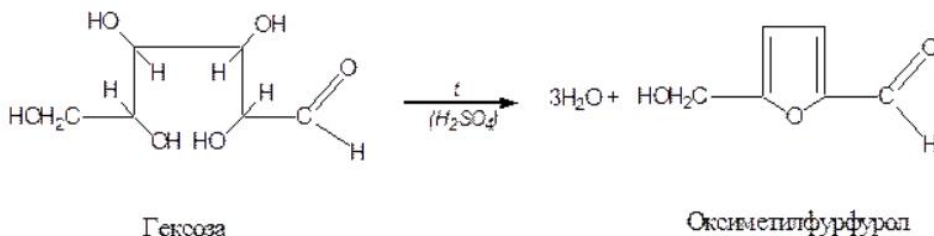
Молекула лактози складається із залишків молекул α -D-глюкози і α -D-галактози, має відновлювальні властивості.



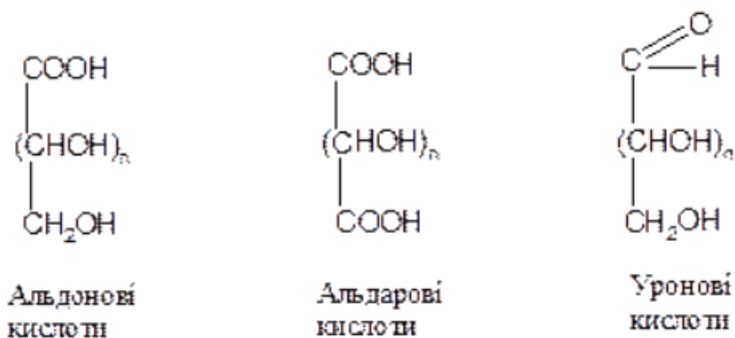
Серед природних трисахаридів найбільш відомою є рафіноза, до складу якої входять залишки фруктози, глюкози і галактози. У значних кількостях вона міститься в цукровому буряку і у багатьох інших рослинах, зокрема у бобових. Загаломолігосахариди присутні в рослинних тканинах.

Реакції карбонільних форм моноцукридів

1. Загальна реакція на вуглеводи (реакція Подобедова-Моліша).



2. Окиснення моносахаридів. Моносахариди легко окиснюються. Залежно від умов утворюються різні продукти — -онові, -арові, -уронові кислоти.

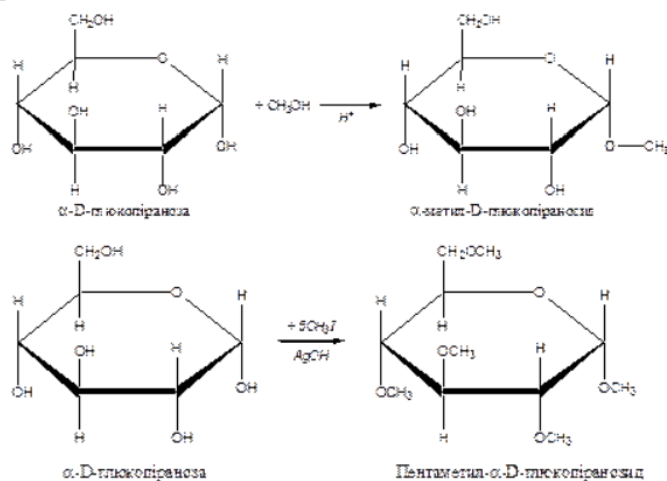


3. Відновлення моносахаридів – утворення багатоатомних спиртів (гліцинів).
4. Приєднання синильної кислоти.

5. Взаємодія з гідроксиламіном, фенілгіdraзином, утворення озонів.

Реакції гідроксильних груп. Якісна реакція на багатоатомні спирти. Реакції циклічних форм моносахаридів.

1. Алкілування. Слабкі (спирти) та сильні (галогеналкани) алкілюючі реагенти.

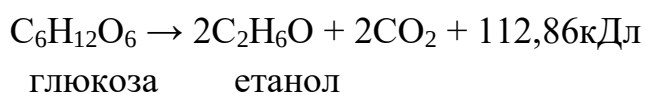


2. Ацилування. Слабкі (кислоти) та сильні (ангідриди або галогенангідриди кислот) ацилюючі засоби.

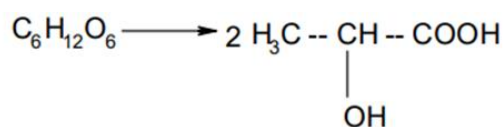
Бродіння моноцукридів.

Бродіння - складний процес розщеплення моносахаридів під впливом різних мікроорганізмів, який у більшості випадків супроводжується виділенням газоподібних речовин (CO_2 , H_2O , H_2 та інших).

1. Спиртове бродіння. Відбувається в присутності ферментів – дріжджів

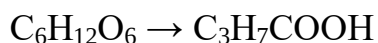


2. Молочнокисле бродіння в присутності молочнокислих бактерій

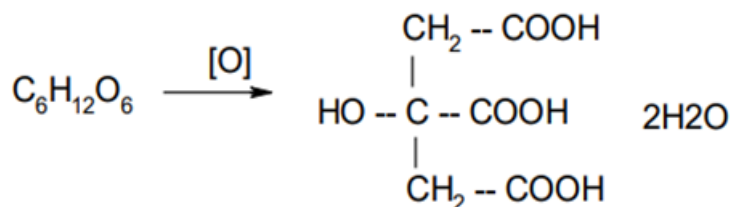


Глюкоза молочна кислота

3. Маслянокисле бродіння в присутності маслянокислих бактерій



4. Лимоннокисле бродіння в присутності ферментів



Глюкоза

Лимонна кислота

Олігоцукриди - складні вуглеводи, молекули яких містять декілька (від 2 до 10) сполучених між собою залишків моносахаридів.

Дицукриди – складні вуглеводи, молекули яких, приєднуючи воду, розщеплюються на дві молекули моноцукридів. Їх називають також біозами.

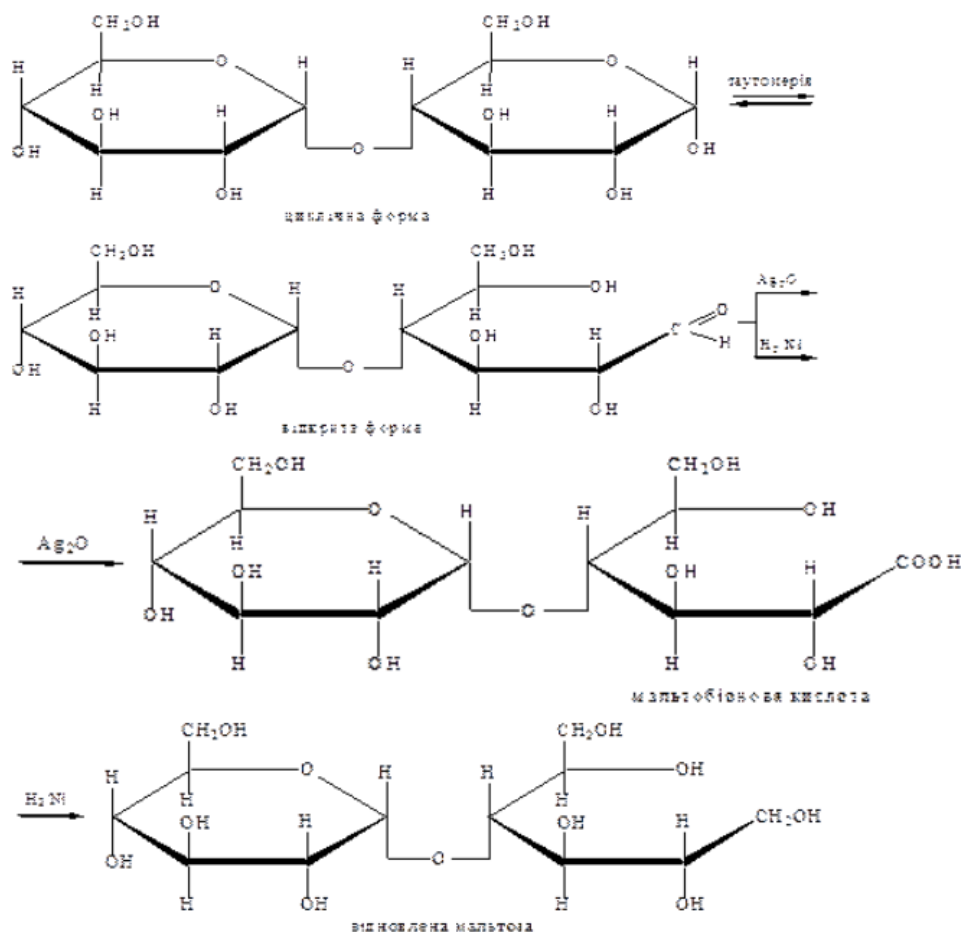
Дицукриди, що утворені гексозами, мають одну брутто-формулу $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$.

В утворенні зв'язку між моноцукридами обов'язково приймає участь від однієї молекули — глікозидний гідроксил, а від другої – або глікозидний, або спиртовий (глікозний).

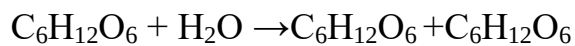
Залежно від того, за рахунок яких гідроксилів виділяється вода і здійснюється зв'язок залишків моносахаридів, дисахариди, що утворюються, поділяють за характером зв'язку на глікозид-глікозиди і глікозид-глікози, а за властивостями, відповідно, на невідновлюючі і відновлюючі.

За будовою дицукриди являють собою глікозиди, тому легко гідролізуються розведеними мінеральними кислотами і порівняно стійкі до лужного гідролізу.

Відновлюючі дицукриди виявляють властивості, характерні для карбонільної групи: мутаротують у розчинах, відновлюють фелінговий розчин, окиснюються до альдобіонових кислот, відновлюються до багатоатомних спиртів, утворюють оزازони, приєднують синильну кислоту.



Дицукриди, у той же час, є багатоатомними спиртами, тому розчиняють купрум (II) гідроксид з утворенням синього розчину.



Окремі представники дисахаридів, їх значення і використання.

Відновлюючі дицукриди: мальтоза або солодовий цукор, целобіоза, лактоза або молочний цукор.

Невідновлюючі дицукриди: сахароза, трегалоза або грибний цукор.

Трицукриди. Рафіноза є супутником сахарози, складається з галактози, глюкози і фруктози: α, D-галактопіранозидо-(1→6)- α, D-глюкопіранозидо-(1→2)- β, D-фруктопіранозид.

Поліцукриди — вуглеводи, які багато в чому відрізняються від моносахаридів і дисахаридів, не мають солодкого смаку і майже не розчинні в воді. Важливі представники полісахаридів — крохмаль і целюлоза. Їх молекули побудовані з ланок — (C₆H₁₀O₅), є залишками шестичленних циклічних форм молекул глюкози, що втратили молекулу води, тому склад крохмалю та целюлози виражається однією формулою (C₆H₁₀O₅).

Питання для самоконтролю

- 1.Класифікація вуглеводів.
- 2.Хімічні властивості моно- і дицукридів

Тема 10.Ароматичні сполуки

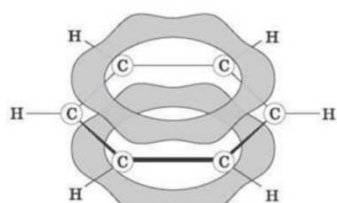
План

- 1.Характеристика бензолу, фенолу та їх похідних.
- 2.Структура і хімічні властивості

Бензол — (C_6H_6) при нормальних умовах безбарвна легка рідина з характерним запахом з температурою кипіння $80^\circ C$. Бензол майже нерозчинний у воді, але сам є розчинником багатьох органічних речовин. Однак, через високу токсичність і канцерогенність його лабораторне використання наразі дуже обмежено.



Будова молекули бензену. Атоми вуглецю в молекулі бензену знаходяться в стані sp^2 -гібридизації (за рахунок наявності трьох гібридних орбіталей). Четверта орбіталь кожного атома карбону негібридизована і розташовується перпендикулярно до площини шестикутника. Негібридизовані орбіталі перекриваються із сусідніми орбіталями над і під площиною шестикутника, утворюючи таким чином замкнену π -електронну хмару.



π-електронна хмара в молекулі бензену

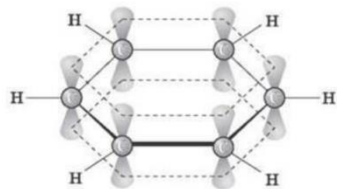
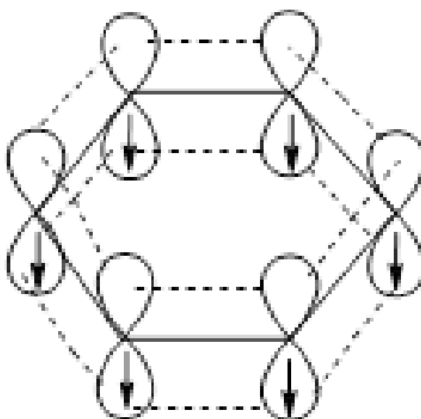
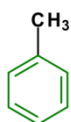


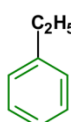
Схема делокалізації π-електронів



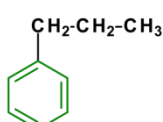
Гомологи бензолу.



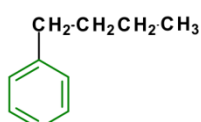
метилбензол



етилбензол

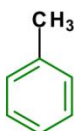


пропилбензол

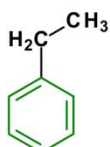


бутилбензол

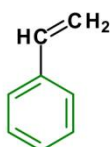
Тривіальні назви похідних бензолу.



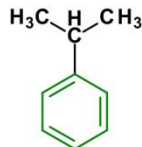
толуол
(метилбензол)



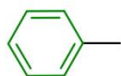
етилбензол



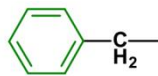
стирол
(стирен,
вінілбензол)



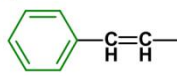
кумол
(ізопропилбензол)



феніл



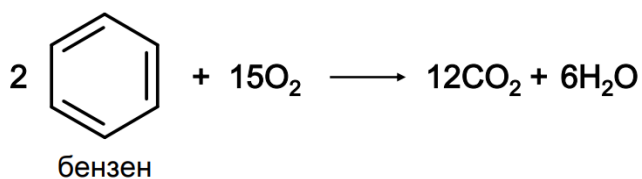
бензил



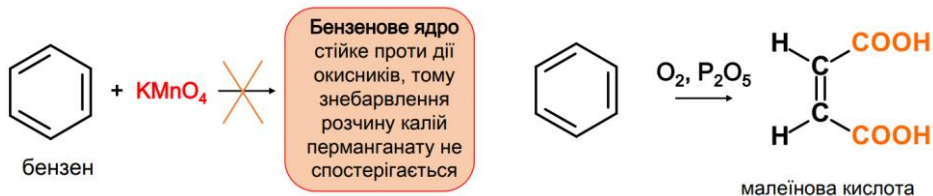
стирил

Хімічні властивості бензену.

1) Повне окиснення (горіння)

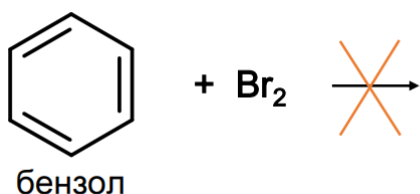
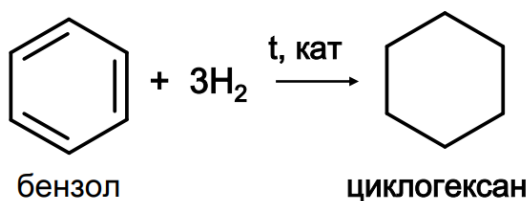


а) часткове окиснення



2) Реакції приєднання (водню)

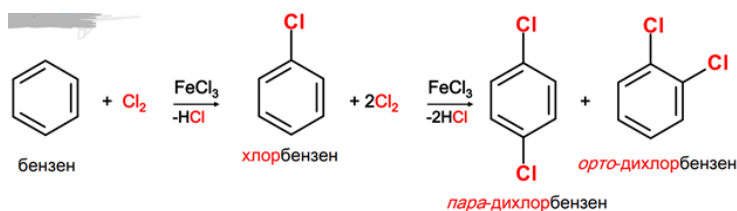
Реакція приєднання водню —одна з небагатьох реакцій приєднання, які є типовими для ненасичених вуглеводнів.



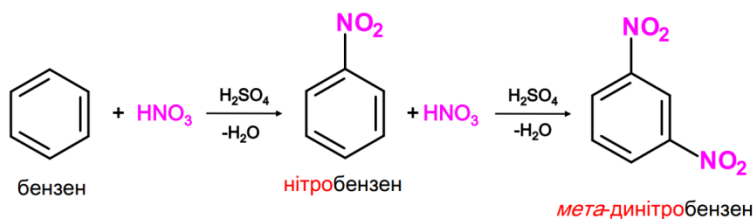
Бензенове ядро стійке до реакції приєднання галогенів, тому знебарвлення розчину бромної води не відбувається

3) Реакції заміщення

а) хлорування. При дії на бензол хлору або броду в присутності каталізаторів, наприклад, заліза, відбувається послідовне заміщення атомів водню галогеном, причому дотримуються так званих правил орієнтації: із хлорбензолу отримують переважно пара-ізомер дихлорбензолу.



б) нітрування

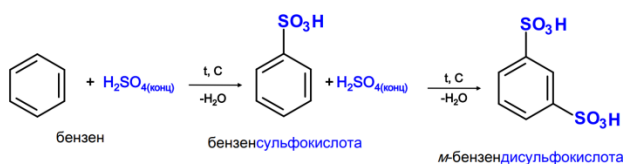


При дії на бензол нітруючої суміші (суміші азотної та сірчаної кислот) відбувається заміщення водневих атомів нітрогрупою.

При подальшому нітруванні також додержуються правила заміщення: із нітробензолу утворюється мета-ізомер динітробензолу.

3) Реакції заміщення

в) сульфування. При дії на бензол концентрованої сірчаної кислоти йде реакція сульфування: водневі атоми заміщуються сульфогрупою. При цьому утворюється моно-сульфо кислота та м-дисульфо кислота



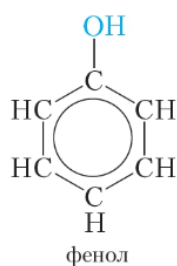
Фенол (карболка, карболова кислота) — органічна сполука складу C_6H_5OH . За звичайних умов фенол є білою або безбарвною кристалічною речовиною із солодкуватим запахом, помірно розчинною у воді.

Молекула фенолу складається з бензенового ядра, безпосередньо до якого приєднана гідроксильна група (альтернативна назва фенолу — гідроксибензен чи гідроксибензол).

Наявність гідроксильної групи визначає приналежність фенолу до ряду спиртів, а окрім цього він є найпростішим представником ряду фенолів, в яких до бензенового кільця приєднано одну або більше гідроксильну групу.

Оскільки гідроксильна група у молекулах спиртів визначає кислотні властивості, раніше фенол мав назву карболова кислота. Проявляючи кислотні властивості, фенол, аналогічно до інших спиртів, взаємодіє з лугами із утворенням солей — фенолятів.

Феноли — слабкі кислоти. Близькість бензольного кільця посилює полярність групи OH , що дозволяє виділяти з нього водень у вигляді протона. Спирти, в яких група OH приєднана до вуглецевого ланцюга, є натомість нейтральними сполуками.



Фенол — їдка отруйна речовина. Під час роботи з ним потрібно використовувати засоби індивідуального захисту. У хімічних лабораторіях із фенолом працюють у захисних рукавичках й у витяжній шафі. Типовими шляхами потрапляння фенолу до організму є проковтування, удихання пари та всмоктування крізь шкіру, він шкідливий майже для всіх систем організму.

Потрапляння фенолу на шкіру призводить до хімічних опіків — адже він зумовлює денатурування білків. Розбавлений водний розчин фенолу застосовують як антисептик у медицині й дотепер використовують у ветеринарії як консервант.

Застосування фенолу зумовлено комплексом його властивостей.

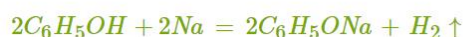
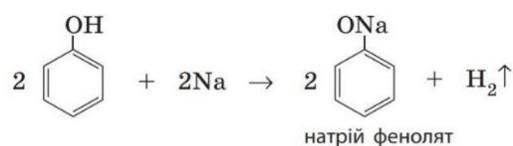
Ця речовина є продуктом багатотоннажного органічного синтезу й сировиною для виготовлення барвників, пестицидів, лікарських препаратів, фенол-формальдегідних смол і синтетичних волокон. Майже половина одержаного фенолу йде на виробництво полікарбонатів та епоксидних смол.

Завдяки механічним та оптичним властивостям полікарбонатів їх використовують для виготовлення лінз, фар, компакт-дисків, а також прозорих матеріалів для крівлі й фасадів будівель, шумових загороджень доріг тощо. Значні обсяги фенолу витрачають на виробництво фенол-формальдегідних смол. Ці смоли є в'язучим компонентом деревоволокнистих та деревостружкових плит. Із пластмас на основі цих смол виготовляють східці для ескалаторів метро, електролічильники, вимикачі, корпуси телефонів та інших апаратів.

Молекули фенолу містять бензенове ядро (як арени) та гідроксильну групу (як спирти), отже, він має виявляти властивості як аренів, так і спиртів.

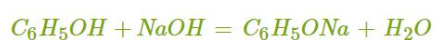
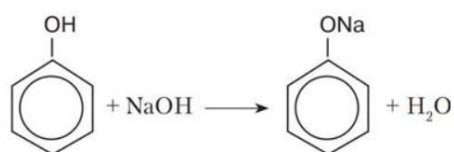
1. Взаємодія з лужними металами.

Феноли виявляють кислотні властивості і за звичайних умов взаємодіють з активними металами. Реакція відбувається так само, як і у спиртів: атоми металічних елементів заміщують атоми Гідрогену гідроксильної групи:



2. Взаємодія з лугами.

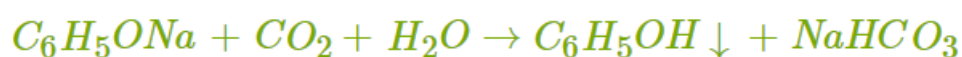
Феноли виявляють сильніші кислотні властивості, ніж спирти, і на відміну від них взаємодіють з лугами:



Здатність фенолу взаємодіяти з лугами зумовлена впливом бензенowego ядра на зв'язок О–Н у гідроксильній групі. Завдяки цьому впливу зв'язок О–Н більш полярний, ніж у спиртах, і легше розривається. Унаслідок цього фенол хоч і незначною мірою, але дисоціює у водному розчині:

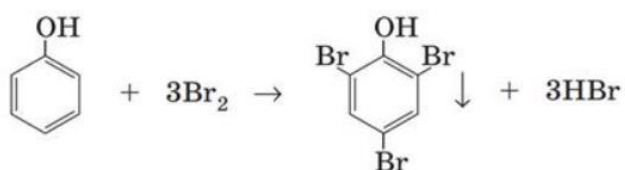


Але кислотні властивості фенолу настільки слабкі, що навіть така слабка кислота, як карбонатна, витісняє фенол із розчину його солей:



3. Взаємодія з бромом.

Фенол активно взаємодіє з бромом. Під час змішування розчину фенолу з бромною водою за звичайних умов утворюється нерозчинний білий осад 2,4,6-трибромфенолу:



Реакцію з бромом використовують для виявлення фенолу в розчині — це якісна реакція на фенол. Ця хімічна властивість фенолу характеризує вплив гідроксильної групи на бензенове ядро. Бензен взаємодіє з бромом за досить жорстких умов.

Якщо в молекулі бензену замінити атом Гідрогену на групу $-\text{OH}$, то реакційна здатність бензенового ядра суттєво зростає: у фенолу хімічна активність набагато вища за бензен. Хімічні реакції заміщення атомів Гідрогену в бензеновому ядрі фенолу відбуваються набагато активніше. Зокрема, фенол бромується за звичайних умов навіть з розчином броду (бромною водою) із заміщенням одразу трьох атомів Гідрогену в бензеновому ядрі.

4. Реакція нітрування.

Як і бензен, фенол піддається нітруванню дією нітратної кислоти. Але, на відміну від бензену, реакція відбувається навіть за звичайних умов або за незначного нагрівання із заміщенням трьох атомів Гідрогену в бензеновому ядрі:



Продукт повного нітрування фенолу — 2,4,6-тринітрофенол — жовта кристалічна речовина, інша її назва — пікринова кислота. Цю кислоту спочатку використовували як жовтий барвник для вовни та шовку, а потім виявили її вибухові властивості. Сьогодні пікринову кислоту застосовують у криміналістичній практиці для виявлення деяких наркотичних речовин.

Питання для самоконтролю

- 1.Класифікація ароматичних сполук.
- 2.Хімічні властивості.

Тема 11 Біохімічні сполуки та їх значення у харчовій хімії

План

- 1.Пептидний 3в'язок і побудова білкової молекули.
- 2.Структури білку.
- 3.Класифікація білку та наявність його у харчових продуктах, функції Обмін білків

Амінокислоти як структурні компоненти білків, їхня класифікація, властивості.

Амінокислоти – це похідні карбонових кислот, що містять також аміногрупу. У природі зустрічається близько 300 амінокислот.

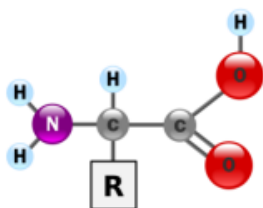
Їх відносять до двох груп:

- 1) вільні амінокислоти (непротеїногенні), що не входять до складу білків;
- 2) протеїногенні, ковалентно зв'язані одна з одною у складі пептидів і білків.

Непротеїногенні амінокислоти більш різноманітні та численніші порівняно з протеїногенними. Зокрема, багато амінокислот міститься в пептидних антибіотиках або є проміжними продуктами обміну білків.

Лише двадцять амінокислот входять до складу білків у різній, але строго визначеній для кожного білка послідовності.

Протеїногенні амінокислоти містять аміногрупу біля атома Карбону, пов'язаного з карбоксильною групою та відрізняються одна від одної структурою і складом групи R (бічний ланцюг).



За хімічною будовою вирізняють амінокислоти:

аліфатичні – гліцин (Глі), аланін (Ала), валін (Вал), лейцин (Лей), ізолейцин (Ілей);

оксикислоти – серин (Сер), треонін (Тре);

дикарбонові – аспарагінова кислота (Асп), глутамінова кислота (Глу);

двоосновні – лізин (Ліз), гістидин (Гіс), аргінін (Арг);

ароматичні – феніланін (Фен), тирозин (Тир), триптофан (Три);

сіркоутримуючі – цистеїн (Цис), цистин (Цит), метіонін (Мет).

За біохімічним призначенням амінокислоти бувають:

глюкогенні – через ряд хімічних перетворень надходять на шлях гліколізу (окислення глюкози) – Глі, Ала, Тре, Вал, Асп, Глу, Арг, Гіс, Мет.

кетогенні – беруть участь в утворенні кетонових тіл – Лей, Іле, Тир, Фен.

За харчовою цінністю виокремлюють групу незамінних амінокислот, які не синтезуються в організмі людини – Гіс, Іле, Лей, Ліз, Мет, Фен, Тре, Три, Вал, а у дітей – Арг, Гіс.

Завдяки наявності в молекулі амінокислот одночасно амінної(основної) і карбоксильної (кислотної) груп цим сполукам властиві кислотно-основні властивості (амфотерність).

У нейтральному середовищі вони перебувають у вигляді біполярних іонів.

Фізико-хімічні властивості амінокислот. За хімічними властивостями амінокислоти, що мають у своєму складі амінні і карбоксильні групи, є амфотерними електролітами.

Амінокислотам властиві висока розчинність у воді, високі значення діелектричних постійних і температури плавлення.

Амінокислоти містять також різноманітні функціональні групи, більшість яких можна виявляти за допомогою дуже чутливих і специфічних кольорових реакцій.

Їх виявляють навіть в малих кількостях у складі складних сумішей, білковій сировині рослинного і тваринного походження. В основі кількісного визначення амінокислот і білків лежить реакція з нінгідрином.

Аміногрупи амінокислот (пептидів, білків) можуть вступати в реакцію з карбонільними групами альдегідів і цукрами, що відновлюються. Це реакції меланоїдиноутворення.

Одержувані з амінокислот альдегіди мають приємний запах.

Поєднання запахів різних альдегідів визначає аромат багатьох харчових продуктів.

Амінокислоти з органічної сировини одержують ферментативним (амінокислоти утворюються в процесі життєдіяльності мікроорганізмів) та гідролітичним методом (гідроліз відходів, переважно, м'ясної промисловості).

Методами органічного синтезу (ціангідринним, амінуванням галогенозаміщених карбонових кислот, приєднанням амоніаку до ненасичених кислот, відновленням нітропохідних карбонових кислот) отримують синтетичні амінокислоти.

Карбоксильна група однієї амінокислоти може взаємодіяти із аміногрупою іншої, у результаті утворюється амідний зв'язок, який називають пептидним.

Білки – це полімерні сполуки, які утворені з залишків α -амінокислот, з'єднаних між собою пептидним зв'язком.

Даний зв'язок достатньо стабільний і розрив його відбувається лише за участю каталізаторів – специфічних ферментів. За допомогою такого зв'язку амінокислоти об'єднуються в достатньо довгі ланцюжки, які носять назву поліпептидних.

У білковій молекулі крім поліпептидних є ще дисульфідні зв'язки – S – S-, які з'єднують між собою окремі пептидні ділянки одного і того ж поліпептидного ланцюга, утворюючи спіраль.

Структура білкової молекули.

Білки – лінійні природні полімери, що не розгалужуються, мінімальна структурна одиниця яких – амінокислота (АК). Амінокислоти з'єднані між собою пептидним зв'язком у певній нерегулярній послідовності.

До білків відносять поліпептиди, які здатні мимоволі формувати і утримувати певну просторову структуру, яка називається конформацією. Стабілізація такої структури можлива лише при досягненні поліпептидами певної довжини. Тільки маючи певну просторову будову, білок може функціонувати.

Виокремлюють чотири рівні організації білкової молекули.

Первинним рівнем (або первинною структурою) називають унікальну послідовність амінокислотних залишків, з'єднаних між собою пептидним зв'язком.

Вторинна структура – це просторове розташування атомів головного ланцюга молекули білка, згортання у спіраль або іншу компактнішу структуру. Вона утворюється і утримується в просторі за рахунок утворення водневих зв'язків між боковими угрупованнями амінокислот основного ланцюга. Виділяють два основні способи утворення вторинної структури – альфа-спіралі і бета-листи.

Третинна структура – це властивий даному білку спосіб укладання поліпептидного ланцюга у просторі.

Вона забезпечує стабільність окремих великих ділянок білків, що складаються з безлічі амінокислотних залишків та бокових груп. Такі впорядковані в просторі ділянки білка формують активні центри ферментів або зони зв'язування.

Третинна структура є визначальною у житті білкової молекули, а її пошкодження приводить до втрати функціональної активності білка. Стабільність третинної структури залежить в основному від водневих зв'язків і ван-дер-ваальсових сил, що виникають між певними ділянками пептидного ланцюга.

Четвертинна структура – розміщення в просторі взаємодіючих між собою субодиниць, утворених окремими поліпептидними ланцюгами.

У формуванні четвертинної структури беруть участь не пептидні ланцюги, а глобули, які утворені з кожного з цих ланцюгів окремо.

Четвертинна структура – це вищий рівень організації білкової молекули і він властивий далеко не всім білкам.

Така структура утворена водневими зв'язками та силами електростатичної взаємодії.

За просторовою структурою білки поділяють на глобулярні і фібрилярні.

Глобулярні білки складаються з одного чи декількох поліпептидних ланцюгів, щільно згорнутих завдяки нековалентним чи ковалентним зв'язкам у компактну частинку – глобулу. Зазвичай вони добре розчиняються у воді. До цієї групи належать ферменти, антитіла, багато гормонів, білки-переносники кисню (міоглобін, гемоглобін, сировотковий альбумін). Більшість білків мають глобулярну форму.

Фібрилярні білки утворені витягнутими чи спіралізованими поліпептидними ланцюгами, що утримуються паралельно за рахунок зв'язків.

Поліпептидні ланцюги об'єднані у волокна (фібрили). Такі білки не розчиняються у воді. Із них побудовані волосся, нігті, пір'їни (кератини), сухожилля (колаген), зв'язки (еластин), шовк, павутина (фіброїн).

Класифікація білків.

За розчинністю білки поділяються на водорозчинні, сольоворозчинні, спирторозчинні, нерозчинні і ін.; за конформаційною структурою – на фібрилярні, глобулярні.

Прості білки – протеїни – складаються тільки з амінокислот, складні білки – протеїди – крім амінокислот містять в складі небілкові включення (вуглеводи, ліпіди, метали, нуклеїнові кислоти).

До протеїнів належать такі групи білків:

1. Альбуміни – розчинні у воді, не розчинні у концентрованих сольових розчинах. рН їхніх розчинів становить 4,6...4,7. Існують альбуміни молока, яєць, сироватки крові.
2. Глобуліни – не розчинні у воді, але розчинні у сольових розчинах. До цієї групи належать імуноглобуліни.
3. Гістони – розчинні у воді, у слабokonцентрованих кислотах. Проявляють основні властивості. Це білки ядра клітини, вони пов'язані з ДНК і РНК.
4. Склеропротеїни – білки опорних тканин (хрящів, кісток), шерсті, волосся. Не розчинні у воді, слабких кислотах і лугах.

До цієї групи належать:

- а) колагени – фібрилярні білки сполучної тканини, які при тривалому кип'ятінні розчиняються у воді і при застиганні утворюється желатин;
- б) еластини – білки зв'язок і сухожиль. За властивостями схожі на колаген, але піддаються гідролізу під дією ферментів травного соку;
- в) кератин – входить до складу волосся, пір'я, копит;
- г) фиброїн – білок шовку, в своєму складі містить багато серину;
- д) проламіни і глютеніни – білки рослинного походження.

Протеїди класифікують залежно від хімічної природи простетичної групи. До них належать:

1. Нуклеопротеїди, у яких пептидні ланцюги з'єднані з нуклеїновими кислотами. Серед численних класів нуклепротеїдів найбільш вивченими є рибосоми, що складаються з декількох молекул РНК і рибосомних білків, і

хроматин – який складається з ДНК і структурообrazуючих білків – гістонов (містяться в клітинному ядрі і мітохондріях).

2. Гемопротейди – небілковий компонент цих протеїдів – гем. До таких білків відносяться: гемоглобін, міоглобін, цитохроми. Цей клас білків ще називають хромопротейди, оскільки гем є забарвленою сполукою. Вони здійснюють важливі функції.

Гемоглобін транспортує кисень. Міоглобін забезпечує запасання кисню в м'язах. Цитохроми (ферменти) здійснюють каталіз окислювально-відновлювальних реакцій і електронний транспорт у дихальному ланцюзі.

3. Металопротейди – до складу простетичної групи входять метали. Хлорофіл містить гем, але в ньому замість заліза знаходиться магній, а цитохроми містять мідь.

4. Ліпопротейди – крім білка містять ліпіди. Вони входять до складу клітинних мембран.

5. Фосфопротейди містять залишок фосфорної кислоти.

6. Глюкопротейди містять вуглеводи.

Молекула білка має строго визначений генетично закодований амінокислотний склад, специфічні фізико-хімічні властивості, специфічну біологічну функцію у живій клітині, що обумовлює цільове призначення білка, не властиве жодному іншому класу біологічно-активних речовин.

Строга специфічність біологічних функцій білків – основа обміну речовин у живій клітині.

Кожна біологічна реакція в організмі людини відбувається із прямою чи побічною участю білків.

Основні біологічні функції білків.

Ферментативна (каталітична) функція. Без неї не протікає ні одна біохімічна реакція у живій клітині. Ферменти – функціональний тип білків. Синтез і розкладання речовин, регуляція хімічних процесів, перенесення хімічних груп і електронів від однієї речовини до іншої здійснюється за допомогою цих специфічних білків.

На сьогодні відкрито біля 3 тисяч різних ферментів, кожний із яких каталізує певну хімічну реакцію.

Зокрема, α -амілаза впливає на процеси гідролізу крохмалю; пепсин (шлунковий фермент) руйнує молекули білків.

2. Гормональна функція. Білки-гормони забезпечують регулювання обміну речовин в середині клітини та інтеграцію обміну речовин різних клітин цілого організму. Наприклад, гормон інсулін регулює вуглеводний, білковий, жировий обміни.

3. Транспортна функція полягає у зв'язуванні і транспортуванні речовин між тканинами через мембрани. До таких білків відносяться ліпопротеїни, які переносять кисень у м'язеві тканини; гемоглобін (джерело вільної хімічної енергії), який зв'язує кисень повітря при проходженні його через легені і подає його до периферійних тканин, де відбувається окиснення компонентів їжі; пермеази, що зв'язують глюкозу, амінокислоти та інші харчові речовини і переносять їх через мембрани всередину клітини.

4. Хіміко-механічна (скорочувальна) функція. Білки перетворюють вільну хімічну енергію в механічну роботу. Таку функцію виконують білки м'язових тканин: міозин, що закріплений у нитках м'язових волокон – міофібрилах, і актин, який міститься у рухливих міофібрилах.

5. Структурна функція. Цю функцію виконують білки, які беруть участь у будові різних мембран (плазматичних, мітохондріальних). До них відносяться також білки, які забезпечують міцність опорних тканин: колаген – структурний елемент опорного каркаса кісткової тканини, хрящів, сухожил'я – має дуже високу міцність на розрив; кератин – структурна основа шерсті, волосся, пір'я, копит, рогів; еластин – білок здатний розтягуватися у двох вимірах.

6. Захисна функція. Антитіла, які утворюються під час надходження в організм сторонніх речовин, також є білки. Ці сполуки утворюють із токсинами малоактивні комплекси, які виводяться із організму, виконують антитоксичну функцію.

7. Резервна функція. Використання білків у якості запасних матеріалів для живлення клітин, що розвиваються. До них відносяться проламіни, глютеїни – білки хлібних культур; альбумін – яєчний білок, що використовується для розвитку зародка; казеїн молока – білок, що використовується для годування новонароджених ссавців.

8. Спеціальні функції. До цієї групи належать рецепторні білки, які забезпечують передачу імпульсів між нервовими клітинами і передачу

сприйняття світла; білки, що захищають від замерзання кров риб у холодних водах.

9. Енергетична. При дефіциті вуглеводів і жирів у раціоні білок є джерелом енергії. При окисненні 1 г білка виділяється 4 ккал енергії.

Якісне та кількісне визначення білків.

Присутність білків у харчових об'єктах встановлюється за допомогою якісних реакцій, які умовно поділяють на дві групи:

- а) кольорові реакції;
- б) реакції осадження.

Серед першої групи розрізняють універсальні реакції (біуретова реакція на пептидні зв'язки та нінгідрінова на αамінокислоти) та специфічні, зумовлені реакціями функціональних груп певних амінокислот присутніх в білках. Так, ксантопротеїнова реакція свідчить про наявність в білках залишків ароматичних амінокислот, реакція Паулі – гістидину і тирозину, Адамкевича і Вуазене – триптофану, нітропруссидна – цистеїну, а реакція Сакагучи – аргініну. За результатами специфічних реакцій орієнтовно можна судити про харчову цінність білків.

Біуретова реакція. У лужному середовищі в присутності йонів купруму (II) розчини білків і пептидів набувають фіолетового забарвлення з червоним або синім відтінком залежно від кількості пептидних зв'язків.

Ксантопротеїнова реакція на ароматичне кільце циклічних амінокислот. В результаті нітрування бензольного кільця утворюється жовтий осад, який в надлишку лугу переходить в оранжеве забарвлення.

У другій групі реакцій білки осаджують дією солей, органічних розчинників, концентровано-ваних кислот, лугів, йонів важких металів, температури і в ізоелектричної точці. Білки в розчиненому стані вкрай нестійкі, тому при додаванні органічних розчинників (спирт, ацетон), концентрованих розчинів нейтральних солей лужних металів і впливі фізичних факторів (нагрівання, опромінення, ультразвук) гідратна оболонка руйнується і вони випадають в осад.

Для кількісного визначення білків у лікарських засобах і біологічному матеріалі найчастіше застосовують фотоколориметричні і спектрофотометричні методи, у деяких випадках використовують визначення

білка за вмістом загального нітрогену (азотометрія), а також фотонейфелометричні методи.

Функціональні властивості білків.

Під функціональними властивостями мають на увазі ті властивості, які визначають їх зміни під час переробки у харчові продукти та забезпечують певну структуру, технологічні та споживні властивості.

До найбільш важливих функціональних властивостей білків належать: водозв'язувальні; жирозв'язувальні; структуроутворювальні (піноутворювальні та драглеутворювальні).

Здатність білків зв'язувати на своїй контактній поверхні воду-одна із характерних фізико-хімічних властивостей, що відіграє важливу роль у технології харчових продуктів.

З гідрофільністю пов'язані такі процеси, як набухання і розчинність білків, їх осадження і денатурація при дії жорстких фізико-хімічних факторів середовища.

Гідрофільність являє собою наслідок дії електростатичних сил протягування, що розвиваються між йоногенними і полярними групами білкової глобули і диполями води.

Контактуючи з водою сухий білок набухає, молекули води проникають у білкову масу і в результаті гідратації молекули білка роз'єднуються. Важливу роль тут відіграють не тільки електростатичні сили, але і сили осмосу.

Набухлий білок можна вважати розчином води у білку; енергія набухання велика. Подальше поглинання води призводить до розчинення білка.

Розчинення пов'язане з хімічною структурою білка.

Оскільки амінокислотний склад білків різний, розчинність білків коливається у широких межах і буде визначатись співвідношенням гідрофільних (іоногенних і полярних) і гідрофобних (неполярних) R – груп, специфікою укладання їх у трьохвимірну структуру; чим більше гідрофільних R – груп на поверхні білкової молекули, тим вища її гідрофільність і тим вища розчинність білка; поверхневі гідрофобні R – групи зменшують розчинність.

Глобулярні білки краще розчинні, ніж фібрилярні.

Кількість зв'язаної води для різних білків складає біля 0,15-0,35 г на 1 г білка.

Вплив електростатичних сил на розчинність білків залежить від рН середовища. Білки є амфотерними електролітами, оскільки вони містять карбоксильні і амінні групи та можуть дисоціювати і як кислоти, і як луги. Але за рН, яке близьке до ізоелектричної точки, розчинність білків найменша. В ізоелектричній точці спостерігається також найменша в'язкість розчинів білків та найлегше білки осідають з розчинів.

Але сам по собі білок не виділяється у вигляді осаду. Це можна зробити за допомогою нейтральних солей у високих концентраціях (сульфат амонію, фосфат натрію або калію) або органічних розчинників (спирту, ацетону).

Процес вилучення білка з розчину під дією солей називається висолюванням.

Висолювання є зворотнім процесом. Після видалення осаду білки знову можна розчинити. Розчини білків є колоїдними розчинами.

Денатурація білків.

Нативна (природна) конформація глобулярного білка, піддається змінам під дією жорстких фізико-хімічних факторів середовища. Ці зміни одержали назву – денатурація) білка.

Денатурація – це наслідок руйнування нативної структури білків, який супроводжується втратою біологічної активності (ферментативної, гормональної).

Фактори, що викликають денатурацію білків, поділяють на фізичні і хімічні.

До фізичних належать нагрівання, механічне перемішування, ультразвук, ультрафіолетові і іонізуючі промені.

До хімічних – дія агресивних реагентів, таких як кислоти, луги, солі важких металів (Ag, Pb, Hg), сечовина, таннін, трихлороцтова кислота, гуанідин.

Теплова денатурація є одним із характерних ознак білків, але для різних білків температурна денатурація різна. Білки тваринного походження термолабільні: їх денатурація починається уже при 40°C і швидко зростає з підвищенням температури. Але відомі білки які стійкі до нагрівання, наприклад трипсин, хі-мोटрипсин, α -лактоглобулін молока, α - амілаза деяких бактерій.

Сухі білки більш стійкі до теплової денатурації, ніж білки у розчині. З тієї ж причини концентровані розчини білків більш стійкі порівняно з розбавленими розчинами білків.

Часто теплову денатурацію білків ототожнюють з їх коагуляцією. Але ці два процеси суттєво відрізняються за своєю фізико-хімічною суттю. Теплова денатурація білків є причиною їх агрегації і коагуляції (випадання в осад). Однак денатурація не завжди призводить до коагуляції. Денатурований білок за певних умов може залишатися в розчині.

Найбільш типовими ознаками денатурації є такі:

1. Зниження гідрофільності і розчинності білків, внаслідок чого зменшується стійкість їх розчинів;
2. Збільшення в'язкості розчинів, втрата здатності до кристалізації;
3. Зменшення молекулярної маси і зміна форми білка;
4. Молекула переходить у хаотичний стан – поліпептидні ланцюги спочатку розгортаються, проходячи стадію нитки, а потім знову згортаються, але вже по-іншому, тобто проходить зміна конформації молекули білка. Внаслідок цього збільшується здатність білка до розщеплення їх ферментами.

Денатурація не завжди є необоротним процесом. У випадку короткочасної дії денатуруючого агента білок можна повернути в попередній, нативний стан. Цей процес має назву ренатурації, або пептизації.

Процеси денатурації білків відіграють велику роль у технологічних процесах теплової обробки харчових продуктів.

Формування м'якшкості хліба, варка сусла з хмелем, бланшування плодів і овочів крутим кип'ятком чи гострою парою, кип'ятіння молока, кулінарна обробка м'ясних і рибних продуктів зв'язані з денатурацією білка.

Питання для самоконтролю

1. Класифікація білків.
2. Хімічні властивості.

Тема 12. Поліцукриди як складова продуктів харчування.
План.

- 1.Будова і біохімічна характеристика складних вуглеводів
- 2.Поліцукриди та пектинові сполуки харчових продуктів .Обмін вуглеводів.

Загальна характеристика вуглеводів, роль у живій природі.

Вуглеводи – біохімічні сполуки, первинні продукти фотосинтезу, що утворюються у рослинах з вуглекислого газу і води під дією сонячного світла. У зелених частинах рослин вміст вуглеводів становить 2,5...6 %, у бульбах картоплі і коренеплодах – 10...20 %, у зернах злаків – до 70 %. Загалом вуглеводи становлять 80...90 % рослин у сухому вигляді. У складі організму людини і тварин вуглеводи становлять усього приблизно 2 % відмаси сухих речовин, що значно менше, ніж білків та ліпідів.

Вуглеводи відкладаються в організмі у вигляді глікогену, який в основному зосереджений у печінці й м'язах. Це резервний вуглевод, що витрачається за необхідності при недостатньому надходженні вуглеводів у кров.

При повноцінному харчуванні в печінці може накопичуватися до 10 % глікогену від маси печінки, у м'язах – до 2 %, а під час голодування запаси глікогену знижуються до 0,2 %.

Вуглеводи на 60% забезпечують організм енергією, тому є основним компонентом харчування людини. При окиснюванні 1 г вуглеводів виділяється близько 4 ккал енергії.

Вуглеводи беруть участь у синтезі багатьох речовин, необхідних для життєдіяльності організму, таких, як нуклеопроїї, ліпоїди, складні ферменти, мукополісахариди й ін. Численні залози продукують густі секрети (слизи), багаті на мукополісахариди. Вони охороняють стінки органів від механічних ушкоджень та від проникнення патогенних бактерій і вірусів.

Важливе значення у харчуванні має клітковина, яка не перетравлюється організмом людини. Потрапляючи з їжею в шлунково-кишковий тракт, вона завдяки волокнистій структурі викликає механічне подразнення стінок шлунка і кишечника, підвищує їхню активність і сприяє спорожнюванню.

Добова потреба людини у харчових волокнах складає 20-25 г. Недостатність у раціоні харчових волокон призводить до порушення обміну речовин, погіршення травлення та загального ослаблення організму.

Вуглеводи за харчовою цінністю поділяються на ті, що перетравлюються в організмі, і баластні речовини. До першого типу вуглеводів відносяться

моносахариди, олігосахариди і полісахариди – глікоген, декстрини, крохмаль.

До баластних речовин або харчових волокон відносяться такі полісахариди, як клітковина, геміцелюлози, пектинові речовини, інулін, гуми, слизи.

Під час зберігання харчової сировини, її технологічної переробки у готові продукти моносахариди та олігосахариди підлягають різним перетворенням.

Це процеси кислотного, ферментного гідролізу оліго- та полісахаридів, бродіння моносахаридів, мелаїдиноутворення та карамелізація моносахаридів і дисахаридів.

Поліцукриди

Поліцукриди належать до високомолекулярних речовин.

Це вуглеводи, що складаються з великого числа моносахаридів.

Вони мають гідрофільні властивості і при розчиненні у воді утворюють колоїдні розчини.

За функціональним призначенням поліцукриди поділяють на структурні (целюлоза) і резервні (глікоген у тварин і крохмаль у рослин).

Гомополісахариди містять моносахариди одного типу.

Крохмаль ($C_6H_{10}O_5$)_n - це біополімер, що складається із залишків глюкози – перший видимий продукт фотосинтезу. При фотосинтезі крохмаль утворюється в рослинах і відкладається в коренях, бульбах, насінні. Крохмаль – це біла речовина, що складається з найдрібніших зерен, які нагадують борошно, тому його друга назва «картопляне борошно».

Целюлоза ($C_6H_{10}O_5$)_n. Целюлоза — полісахарид; головна складова частина клітинних оболонок рослин. Майже чистою клітковиною є бавовна, яка йде на виготовлення тканини. Із целюлози деревини одержують папір. Целюлозу та її ефіри використовують для отримання штучного волокна (віскозний, ацетатний, мідно-аміачний шовк, штучна шерсть), пластмас, кіно і фотоплівок, лаків, бездимного пороху і т. д. Целюлоза — стійка речовина, не руйнується при нагріванні до 200°C. Не розчиняється у воді та слабких кислотах. Володіє міцністю, але еластична. Зареєстрована як харчова добавка E460.

Хімічні властивості поліцукридів.

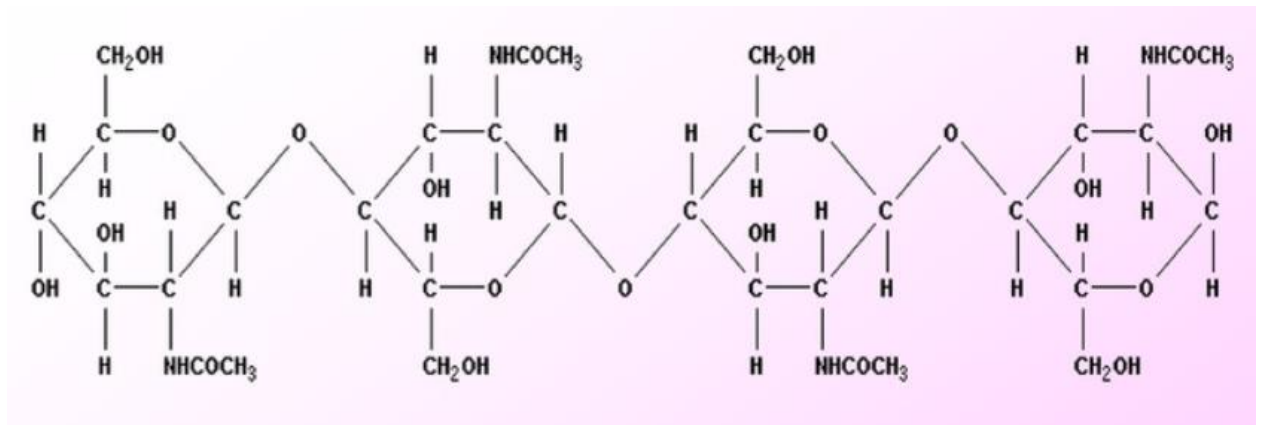
1) Реакція повного окиснення $(C_6H_{10}O_5)_n + 6nO_2 \rightarrow 6nCO_2 + 5nH_2O$

2) Реакція гідролізу $(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow nC_6H_{12}O_6$

3) Якісна реакція на крохмаль йодокрохмальна реакція з утворення синього розчину.

4) Реакція естерифікації целюлози $(C_6H_{10}O_5)_n + CH_3COOH \rightarrow C_6H_7O_2(OCOCH_3)_n + H_2O$

Хітин близький до целюлози, він зустрічається у деяких формах грибів, а також як важливий компонент зовнішнього скелету деяких тварин.



Найбільш важливими гомополіцукридом є крохмаль, глікоген, клітковина (целюлоза), що складаються із залишків молекул глюкози, а також пектинові речовини.

Із залишків молекул фруктози побудований полісахарид інουλін, манани містять залишки молекул манози, галактани – галактози.

Крохмаль належить до резервних полісахаридів рослин.

Його найменше у листі, у цибулинах, серцевині стеблини та бульбах – до 30%, а найбільше накопичується у насінні – до 70% (зерна злаків – пшениця, рис, кукурудза).

Серед овочів, що містять найбільшу кількість крохмалю, картопля, батат, пастернак.

Крохмаль – найбільш важливий за харчовою цінністю вуглевод.

Він відкладається у клітинах у вигляді гранул, за розміром і формою яких можна визначити їх походження.

Крохмаль має загальну формулу $(C_6H_{10}O_5)_n$. Це суміш лінійного полісахариду – амілози (10...30 %) і розгалуженого амілопектину (70...90 %). Гідролітичне розщеплення крохмалю відбувається поступово, з утворенням проміжних продуктів – декстринів і мальтози, при повному гідролізі виділяється глюкоза.

Глікоген ("тваринний крохмаль") – головний резервний полісахарид людини і вищих тварин. Крім печінки та м'язів, глікоген відкладається в незначних кількостях в усіх тканинах та органах.

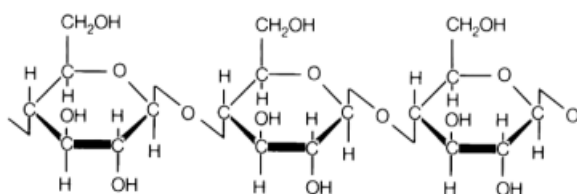
За наявності надлишку вуглеводів в їжі та наявності великої кількості глікогену в печінці та м'язах спостерігається перетворення вуглеводів в жири.

Інулін – полісахарид, що складається із залишків β -D-фруктофуранози, поєднаних 2,1-глікозидним зв'язком причому, на одному кінці ланцюга і в середині розміщується по одному залишку глюкопіранози.

Міститься в бульбах жоржин (10 – 12%), корені цикорію (10%), топінамбурі, артишоках, кок-сагизі, девясилі та інших речовинах. Розчин інуліну йодом не забарвлюється.

Целюлоза (клітковина) $(C_6H_{10}O_5)_n$ – це найбільш поширений в світі біополімер, є основною структурою стінок клітин, обумовлюючи їхню міцність і еластичність. Клітковина має молекулярну масу від 100 тис. до 1 млн.

Вона не розчиняється у воді, але здатна набрякати. Характерною особливістю клітковини, яка визначає в основному її механічні, фізико-хімічні та хімічні властивості, є лінійна конформація її молекул, яка зміцнена внутрішньо молекулярними водневими зв'язками.



Пектинові речовини, полісахариди рослинного походження, містяться у великій кількості в ягодах, фруктах і овочах. Це високомолекулярні сполуки, що складаються ізмономерних залишків D-галактуранової кислоти.

Вони входять до складу рослинних клітин і виконують важливі фізіологічні функції – регулюють водний баланс, приймають участь в утворенні скелету рослини.

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 соці рослин.

Гетерополісахариди побудовані залишками моносахаридів (глюкози, галактози) і їхніх похідних (аміносахарів, гексуронових кислот). Вони містять також інші речовини: азотисті основи, органічні кислоти.

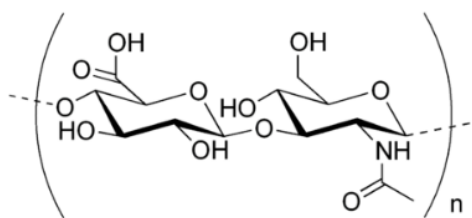
Мукополісахариди є желеподібними липкими речовинами.

Вони виконують різні функції, у тому числі структурну, захисну, регуляторну. Мукополісахариди складають основу міжклітинної речовини тканин, входять до складу шкіри, хрящів, синовіальної рідини.

В організмі людини мукополісахариди утворюють комплекси з білками (глікопротеїни) і жирами (гліколіпіди). У рослинах до цього класу належать камеді.

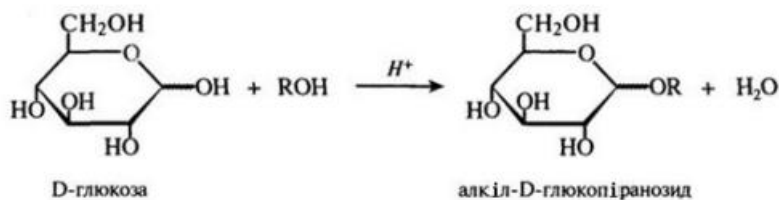
Гіалуронова кислота також є гетерополісахаридом. Вона входить до складу сполучної тканини в якості основного зв'язуючого компонента клітин і міжклітинної речовини. Завдяки цьому їй належить важлива роль у формуванні бар'єрних функцій організму.

Гіалуронова кислота сприяє захисту від інфекцій, іонізуючої радіації, вона також бере участь в обміні води в організмі.



У рослинах целюлозу супроводжують геміцелюлози. Це гетерополісахариди, при гідролізі яких утворюється суміш різних моносахаридів (D-галактоза, D-ксилоза, D-арабіноза, уронові кислоти, D-маноза, D-глюкоза).

У результаті реакції естерифікації вуглеводів у кислому середовищі утворюються глікозиди:



Ці природні речовини мають потужну фізіологічну дію.

Деякі глікозиди є сильними піноутворювачами і стабілізаторами, флавоноїдні глікозиди можуть надавати гіркого смаку і (або) певного аромату і кольору харчовому продукту. У природі в насінні гірчиці і коренях хрону містяться S-глікозиди, або глікозинолати. Найбільш відомий з класу S-глікозидів алілглікозинолат називається синігрин. Він надає певного аромату їжі, але є автори, які вважають, що S- глікозиди і продукти їх розпаду можуть бути віднесені до харчових токсикантів. До глікозидів належить левоглюкозан, невелика кількість якого утворюється в умовах піролізу за високої температури в процесах обжарювання панірувальних сухарів, випічки борошняних виробів і нагріванні цукрів, цукрових сиропів. Великі кількості цієї речовини в їжі є небажаними через гіркий смак.

Ціаногенні глікозиди – це сполуки, які в результаті природної деградації виділяють синильну (ціановодневу) кислоту. Вони містяться у насінні гіркого мигдалю, маніюці, сорго, кісточках персиків, абрикосів та ін. Ціанід, що утворюється в результаті деградації цих глікозидів, зазвичай при подальшому перетворенні в тіюціанат детоксифікується. Проте, за великої концентрації глікозиду процес детоксикації пригнічується, і продукт може бути токсичним. Відомі випадки отруєння людей в результаті вживання маніюки, гіркого мигдалю

Вуглеводний обмін.

Вуглеводний обмін — сукупність процесів перетворення і використання вуглеводів. Вуглеводи є основним джерелом енергії в організмі. При окисненні 1 г вуглеводів (глюкози) виділяється 17,6 кДж (4,1 ккал) енергії. Вуглеводи надходять в організм людини у вигляді різних сполук: крохмаль, глікоген, сахароза або фруктоза, тощо. Усі ці речовини розпадаються у процесі травлення до простого сахариду глюкози, всмоктуються ворсинками тонкого кишечника і потрапляють в кров.

Глюкоза є необхідною для нормальної роботи мозку. Зниження вмісту глюкози в плазмі крові з 0,1 до 0,05 % призводить до швидкої втрати свідомості, судом і загибелі. Основна частина глюкози окиснюється в

організмі до вуглекислого газу і води, які виводяться з організму через нирки (вода) і легені (вуглекислий газ). Частина глюкози перетворюється у полісахарид глікоген і відкладається у печінці (може відкладатися до 300 г глікогену) і м'язах (глікоген є основним постачальником енергії для м'язового скорочення). Рівень глюкози у крові є постійний (0,10 - 0,15 %) і регулюється гормонами щитовидної залози, у тому числі інсуліном. При нестачі інсуліну рівень глюкози у крові підвищується, що веде до важкого захворювання — цукрового діабету.

Інсулін також гальмує розпад глікогену і сприяє підвищенню його вмісту у печінці.

Інший гормон підшлункової залози — глюкагон — сприяє перетворенню глікогену у глюкозу, тим самим підвищуючи її вміст у крові (тобто має дію, протилежну інсуліну).

При великій кількості вуглеводів у їжі їх надлишок перетворюється на жири і відкладається в організмі людини.

1 г вуглеводів містить значно менше енергії, ніж 1 г жирів. Проте вуглеводи можна швидко окиснити і швидко отримати енергію.

Значення для організму.

У організмі людини вуглеводи виконують наступні функції:

Є основним джерелом енергії.

Регулюють обмін білків та жирів.

Вуглеводи забезпечують усі енергетичні витрати мозку (мозок поглинає біля 70% глюкози, що виділяється печінкою).

У комплексі з білками вони утворюють деякі ферменти та гормони, секрети слинних та інших, утворюючих слиз, залоз, а також, інші необхідні сполуки.

Вуглеводи приймають участь у синтезі молекул аденозинтрифосфатної кислоти, ДНК та РНК.

Харчові волокна покращують роботу системи травлення та виводять із організму шкідливі речовини, пектини, стимулюють травлення.

Потреба організму 300-500 г/добу.

У окремих випадках 600-800 г/добу.

25-30 г цієї маси мають складати харчові волокна.

Симптоми дефіциту. Хронічний дефіцит вуглеводів призводить до виснаження запасів глікогену у печінці та відкладення жиру у її клітинах, що може викликати жирове переродження печінки, а також, порушення обміну білків і жирів.

Симптоми дефіциту вуглеводів: сонливість, слабкість, головні болі, запаморочення, нудота, відчуття голоду, тремтіння рук, пітливість, з важчих - апатія, депресія, початок процесів руйнування важливих білків організму.

Подолати ці симптоми можна просто з'ївши трохи цукру. Симптоми надлишку. Надлишок вуглеводів може призвести до ожиріння. Надмірна кількість вуглеводів у їжі викликає різке підвищення рівня глюкози у крові.

Утворювана глюкоза потрапляє у кров, а її надлишки організм змушений "нейтралізувати" за допомогою інсуліну, який перетворює глюкозу на жир.

Систематичне надмірне споживання цукру та інших легкозасвоюваних вуглеводів сприяє проявленню прихованого цукрового діабету. Відбувається це через перевантаження, а після того, виснаження клітин підшлункової залози, яка виробляє необхідний для засвоєння глюкози інсулін. Також, симптомами надлишку вуглеводів у організмі є: гіперактивність, тремтіння в тілі, нездатність сконцентруватися, порушення роботи нервової системи та підшлункової залози; підвищення рівня інсуліну в крові, що може призвести до гіпертонії, серцево-судинних захворювань.

Джерела вуглеводів. Цукор, цукерки, карамель, мед, варення, здобне печиво, мармелад, макарони, рис, перлова, манна, вівсяна, гречана крупи, пшоно, фініки, родзинки, чорнослив - більше 65 г вуглеводів 100 г продукту. Пшеничний і житній хліб, горох, квасоля, халва, шоколад, тістечка, сушений інжир, сушена шипшина - 40-60 г у 100 г. Білково-висівковий хліб, зелений горошок, каропля, буряк, яблука, гранат, виноград, черешні, вишні, фруктові соки, морозиво, сирники - 11-20 г вуглеводів у 100 г продукту.

Капуста, кабачок, гарбуз, морква, диня, кавун, груші, абрикоси, персики, сливи, мандарини, апельсини, агрус, полуниця, чорниця, смородина, лимонад - 5-10 г у 100 г. Молоко і молочні продукти, салат, редис, огірки, зелена цибуля, шпинат, помідори, гриби свіжі, лимон, журавлина - 2-4,9 г вуглеводів у 100 г продукту.

Питання для самоконтролю

1.Класифікація поліцукридів.

2.Хімічні властивості

Тема 13. Ліпіди

План

1.Класифікація і будова ліпідів

2.Гідрогенізація,гідрування та окислення жирів Біологічна цінність жирів та їх функції Обмін жирів.

Жири або ліпіди – різноманітні за своєю будовою та функціями біоорганічні сполуки, що належать до класу естерів.

Основною фізичною властивістю жирів є нерозчинність у полярних розчинниках, зокрема у воді (гідрофобність) і добра розчинність в неполярних органічних розчинниках (ацетоні, хлороформі, діетиловому ефірі тощо). Специфічними характеристиками жирів є зовнішній вигляд, колір, запах, консистенція.

Під час змішування жирів із водою утворюються емульсії, стійкість яких залежить від низки факторів. Речовини-емульгатори (наприклад, мила, жовчні кислоти, карбонати лужних металів) збільшують стійкість емульсій.

Утворення емульсій зумовлене тим, що в поверхневий водяний шар, який оточує жирові краплинки, спрямовуються поверхнево-активні частинки жовчних кислот, мила, карбонату, котрі обволікають краплинки жиру і перешкоджають їх злиттю.

Ліпіди переважно є складними естерами спиртів та вищих аліфатичних (жирних) кислот (ВЖК). До їхнього складу входять насичені і ненасичені жирні кислоти (найбільш часто зустрічаються пальмітинова, стеаринова і олеїнова кислоти).

Вищі жирні кислоти містять понад десять атомів Карбону, можуть бути насиченими або мати у своєму складі подвійні зв'язки. ВЖК, що знаходяться у природі, мають парну кількість атомів Карбону, зигзагоподібну конформацію радикала, для ненасичених подвійні зв'язки розділені метиленовими групами. Саме від подвійних зв'язків у молекулі залежать всі основні властивості ненасичених жирних кислот.

Лінолева, ліноленова і араходонова кислоти є незамінними (есенціальними) для організму людини, входять до складу вітаміну F.

Арахідонова кислота – поліненасичена ВЖК, з якої в організмі синтезуються тканинні гормони.

Тваринні жири (яловичий, баранячий, свинячий) – тверді, вони містять в основному залишки насичених кислот (пальмітинової і стеаринової).

Рослинні жири (олії) – рідини, молекули яких містять переважно залишки ненасичених кислот (олеїнової, лінолевої, ліноленової) та деяких інших. Консистенція жирів, тобто ступінь їх густини або м'якості залежить від співвідношення насичених і ненасичених кислот, які входять до складу жирів.

Гідрогенізація жирів – це процес приєднання водню до залишків ненасичених кислот, які входять до складу жирів, в результаті чого ці залишки переходять в залишки насичених кислот.

А жири при цьому з рідких перетворюються на тверді.

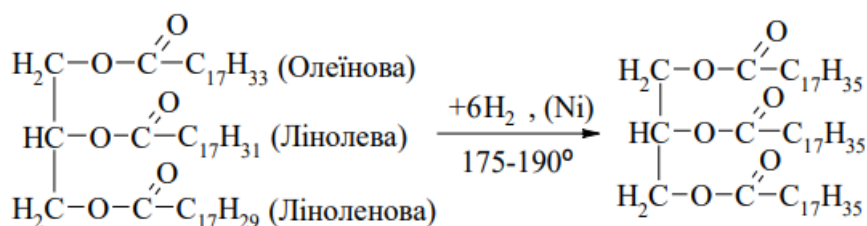
Найчастіше гідрують соняшникову, соєву, арахісову олії. Гідрування приводить до зміни жирнокислотного складу жирів та олій і дозволяє одержати продукт із більшою температурою топлення, твердістю, стійкістю до окиснення, пластичністю.

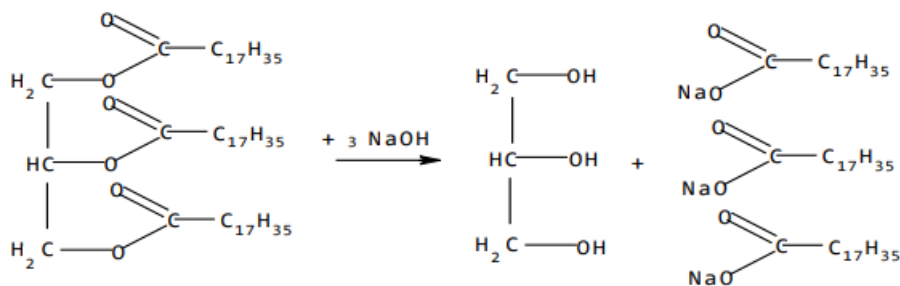
Реакцію здійснюють воднем під час нагрівання до 180...240 °C за наявності каталізаторів (подрібнений нікель).

Змінюючи відповідно умови реакції, можливо здійснювати гідрування селективно, тобто гідрувати спочатку залишки ліноленової кислоти, потім лінолевої і, якщо треба – олеїнової кислоти.

Жири під дією лугу гідролізуються, утворюючи мила та гліцерол:

Тристеарин → Гліцерол + Стеарат натрію





Ліпіди поділяються на прості (побудовані лише зі спирту та ВЖК) та складні (містять ще додаткові компоненти – фосфат, вуглеводи, аміноспирти, амінокислоти).

Нейтральні ліпіди (тригліцериди, триацилгліцероли) побудовані з трьохатомного спирту гліцерину та ВЖК. За хімічною будовою та властивостями вирізняють три групи ліпідів: нейтральні ліпіди, фосфоліпіди, сфінголіпіди.

За іншою класифікацією ліпіди поділяють на прості (нейтральні жири (ацилгліцероли), воски, ефіри холестеролу), складні (фосфоліпіди – гліцерофосфоліпіди й сфінгофосфоліпіди, та гліколіпіди – гліцерогліколіпіди й сфінгогліколіпіди) та похідні ліпідів (жирні кислоти, жовчні кислоти, стероїдні гормони, холекальциферол, ейкозаноїди).

Похідні гліцеролу та вищих жирних кислот, спиртів і альдегідів належать до нейтральних ліпідів, або жирів. Це триацилгліцероли, алкілацилгліцероли, нейтральні плазмалогени, діольні ліпіди, гліколіпіди та інші ліпіди, молекули яких не містять заряджених чи полярних функціональних груп.

До цієї ж групи належать і етери холестеролу. Нейтральні ліпіди(триацилгліцероли) виконують в організмах низку функцій, основною з яких є резервна, або енергетична.

Жири, що синтезуються рослинами, зберігаються в цитоплазмі їхніх клітин у формі дрібнодисперсних емульгованих маслянистих крапельок завдяки гідрофобності.

Біологічна цінність ліпідів та функції.

В організмі дорослої людини середньої ваги майже 15% маси тіла припадає на жирову тканину, яка може акумулювати до 9-10 кг триацилгліцеролів. При повному окисненні такої кількості жиру звільнилося би більше 350 тисяч кДж енергії. Окрім енергетичної, нейтральні ліпіди виконують в організмі тварин ще низку важливих функцій.

Утворюючи амортизаційний і теплоізолюючий шар під шкірою та навколо внутрішніх органів, жири здійснюють захисну функцію. Похідні холестеролу, вищих жирних кислот чинять регуляторну дію. При окисненні 1 г жиру утворюються 38,9 кДж (9 ккал) енергії і 1 г ендогенної води, що забезпечує потреби організму.

Це має особливе значення в екстремальних умовах (наприклад, при недостатньому надходженні питної води з продуктами харчування).

Тому ліпіди є важливими компонентами регулювання обміну води в організмі.

Жири є розчинниками гідрофобних вітамінів А, D, E, К та сприяють їх засвоєнню. Із харчовими жирами в організм людини надходить багато біологічно активних речовин: фосфатиди, поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК), стерини й ін.

Жири, що входять до складу їжі, поліпшують її смакові якості, а також підвищують поживну та енергетичну цінність.

У організмі людини неможливий синтез лінолевої і ліноленової кислот, тому вони повинні надходити з їжею. Тому їх відносять до есенціальних факторів харчування. Всі інші поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) утворюються шляхом подовження ланцюга або введення нових подвійних зв'язків.

ПНЖК беруть участь як структурні елементи у фосфатидах, ліпопротеїнах клітинних мембран, входять до складу оболонок нервових волокон, сполучної тканини, впливають на обмін холестерину, підвищуючи його окислювання і сприяючи перетворенню в лабільну сполуку. ПНЖК також нормалізують стан стінок кровоносних судин.

Ці кислоти сприяють обміну вітамінів групи В (піридоксину і тіаміну), стимулюють захисні механізми організму, підвищують його стійкість до інфекційних захворювань і дії радіації, впливають на стан шкірного і волосного покриву.

Завдяки наявності у молекулах гліцерофосфоліпідів гідрофобних (радикали жирних кислот) і гідрофільних (фосфорна кислота, азотиста основа) груп вони взаємодіють і з жирами, і з водорозчинними сполуками.

У комплексі з білками ці речовини входять до складу нервової тканини, печінки, серцевого м'яза, статевих залоз. Вони беруть участь у побудові клітинних мембран, забезпечують ступінь їхньої проникності для гідрофобних речовин, беруть участь в активному транспорті складних

речовин і окремих іонів у клітині і з них, підвищують активність протромбіну в процесах згортання крові.

Гліцерофосфоліпіди сприяють кращому використанню білка і жиру в тканинах, беруть участь у біосинтезі білка, попереджають жирову інфільтрацію печінки.

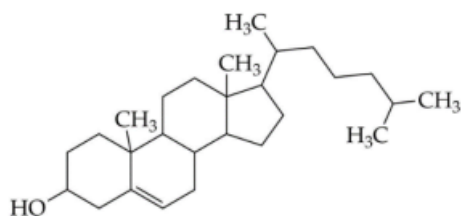
Вони запобігають окислюванню інших сполук, у тому числі вітамінів А і Е, тобто є антиоксидантами.

Добова потреба людини у фосфоліпідах становить 5...6 г. Вони містяться в таких харчових продуктах, як нерафіновані рослинні олії, вершкове масло, яєчний жовток.

До стероїдів належать естери, утворені при взаємодії високомолекулярних циклічних спиртів і вищих жирних кислот.

Найвідомішим представником стероїдів є холестерол (холестерин).

В організмі він є попередником багатьох біологічно важливих сполук (стероїдних гормонів, жовчних кислот, вітаміну D), входить до складу клітинних мембран, підвищує стійкість еритроцитів до гемолізу, бере участь у проведенні нервових імпульсів.



Однак надлишок холестеролу може призвести до утворення холестеролових бляшок в судинах і зумовити їх закупорку при інфаркті чи інсульті.

Пероксидне окиснення ліпідів. Антиоксиданти.

Мононенасичені (олеїнова) та поліненасичені (лінолева і ліноленова) кислоти, що входять до складу клітинних мембран, є першочерговими мішенями для дії вільних радикалів.

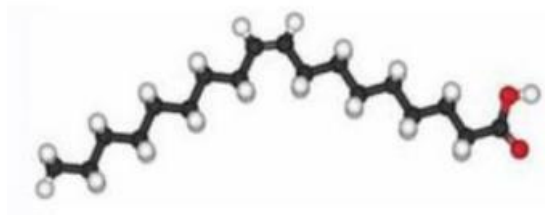
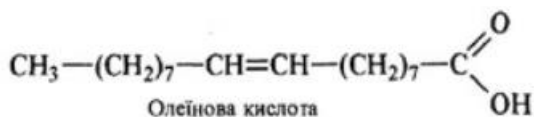
У результаті реакцій біотрансформації відбувається низка перетворень, у результаті яких утворюється дві родини ПНЖК:

Родина ω -3: ліноленова – ейкозапентаєнова – докозапентаєнова – докозагексаєнова, які мають перший подвійний зв'язок у 3-му положенні від метильного кінця молекули.

Родина ω -6: лінолева - γ -лінолева – арахідонова, які мають перший подвійний зв'язок у 6-му положенні від метильного кінця молекули.

Олеїнова кислота, що має лише один подвійний зв'язок, найбільш стійка до вільнорадикального окислення. Інші кислоти легко окислюються під впливом кисню, світла, тепла, іонів важких металів.

Чим вищий ступінь ненасиченості жирних кислот (докозагексаєнова має 6 подвійних зв'язків), тим менший рівень їхнього антиоксидантного захисту і тим швидше вони вступають у реакції перекисного окислення ліпідів.



Внаслідок цих реакцій утворюються токсичні продукти –перекиси ліпідів, альдегіди, кетони, які вступають в реакції з біологічно активними речовинами організму людини (ферментами, гормонами, вітамінами) та інактивують їх.

Кислоти родин ω -3 і ω -6 особливо важливі як у раціоні харчування, так і в складі біологічних мембран.

Країни Європейського союзу останніми роками нормують не кількість жирів у раціоні, а лише найбільш біологічно цінні ПНЖК. За цими нормами вміст кислот родини Омега-шість у харчовому раціоні має становити 2% від його енергетичної цінності, а кислот родини Омега-три 0,5 %.

Основним джерелом перекисів ліпідів є харчові жири, що окислились під час зберігання та при термічному обробленні. І що більший ступінь ненасиченості кислот, то краще вони окислюються.

Такі трансформовані жири користі організму не приносять, а можуть навіть становити загрозу для здоров'я. Тобто, з одного боку, організм потребує ненасичених жирних кислот (лінолевої, ліноленової, арахідонової), а з іншого – надмірне їх споживання значно підвищує здатність ліпідів тканин до окислення.

Жири як продукти харчування.

Цінність жиру визначається такими важливими показниками, як незамінність, перетравлення та всмоктування.

Важливим технологічним та споживчим показником є також температура плавлення.

Жири, які містять незамінну лінолеву кислоту та інші, мають найбільшу біологічну цінність, оскільки в організмі вони практично не синтезуються.

Важливим показником біологічної цінності жирів є їхнє перетравлення, яке визначається кількістю тригліцеридів, що всмокталися в лімфу та кров. Більшість природних жирів в організмі людини характеризується високим коефіцієнтом перетравлення.

Усмоктуваність жиру залежить від складу жирних кислот.

Засвоюваність жирів з температурою плавлення, нижчою, ніж температура людського тіла, дорівнює 97...98%, якщо ж цей показник вище 37 °С, то засвоюваність жирів дорівнює 90%.

Жири з температурою плавлення 50...60 °С засвоюються тільки на 70...80%.

У випадку змішаного харчування засвоюється 96...98% свинячого жиру, 94...98% маргарину, 93...98% вершкового масла, 86...90% соняшникової олії, 80...94% яловичого жиру.

Показниками біологічної цінності жирів є також наявність в їхньому складі вітамінів А, D, Є. Тому вершкове масло, яке містить ці вітаміни, є продуктом високої біологічної цінності. Воно може бути замінене тільки риб'ячим жиром, бо до його складу також входять ретинол та кальциферол.

В оліях містяться токофероли, в інших жирах вони практично відсутні. Отже, не існує природного харчового жиру, який містив би всі потрібні ліпіди. Біологічна цінність жирової частки раціону може бути забезпечена тільки відповідною сумішшю жирів.

Якість і чистоту жирів визначають фізичні та хімічні константи. До фізичних констант належать густина, температура плавлення та застигання, коефіцієнт рефракції (для рідких жирів); а до хімічних констант — числа омилення, йодне, кислотне, пероксидне та деякі інші показники.

Полі ненасичені жирні кислоти. Обмін жирів.

Жири складаються з гліцеролу і жирних кислот (насичених і ненасичених) що надходять в організм з харчовими речовинами, а також можуть синтезуватися з вуглеводів і частково білків.

Основні функції жирів:

- енергетична. При окисленні 1 г жиру виділяється 9 ккал (39 кДж), більше, ніж при окисленні 1 г білка або 1 г вуглеводів.
- пластична. Вони є структурними елементами клітинних мембран тканин.
- захисна. У вигляді жирового прошарку захищають тіло і внутрішні органи людини від механічних пошкоджень та охолодження.
- запасна. Жири депонуються і є універсальним джерелом енергії в період недоїдання або голодування.
- регуляторна. Регулює процеси метаболізму.
- є носіями і розчинниками жиророзчинних вітамінів (А, Д, Е, К), поліпшують їх всмоктування в кишечнику.
- є носіями смакових і ароматичних речовин, а також виконують роль емульгаторів.

Поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) є незамінними фактором харчування, оскільки беруть участь у побудові фосфоліпідів, ліпопротеїдів, впливають на склад клітин, беруть участь в обміні холестерину, перетворюючи його в легкокорозинні сполуки. ПНЖК містяться в соняшниковій, соєвій, ріпаковій, оливковій та арахісовій оліях, у маргарині, який виготовляється з рослинних жирів, у ядрах кісточкових плодів, у жирах риб і свійської птиці. Вживання рослинних жирів сприяє виведенню надлишку холестерину, запобігає розвитку атеросклерозу, підвищує еластичність стінок судин, запобігає тромбоутворенню тощо. Дефіцит ПНЖК буває при штучному годуванні в дітей, після важких захворювань, при тривалому зондовому або парентеральному харчуванні.

Проявами дефіциту є порушення росту у дітей, порушення водного обміну, зниження імунітету, ураження нирок, сухість і жорсткість шкіри. Надмірне вживання ПНЖК призводить до ризику аутоокислення на клітинному рівні. Харчові властивості жирів визначаються вмістом у них жирних кислот, фосфоліпідів, стероїдів, та жиророзчинних вітамінів. Обмін жирів — сукупність процесів перетворення і використання жирів (ліпідів). При розпаді 1 г жиру виділяється 38,9 кДж (9,3 ккал) енергії (у 2 рази більше, ніж при розщепленні 1 г білків або вуглеводів).

Жири є сполуками, що включають у себе жирні кислоти і гліцерол. Жирні кислоти під дією ферментів підшлункової залози і тонкого кишечника, а також за участю жовчі, всмоктуються у лімфу у ворсинках тонкого кишечника. Далі зі струмом лімфи ліпіди потрапляють у потік крові, а потім у клітини. У гуморальній регуляції рівня жирів беруть участь залози внутрішньої секреції та їх гормони.

Значення жирів:

Значна частина енергетичних потреб печінки, м'язів, нирок (але не мозку!) покривається за рахунок окиснення жирів.

Ліпіди є структурними елементами клітинних мембран, входять до складу медіаторів, гормонів, утворюють підшкірні жирові відкладення і сальники.

Відкладаючись у запас до сполучнотканинних оболонок, жири перешкоджають зміщенню і механічному пошкодженню органів.

Підшкірний жир погано проводить тепло, що сприяє збереженню постійної температури тіла. Потреба у жирах визначається енергетичними потребами організму в цілому і становить у середньому 80 - 100 г на добу. Надлишок жиру відкладається у підшкірній жировій клітковині, у тканинах деяких органів (наприклад печінки), а також на стінках кровоносних судин. Якщо в організмі бракує одних речовин, то вони можуть утворюватися з інших. Білки можуть перетворюватися у жири і вуглеводи, а деякі вуглеводи — у жири. У свою чергу жири можуть стати джерелом вуглеводів, а нестача вуглеводів може поповнюватися за рахунок жирів і білків. Проте, ні жири, ні вуглеводи не можуть перетворюватися на білки. Підраховано, що дорослій людині для нормальної життєдіяльності необхідно не менше 1500 - 1700 ккал на добу. З цієї кількості енергії на власні потреби організму йде 15 - 35 %, а решта витрачається на вироблення тепла і підтримання температури тіла.

Питання для самоконтролю

1.Класифікація жирів.

2.Хімічні властивості

Тема14 Ферменти

План

1.Процес ферментації

2.Біохімічний склад ферментів. Вплив ферментів на протікання ферментативних реакцій.

2.Класифікація та біохімічні властивості вітамінів Ферменти.

Ферменти (лат. fermentum — закваска, бродіння) — біологічні каталізатори білкової природи, які синтезуються в клітинах живих організмів, прискорюють і координують біохімічні реакції, що регулюють обмін речовин.

Усі хімічні процеси, що відбуваються в живому організмі, прискорюються специфічними каталізаторами, які одержали назву ферментів, або ензимів.

За своєю природою всі ферменти - білки. Доказом білкової природи ферментів є ряд їх фізико-хімічних властивостей, характерних для білків.

Ферменти так само, як і білки, у розчині знаходяться в колоїдному стані, є амфотерними електролітами. При додаванні нейтральних солей, особливо сульфату амонію, ферменти випадають в осад, тобто висолюються.

Ферменти так само, як і білки, у розчині знаходяться в колоїдному стані, є амфотерними електролітами. При додаванні нейтральних солей, особливо сульфату амонію, ферменти випадають в осад, тобто висолюються.

Під впливом високої температури, сильних кислот і лугів, солей важких металів і інших чинників, що викликають денатурацію білків, ферменти денатурують і втрачають каталітичні властивості. Важливим доказом білкової природи ферментів є розщеплення їх пепсином і трипсином - ферментами, що розщеплюють білки.

КЛАСИФІКАЦІЯ І НОМЕНКЛАТУРА ФЕРМЕНТІВ.

Висока специфічність дії ферментів зумовлює дуже велику їх кількість.

Майже кожна реакція, що відбувається в живому організмі, здійснюється за участю специфічно пристосованого до неї ферменту або групи ферментів. На

даний час відомо біля 2000 різних ферментів, і кількість їх продовжує збільшуватися.

Всі відомі реакції, що відбуваються в організмі, були поділені на шість основних типів. Відповідно до шести типів хімічних реакцій усі відомі ферменти діляться на шість класів:

Оксидоредуктази - ферменти, що каталізують окисно-відновні реакції, тобто перенесення електронів і атомів водню від однієї речовини (донатора) до іншої (акцептора). У результаті реакцій, що каталізуються оксидоредуктазами, клітини одержують хімічну енергію. Оксидоредуктази - це складні ферменти. Кофакторами в їх складі можуть бути нікотинамідні коферменти (НАД і НАДФ), флавіннуклеотиди (ФМН і ФАД), залізопорфіринові комплекси (гем) і багато катіонів (Fe^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} і ін.). Зазначені кофактори спроможні виконувати роль акцепторів електронів і атомів водню і передавати їх іншим речовинам.

2. Трансферази - клас ферментів, що каталізують транспорт різноманітних хімічних груп від однієї речовини (донатора) до іншого (акцептора).

3. Гідролази - ферменти, що каталізують реакції розщеплення речовин за участю води. Каталітична активність цих ферментів залежить від наявності в їх каталітичному центрі HS-груп. Гідролази дуже поширені в природі і беруть участь в обміні вуглеводів, жирів, білків та інших сполук.

4. Ліази - ферменти, що каталізують реакції негідролітичного відщеплення певних груп з утворенням подвійних зв'язків або приєднання групи в місці подвійного зв'язку. Ці реакції здійснюються без використання енергії макроергичних сполук. Ліази, як правило - складні ферменти, що містять як кофактори фосфорні ефіри водорозчинних вітамінів.

5. Ізомерази - ферменти, що каталізують реакції внутрішньомолекулярного переміщення різних груп або реакції утворення ізомерів. Типовим прикладом ферментів цього класу є тріозофосфатізомераза. Даний фермент зворотно перетворює 3-фосфогліцериновий альдегід у діоксіацетонфосфат.

6. Лігази (синтетази) - ферменти, за участю яких здійснюється приєднання одна до одної двох молекул із використанням енергії АТФ і утворенням нових зв'язків. Лігази називають ще синтетазами, оскільки вони є каталізаторами синтетичних реакцій. Це складні ферменти. Кофактором багатьох із них є вітамін Н, або біотин.

ВЛАСТИВОСТІ ФЕРМЕНТІВ.

Ферменти - термолабільні сполуки. Це означає, що під дією високих температур вони денатурують. Спочатку при підвищенні температури активність їх різко знижується, потім зовсім припиняється. При 80°C ферменти руйнуються. Виняток становлять лише окремі ферменти, що витримують температуру 100°C і при цьому не руйнуються. За низьких температур (нижче 0°C) ферменти припиняють свою дію, але не руйнуються. Для більшості ферментів людини і ссавців оптимальною температурою дії є 37-40°C. Таким чином, чутливість до температури - характерна властивість ферментів, що пояснюється їх білковою природою.

Кожний фермент проявляє свою максимальну дію при відповідній концентрації водневих іонів, тобто при певному значенні рН, яке одержало назву рН-оптимуму.

Для більшості ферментів людини і ссавців оптимальне значення рН знаходиться в слабо-кислому або слабо-лужному середовищі. Проте відомі ферменти, що проявляють максимальну активність при рН=1,5-2,5 (наприклад, пепсин шлункового соку) і при рН=8,00 (наприклад, хімотрипсин дванадцятипалої кишки).

Однією з найважливіших особливостей, що відрізняє ферменти від інших каталізаторів, є висока специфічність їх дії.

Вона полягає в тому, що кожний фермент діє на певну речовину (субстрат) або на декілька близьких за своєю хімічною структурою речовин. Залежно від того, може фермент каталізувати одну реакцію (діяти тільки на одну речовину) чи декілька (діяти на групу близьких за будовою речовин), розрізняють абсолютну і відносну специфічність.

Прикладом абсолютно специфічного ферменту може бути фермент уреаза, який розщеплює сечовину на вуглекислий газ і аміак. Навіть на таку близьку до сечовини речовину, як тіосечовина, уреаза вже не діє.

Більшість ферментів має відносну специфічність. До таких ферментів належать естерази, які розщеплюють ефірні зв'язки, протеолітичні ферменти травного каналу, що розщеплюють пептидні зв'язки в білкових молекулах, ліпази та ін.

Серед ферментів є також і такі, що проявляють свою дію залежно від просторової конфігурації, тобто мають просторову специфічність.

Так, ферменти, які окиснюють D-амінокислоти, не окиснюють їх L-форми. Слід підкреслити, що специфічність будь-якого ферменту завжди

проявляється в чітко визначених умовах, зокрема, при певній концентрації іонів водню.

Ферменти прискорюють перебіг хімічних реакцій як убік розщеплення якоїсь речовини, так і вбік її синтезу, тобто діють в обох напрямках. На активність ферментів впливають хімічні сполуки, що знаходяться в реакційній системі. Одні з них підвищують активність ферментів і називаються активаторами.

Ними можуть бути катіони металів і аніони кислот: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Cl^- і ін. Активаторами ферментів можуть бути також органічні речовини.

Наприклад, ліпаза підшлункової залози, яка розщеплює жири, активується жовчаними кислотами. Відомі випадки, коли активність ферментів підвищується при додаванні до розчину невеликих кількостей білків, які самі по собі не мають властивостей ферментів.

Речовини, що знижують активність ферментів, називаються інгібіторами. Ними є, наприклад, катіони важких металів.

БУДОВА ФЕРМЕНТІВ.

Ферменти як речовини білкової природи діляться на прості і складні, або, як їх ще називають, ферменти-протеїни і ферменти-протеїди.

Ферменти-протеїни складаються тільки з амінокислот. У більшості з них до складу молекули входить один поліпептидний ланцюг, який має характерну вторинну структуру у вигляді α - і β -спіралей (іноді вони мають третинну і четвертинну структури). За хімічними властивостями прості ферменти відносять до альбумінів, глобулінів та інших груп простих білків.

Ферменти-протеїди складаються з двох частин: термолабільної білкової і термостабільної небілкової. Білкова частина складного ферменту називається апоферментом, небілкова - кофактором. Комплекс кофактора з апоферментом називається холоферментом.

Ферменти-протеїди складаються з двох частин: термолабільної білкової і термостабільної небілкової. Білкова частина складного ферменту називається апоферментом, небілкова - кофактором. Комплекс кофактора з апоферментом називається холоферментом.

Зв'язок між апоферментом і кофактором у молекулах складних ферментів неоднаковий.

У багатьох випадках кофактори слабо зв'язані з апоферментом, з'єднуються з ним тільки під час ферментативної реакції і легко відокремлюються в процесі діалізу.

У цьому разі кофактор називають коферментом. Деякі кофактори сполучені з апоферментом дуже міцним ковалентним зв'язком. Такий кофактор називають простетичною групою.

Проте проводити чітку межу між коферментом і простетичною групою не можна, оскільки в складі одного ферменту-протеїду кофактор може бути міцно сполучений з апоферментом, у складі іншого - слабо. Тому такий розподіл є умовним.

Особливо слід підкреслити, що апофермент каталітично не активний, кофактор має дуже слабку активність.

Повноцінний фермент, або активний каталізатор, утворюється тільки як результат з'єднання коферменту з апоферментом. При цьому специфічні властивості ферменту і швидкість реакції обумовлюються тільки білковою частиною, а перетворення субстрату, перенесення атомів, електронів, різних функціональних груп здійснюються коферментом.

Як правило, у ролі коферментів виступають вітаміни і їх похідні. Крім вітамінів, роль коферментів виконують також іони деяких металів (Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} і ін.).

Функції коферментів різноманітні. Головною з них є формування так званого активного центру ферменту і здійснення контакту молекули ферменту з молекулою субстрату. Крім того, коферменти беруть участь у переносі електронів, протонів, атомів, амінних груп у процесі реакцій, а також виконують об'єднуючу функцію між окремими ферментами, забезпечуючи тим самим узгодженість їх дії.

Спеціалізовані центри ферментів. Молекули ферментів мають великі розміри (загалом більші, ніж субстрати) і складну просторову конфігурацію. У молекулі ферменту розрізняють три спеціалізованих центри: активний, субстратзв'язуючий і алостеричний. При цьому кожна частина молекули строго спеціалізована, тобто виконує певну роль.

Активний центр - це динамічне утворення. У простих ферментів він являє собою унікальне об'єднання залишків певних амінокислот, які розміщені в різних місцях поліпептидного ланцюга молекули білка.

Такими залишками є радикали гістидину, серину, аргініну, триптофану, цистеїну, тирозину, аспарагінової і глютамінової кислот.

У молекулах простих ферментів активний центр виникає в результаті того, що поліпептидний ланцюг молекули білка набуває такої конфігурації, за якої радикали зазначених вище амінокислот з'являться поруч. Утворюється своєрідна “кишеня”, в якій відбуваються каталітичні перетворення субстрату. Такою конфігурацією, як правило, є третинна структура поліпептидного ланцюга.

Таким чином, активний центр ферментів протеїнів виникає в той момент, коли білкова молекула набуває характерної для неї третинної структури. Тому зміна цієї структури може викликати деформацію або руйнацію активного центру й ослаблення ферментативної активності.

У складних ферментів роль активного центру виконує його небілкова частина, тобто кофактор, а також прилягаючі до нього білкові функціональні групи: HS-- цистеїну, OH- - серину, COOH- - аспарагінової і глютамінової кислот, імідазольне кільце гістидину й ін. У молекулах ферментів розрізняють також спеціалізовані ділянки, які відповідають за зв'язок зі субстратом. Їх називають ще субстратзв'язуючим (субстратним) центром, або "якірною" площадкою. У молекулах ферментів є також ділянки, розташовані на деякій відстані від активного і субстратного центрів. Їх називають алостеричними, або регуляторні, центрами. До цих центрів можуть приєднуватися різні речовини, викликаючи при цьому зміну просторової конфігурації молекули ферменту. Як наслідок, відбувається зміна конфігурації й активного центру, що супроводжується збільшенням або зменшенням каталітичної активності ферменту. Через алостеричний центр на активність ферменту можуть впливати різні регуляторні чинники, якими виступають продукти ферментативних реакцій, гормони і продукти їх обміну, медіатори нервової системи й ін. Регуляторні чинники, що підвищують активність ферментів, називають алостеричними активаторами, що знижують її — алостеричними інгібіторами

Питання для самоконтролю

1. Які типи ферментів використовують у харчовій промисловості?
2. Які процеси ферментації використовують у ресторанному господарстві?.

Тема15 Вітаміни.

План

1.Класифікація вітамінів та загальна характеристика.

2.Функції вітамінів та їх вміст у харчових продуктах

Класифікація вітамінів та загальна характеристика.

Для підтримання нормальної життєдіяльності організму, окрім білків, жирів, вуглеводів, мінеральних речовин і води, потрібні ще в дуже невеликих кількостях особливі речовини – вітаміни. Це група додаткових речовин їжі, що належать до різних класів органічних сполук і за рідкісним винятком не синтезуються в організмі людини. Вони мають сильний і певною мірою специфічний вплив на процеси обміну.

Польський хімік К. Функ (1912) назвав біологічно активну речовину, яку виділили з висівок, "вітаміном", оскільки вона містила в своїй молекулі аміногрупу (лат. *vita* життя та "аміни"). Хоча Нітроген міститься не в усіх вітамінах. На сьогодні відомо більш 30 вітамінів. Більшість вітамінів не тільки виділені з природної сировини, але й синтезовані у лабораторії.

Особливі властивості вітамінів, що відрізняють їх від інших класів біологічноактивних речовин:

1. На відміну від інших незамінних речовин (амінокислоти, поліненасичені жирні кислоти та ін.) вітаміни не є пластичним матеріалом або джерелом енергії.
2. Вітаміни активні в мінімальних кількостях. Добова потреба в них обчислюється в тисячних і навіть мільйонних частках грама.
3. Вітаміни в організмі людини не синтезуються, за винятком деяких з них. Так, вітаміни B6, B12, K, фолієва кислота утворюються в організмі мікрофлорою товстої кишки, вітамін D – синтезується під дією ультрафіолетових променів у шкірі людини, однак, у недостатній кількості.
4. Вітаміни, як правило, не відкладаються «про запас». Отже, ці речовини повинні надходити в організм при кожному прийомі їжі.
5. Найбільш ефективні вітаміни не синтетичні, а ті, що містяться в харчових продуктах. Це обумовлено тим, що до складу їжі входять кілька різних

вітамінів, що підсилюють фізіологічний ефект один одного, а також стимулятори, або стабілізатори їхньої дії.

Широке поширення одержала систематизація вітамінів на основі їхньої розчинності у воді або жирах. Одну групу склали водорозчинні вітаміни, іншу – жиророзчинні. Однак для деяких жиророзчинних вітамінів був синтезований водорозчинний аналог. Наприклад, вікасол є водорозчинним аналогом вітаміну К, розчинного в жирах. Ряд вітамінів представлений не одним, а декількома сполуками, що виявляють біологічну активність. Прикладом може служити група вітамінів D. Для позначення таких сполук користуються цифрами – D2, D3. У групі вітамінів розрізняють вітаміноподібні речовини, ступінь незамінності яких ще не визначена. Однак вони роблять сприятливий ефект на процеси обміну речовин, особливо в екстремальних умовах. У ряді продуктів містяться провітаміни, тобто сполуки, з яких в організмі утворюються вітаміни. До них відносять каротини, що розщеплюються в ряді тканин з утворенням ретинолу (вітамін А), деякі стероли (ергостерини, 7-дегідрохолестерол і ін.), що перетворюються у вітамін D під впливом ультрафіолетових променів.

Функції вітамінів.

Вітаміни забезпечують нормальний перебіг біохімічних і фізіологічних процесів в організмі. Вони беруть участь у каталізі обмінних процесів, тому що містяться в активних групах ферментів. Так, наприклад, вітамін РР є коферментом дегідрогеназ, що здійснюють перший етап окислювання білків, жирів, вуглеводів; вітамін В1 входить до складу активної групи ферменту, який каталізує розщеплення одного з центральних проміжних продуктів обміну речовин – піровиноградної кислоти; вітамін В12 відіграє визначну роль у процесах синтезу білків. От чому недолік вітамінів у їжі або порушення їхньої асиміляції негативно позначаються на багатьох фундаментальних процесах обміну речовин. Вітаміни мають захисну дію, нейтралізуючи вплив різних негативних факторів. У здорових людей вони підвищують стійкість до холоду, інфекційних хвороб, фізичних перевантажень. У хворих вітаміни сприяють нормалізації обміну, поліпшують ефект лікувальних засобів, нейтралізують побічну дію лікарських препаратів, зменшують наслідки опромінення. При відсутності в продуктах харчування одного або декількох вітамінів розвивається вітамінна недостатність. Вона буває двох ступенів: авітаміноз і гіповітаміноз.

Авітаміноз – це стан глибокого дефіциту якого-небудь вітаміну в організмі з розгорнутою клінічною картиною недостатності (цинга, бери-бери, пелагра і

т.д.). Гіповітаміноз – стан організму при недостатньому вмісті одного або декількох вітамінів у їжі.

Гіповітамінози частіше зустрічаються наприкінці зими, навесні, коли надходження вітамінів з їжею досить обмежено, оскільки вони руйнуються в процесі зберігання продуктів харчування. Розрізняють первинні і вторинні гіповітамінози.

Первинні гіповітамінози зв'язані з низьким вмістом вітамінів у продуктах харчування, що може мати місце в результаті наступних причин:

1. Однобічне незбалансоване харчування переважно рафінованими продуктами, недостатнє вживання продуктів рослинного походження.
2. Неправильна кулінарна обробка їжі, що приводить до руйнування вітамінів.
3. Застосування консервантів, що руйнують вітаміни.
4. Неправильні умови зберігання продуктів, що містять вітаміни.

Вторинні гіповітамінози розвиваються в тих випадках, коли знижується здатність засвоювати вітаміни або підвищується потреба в них. Це може бути зв'язане з порушенням функції шлунково-кишкового тракту.

При інфекційних захворюваннях підвищується потреба у вітамінах внаслідок їхньої витрати в процесі утворення антитіл. Лікування деякими препаратами може збільшувати потребу у вітамінах у результаті їхнього підвищеного виділення з організму або порушення синтезу в товстій кишці. У такий спосіб впливають на організм, наприклад, антибіотики й інші антибактеріальні речовини.

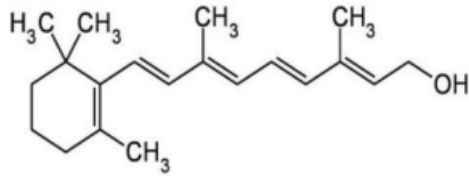
При надлишковому надходженні вітамінів вони, як правило, виводяться з організму через нирки із сечею. У деяких випадках їхній вміст підвищується і розвивається гіпервітаміноз, що приводить до порушення обмінних процесів. Особливо небезпечне в цьому відношенні передозування вітамінів А і D, що призначають дітям для профілактики рахіту і порушень росту.

Жиророзчинні вітаміни (групи А, Е, К, D, F, убіхінони).

Жиророзчинні вітаміни нерозчинні у воді, але розчиняються в органічних розчинниках. Особливістю цих вітамінів є їх здатність всмоктуватися в кишечнику лише за наявності жирів, а також іноді накопичуватися в організмі, викликаючи гіпервітамінози.

До жиророзчинних належать вітаміни А, D, Е, К.

Вітамін А (ретинол) міститься в продуктах тваринного походження – риб'ячому жирі, вершковому маслі, яєчному жовтку, печінці риб та ін.



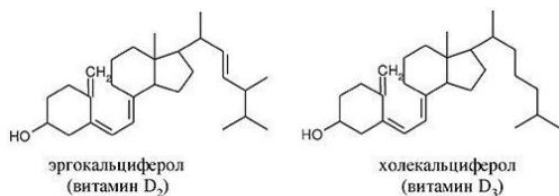
У рослинних продуктах ретинол не зустрічається. Однак багато з них (морква, шпинат, салат, петрушка, зелена цибуля, щавель, червоний перець, чорна смородина, чорниця, агрус, персики, абрикоси) містять каротин, що є провітаміном А, з якого в організмі утворюється ретинол.

Вітамін А регулює процеси зроговіння, утворення і виділення секрету сальних залоз, необхідного для нормального росту волосся. Ретинол бере участь у синтезі родопсину, необхідного для підтримки імунітету і протипухлинного захисту організму. Препарати вітаміну А призначають для профілактики деяких захворювань очей, лікування уражень шкіри (обмороження, опіки).

Застосовують вітамін А також у комплексній терапії рахіту й гострих респіраторних захворювань. Нестача вітаміну А в організмі викликає захворювання, відоме як "куряча сліпота".

При надлишковому надходженні виникає гіпервітаміноз, проявами якого є нудота, випадання волосся, часті переломи кісток. Добова потреба – 1-2 мг.

Вітаміни D (ергокальциферол (вітамін D₂), холекальциферол (вітамін D₃), D₄, D₅ та ін.) містяться переважно в організмі тварин і людини.

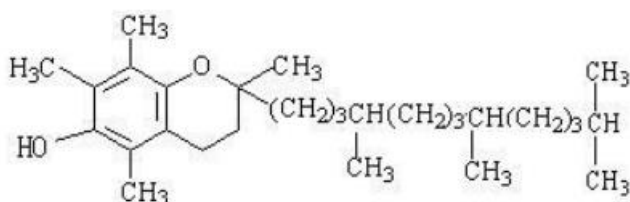


Основною властивістю цих сполук є здатність попереджати й лікувати рахіт, у зв'язку із чим їх іноді називають антирахітичними вітамінами. Вітамін D₂ у невеликій кількості міститься в харчових продуктах: яєчному жовтку, вершковому маслі, молоці, ікрі, рослинах.

Вітамін D₃ утворюється в шкірі людини під впливом сонячних променів. Функціональною особливістю вітамінів D є їх участь у метаболізмі Кальцію. Вони сприяють його всмоктуванню в травному тракті, активують відкладення в кістках і перешкоджають резорбції з кісткової тканини. Вітаміни D регулюють також вміст Фосфору в організмі.

Застосовують вітамін D для профілактики та лікування рахіту й захворювань кісток, викликаних порушеннями обміну Кальцію (остеомалія й деякі форми остеопорозу). Добові дози становлять в середньому 20-25 мкг для дорослих.

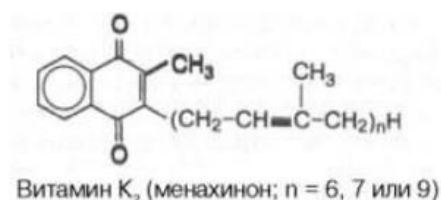
Вітаміни E (токофероли) містяться в зелених частинах рослин, особливо в молодих паростках злаків, багаті токоферолами рослинні олії (соняшникова, кукурудзяна, арахісова, соєва, обліпихова).



Деяка кількість їх міститься також у м'ясі, жирі, яйцях, молоці. Відсутність вітамінів E у їжі негативно позначається на здатності організму до розмноження. Тому вітаміни E називають вітамінами розмноження, або антистерильними вітамінами.

Вітаміни E призначають при м'язових дистрофіях, порушеннях менструального циклу, загрозі переривання вагітності тощо. У людей авітаміноз E практично не зустрічається, оскільки токофероли дуже поширені в природі. Добова потреба становить близько 30 мг.

Вітаміни K (філохінони) називають ще вітамінами коагуляції, оскільки вони стимулюють синтез протромбіну і підвищують зсідання крові.



Крім того, вони прискорюють загоєння ран і регенерацію тканин після опіків, а також беруть участь в окисно-відновних процесах. У людини авітаміноз K зустрічається дуже рідко, оскільки цей вітамін у достатній кількості синтезується кишковою мікрофлорою.

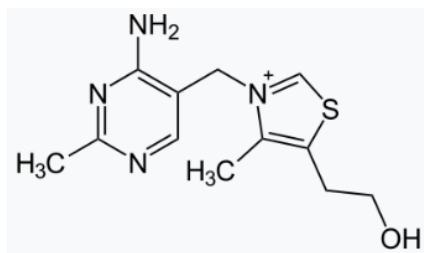
Потреба організму людини в цьому вітаміні забезпечується вживанням продуктів рослинного (капуста, томати, салат) і тваринного (печінка, м'ясо) походження. Потреба людини у вітаміні К 0,2-0,3 мг.

Водорозчинні вітаміни (РР, Р, С, Н та група В).

До водорозчинних вітамінів належить: вітамін С, Н, В13, В2, В1, В5, В6, В9, В12. Усі вони термостабільні, за винятком вітаміну С, який руйнується при нагріванні в присутності кисню та важких металів.

Тіамін (Thiaminum) (вітамін В1). Вітамін міститься в дріжджах, зернових і бобових рослинах (особливо в зародках рису, пшениці, гречки, жита), у пшениці, нирках, серці, молоці, яєчному жовтку. Всмоктується в тонкій кишці.

Тіамін нормалізує шлункову секрецію, поліпшує регенерацію тканин, підвищує тонус парасимпатичної частини вегетативної нервової системи.



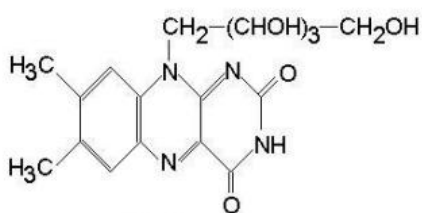
Застосовується тіамін при гіпо- й авітамінозах, а також як неспецифічний фармакологічний засіб, при захворюваннях периферичної та центральної нервової системи (неврології, ішіас, каузалгія, полі-неврити), порушеннях функції травного апарату, захворюваннях міокарда та при перевтомах.

При передозуванні тіаміну виникає шум у вухах, запаморочення, нудота, висипання на шкірі, кропив'янка, свербіння. Може виникати навіть тіаміновий шок, що є проявом алергічної реакції на препарат.

Добова потреба у вітаміні для дорослої людини 2-3 мг. При фізичній роботі, у дітей, у вагітних, в період годування груддю потреба у вітаміні зростає до 5-6 мг на добу.

Рибофлавін (Riboflavinum) (вітамін В2). Жовто-оранжевий кристалічний порошок, гіркий на смак, без запаху мало розчинний у воді. Рибофлавін дуже поширений у природі. Він міститься у дріжджах, яєчному жовтку, печінці, серці, нирках, молоці, ікрі, рибі, м'ясі, зародках і оболонках злаків, гороху, листових овочах.

Рибофлавін термостабільний, не руйнується при кулінарній обробці.

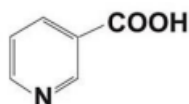


Цей вітамін входить до складу ферментних систем, що регулюють процеси окислювання і відновлення, а також білковий, жировий і вуглеводний обміни.

Добова потреба у рибофлавіні 1-3 мг. Велике значення для профілактики гіповітамінозу мають такі продукти, як пивні і пекарські дріжджі, гриби сир, печінка, молоко, бобові. Тепер рибофлавіном вітамінізують хліб і хлібобулочні вироби.

Рибофлавін застосовують для лікування гіпо- і авітамінозів цього вітаміну, а також як лікувальний препарат при екземах, дерматичних виразках, ранах, опіках, тріщинах сосків, блефаритах, кон'юнктивітах, при ураженнях рогівки ока.

Кислота нікотинова (Acidum nicotinicum) (вітамін PP, вітамін B3). Білий кристалічний порошок, без запаху.



В організмі нікотинова кислота перетворюється в амід (вітамін PP). Цей вітамін відіграє важливу роль в окислювально-відновних процесах, входить до складу ферментів, які переносять кисень, регулюють тканинне дихання.

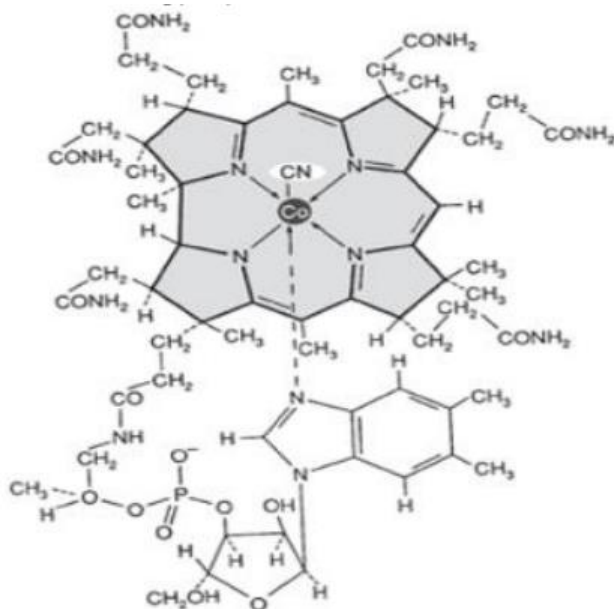
Нікотинова кислота й її амід стимулюють кровотворення і кістковому мозку, прискорюють процеси загоєння ран і виразок, посилюють секрецію шлунка та перистальтику кишків, а також поліпшують всмоктування різних речовин із кишків.

Ціанокабаламін (Cyanocobalaminum) (вітамін B12). Кристалічний порошок темно-червоного кольору без запаху, гігроскопічний, мало розчинний у воді.

Синтезується мікрофлорою кишків людини, але в недостатній кількості порівняно з витратами організму. Тваринні продукти є основним джерелом

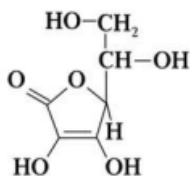
вітаміну. В людському організмі ціанокобаламін нагромаджується в печінці, нирках, стінці кишок.

Всмоктування й засвоєння вітаміну погіршується або зовсім припиняється, якщо немає "внутрішнього фактора" – речовини білкової природи (мукопротеїду), яка виробляється залозами слизової оболонки шлунка і, з'єднуючись із вітаміном, запобігає його руйнуванню в кишках.



Ціанокобаламін застосовується при перніціозній (мегалобластичній) анемії, анемії вагітних, порушеннях кровотворної функції кісткового мозку, при захворюваннях нервової системи (розсіяний склероз, гострий період поліомієліту, радикуліти, каузалгії, фантомний біль), при гострих і хронічних гепатитах, алергічних та шкірних захворюваннях, променевій хворобі, порушення росту й розвитку у дітей.

Вітамін С є лактоном, близьким за структурою до глюкози.



Є потужним антиоксидантом, так як бере участь в реакціях одного електронного переносу і, відповідно, може взаємодіяти з вільними радикалами, інактивуючи їх. При цьому аскорбінова кислота перетворюється в дегідроаскорбінову. Відноситься до антиканцерогенів не тільки через її антиоксидантні властивості, але й через здатність безпосередньо запобігати

нітрозаміновому канцерогенезу (нітрозаміни – це сильні канцерогени, що утворюються в кислому середовищі шлунку з нітриту і аміносполук їжі).

Аскорбінова кислота (вітамін С) не синтезується в організмі людини і потреба в ній задовольняється тільки з продуктами харчування. Тому в умовах голодного або напівголодного існування нестача аскорбінової кислоти найбільше позначається на здоров'ї.

Якщо організм тривалий час не отримує цього вітаміну, розвивається авітаміноз – цинга, її ознаки – виснажене обличчя, набряклі, кровоточиві ясна; на тілі безліч червоних плям, синців від крововиливів. Те саме й на внутрішніх органах – серці, печінці, легенях, м'язах.

Питання для самоконтролю

- 1.Класифікація ферментів і жирів.
- 2.Біологічні властивості.

Тема 15.Методи аналізу харчових продуктів.

План

- 1.Біохімічні та органолептичні методи.
- 2.Технологічний , реєстраційний та розрахунковий методи
Кондуктометричний метод. Мікроскопіювання та поляриметрія
- 3.Рефрактометрія, фотометрія, спектроскопія та хроматографічні методи.

Харчові продукти – це об'єкти тваринного або рослинного походження, які використовують у харчуванні людини як джерела енергії, смакових і ароматичних речовин.

Харчова цінність продуктів, тобто їхня біологічна й енергетична цінність характеризується доброякісністю (нешкідливістю) і засвоюваністю продуктів, вмістом та співвідношенням поживних і біологічно активних речовин.

Оптимальне співвідношення між білками, жирами і вуглеводами у продуктах для дорослих становить 1 : 1 : 4, для дітей молодшого віку – 1 : 1 : 3.

Біологічна цінність харчових продуктів – це збалансований вміст незамінних амінокислот, насичених жирних кислот, фосфоліпідів, вітамінів, мінеральних речовин, поліфенольних сполук. Їжа повинна містити понад 600 речовин, кожна з яких займає певне чітко визначене місце у складному механізмі біологічних процесів в організмі.

Енергетична цінність харчових продуктів визначається кількістю енергії, яка виділяється при окисненні жирів, білків і вуглеводів в організмі людини. Так, середня кількість енергії, що виділяється під час окиснення 1 г жиру дорівнює 37,7 кДж; 1 г білка – 16,7 кДж; 1 г вуглеводів – 15,7 кДж.

За придатністю до споживання харчові продукти поділяють на групи.

1 група. Продукти, призначені для харчування без обмежень, які мають гарні органолептичні властивості, нешкідливі для здоров'я і відповідають усім вимогам нормативної документації за гігієнічними показниками.

2 група. Придатні для харчування продукти зниженої якості, які не відповідають вимогам нормативної документації за окремими показниками.

Але ці недоліки не роблять його небезпечним для здоров'я споживачів. Наприклад, менший, порівняно зі стандартним, вміст жиру у молочних продуктах, підвищений вміст вологи в сирах. Ці продукти допускаються до реалізації за умови повідомлення споживача про їх знижену харчову цінність.

3 група. Умовно придатний продукт, який має недоліки, які не дозволяють використовувати його у харчуванні населення. Тобто має місце погіршення органолептичних властивостей, забруднення патогенними мікроорганізмами чи їх токсинами, пестицидами тощо. Уповноважені особи повинні чітко визначати шляхи переробки або знищення такої продукції.

4 група. Фальсифікований продукт – продукт, природні властивості якого змінено з метою введення в оману споживача. Наприклад, напої із концентратів, води, замінників цукру і барвників з маркуванням «соки», вершкове масло із заміною молочного жиру рослинним з маркуванням «вершкове масло», горілка з неочищеного спирту тощо. Такі продукти не підлягають реалізації і після узгодження з санітарними установами переробляються на технічні цілі.

5 група. Продукти-сурогати виробляються для заміни природних. Такі продукти зовнішньо не відрізняються від натуральних за виглядом і смаком, але переважно мають знижену харчову цінність (штучна ікра, кава зі злакових). Сурогати надходять у реалізацію, якщо вони нешкідливі для здоров'я людини.

Класифікація і характеристика методів аналізу харчових продуктів.

Нині розроблено декілька тисяч методів аналізу. Контроль харчової продукції здійснюють за допомогою органолептичного, механічного та

інструментального (вимірювального) методів, які застосовують повсякчасно як безпосередній засіб, за допомогою якого можна дати об'єктивну оцінку якості продукції.

Органолептичні методи – це методи оцінки якості продукції за допомогою органів відчуття людини.

Механічні методи дослідження використовують для визначення таких показників, як: пружність, еластичність, твердість, в'язкість; їх часто застосовують для характеристики споживних властивостей продовольчої і непродовольчої продукції.

Інструментальні методи здійснюють за допомогою спеціальної апаратури, установок із застосуванням приладів, лабораторного посуду, хімічних реактивів, а також відповідної техніки проведення вимірювання. Показники якості, які визначають цими методами, виражають у конкретних величинах: мл, л, г, °, вольтгах, % тощо.

Переваги: об'єктивність, можливість відтворення отриманих результатів при застосуванні стандартної методики дослідження. Недоліки: складність і довготривалість багатьох визначень, спеціальна підготовка персоналу, а у деяких випадках – необхідність руйнування зразків продукції, що робить проведення аналізу недешевим.

Хімічні та біохімічні методи використовують для кількісної і якісної характеристики різноманітних споживних властивостей продукції.

Наприклад, з допомогою хіміко-аналітичних методів визначають вміст цукру в харчовому продукті, відповідність кислотності продукту стандартним нормам, вміст солей важких металів для визначення доброякісності харчового продукту та багато інших показників.

Фізіологічні методи дослідження використовують для визначення засвоюваності харчових продуктів і їх реальної енергетичної цінності та вивчення впливу непродовольчої продукції на організм людини.

Фізичні і фізико-хімічні методи використовують для визначення фізичних властивостей і хімічного складу продукції та матеріалів, які використовують у виробництві.

У товарознавчій практиці нерідко застосовують такі фізичні методи, як оптична і електронна мікроскопія, які широко використовують для вивчення структури тканин, металів, наявності домішок.

Відносну густину визначають за допомогою ареометрів, пікнометрів, гідростатичних терезів тощо.

Визначення температурних констант проводять під час дослідження якості жирів, стійкості продукції і матеріалів до відповідного температурного режиму роботи або зберігання (температура плавлення полімерних плівок, загорання продукції тощо).

Фізико-хімічні методи базуються на аналітичній реакції та явищах, якими ця реакція супроводжується. Вони є своєрідною комбінацією фізичних і хімічних методів.

Оптичні показники продовольчої і непродовольчої продукції досліджують за допомогою поляриметрії, рефрактометрії, фотометрії, спектроскопії, хроматографії та ін.

За допомогою поляриметрії, яка ґрунтується на здатності деяких оптично активних речовин повертати площину поляризованого променя при проходженні його через розчин цих речовин, можна визначити концентрацію самих речовин, наприклад, цукру в розчині.

За допомогою рефрактометрії визначають вміст жиру, води, спирту, цукру, сухих речовин та інших сполук. Ґрунтується метод на вимірюванні показника заломлення променя під час проходження його через рідкий продукт. Цей метод застосовують при дослідженні якості таких продуктів, як: харчові жири, соки, томатпродукти.

За допомогою фотометричних методів (фотоколориметрія, спектрофотометрія, люмінесцентний аналіз) можна визначити компоненти хімічного складу продовольчої і непродовольчої продукції, отримати дані про свіжість продуктів, їх доброякісність.

Спектрометрію використовують при визначенні кількісного і якісного складу харчових продуктів та матеріалів. Зокрема, в харчових продуктах можна визначити вміст вітамінів, макро-, мікро- та ультраелементів.

Хроматографія – метод розподілу й аналізу складних сумішей речовин; один із потужних методів дослідження в галузі хімії та біохімії. Суть хроматографії полягає в тому, що розподіл суміші речовин відбувається між двома фазами, які не змішуються, нерухома фаза – тверде тіло або рідина – омивається рухомою фазою – якоюсь рідиною або газом, які не вступають у реакцію і не змішуються з нерухомою фазою.

За технікою проведення аналізу розрізняють хроматографію: паперову, колонкову, тонкошарову, газову. Нині широко застосовується газова хроматографія.

Потенціометричний метод застосовують для вимірювання рН середовища. Для цього використовують різні типи потенціометрів.

Методом прямої потенціометрії вимірюють електродний потенціал і за рівнянням Нернста обчислюють концентрацію іонів у досліджуваному розчині.

Метод застосовують для визначення рН природних і стічних вод за допомогою скляного електроду;

йоноселективні електроди використовують для визначення нітратів, нітритів, іонів важких металів, хлорид-, бромід-, йодид-, ціаніданіонів у рослинах та продуктах харчування.

Кондуктометричний метод ґрунтується на вимірюванні електропровідності матеріалів і продукції. За допомогою цього методу дуже швидко можна визначити кислотність забарвлених продуктів (вин, соків), тому що в момент нейтралізації електропровідність розчинів різко знижується або повністю зникає.

Мікроскопіювання широко використовують при дослідженні харчових продуктів, виявлення домішок і видів помутнінь, встановленні наявності групи мікроорганізмів тощо. Наприклад, проблема пильного мікробіологічного контролю продукції та санітарного стану виробництва у молокопереробній галузі. Поряд з методами кількісного підрахунку певних груп бактерій із застосуванням рідких і твердих поживних середовищ лабораторія повинна застосовувати й інструментальні методи дослідження та ідентифікації бактерій.

Товарознавчо-технологічні методи найчастіше використовують для встановлення придатності сировини для промислової переробки, а також для визначення властивостей продукції, які виявляються під час її споживання. Наприклад, при дослідженні хлібопекарних властивостей борошна обов'язково проводять пробне випікання за відповідною технологічною схемою і визначають якість готового продукту за відповідними фізико-хімічними і органолептичними показниками.

Реєстраційний метод ґрунтується на використанні інформації, отриманої шляхом підрахунку кількості відповідних подій, випадків, витрат тощо. Цим

методом визначають дефектні партії, кількість дефектних одиниць у партіях відповідних постачальників продукції під час приймання, реалізації та споживання. Також реєструються витрати при експлуатації продукції, його патентноправові показники тощо.

Розрахунковий метод – метод, у якому інформацію щодо якості отримують розрахунковим шляхом.

Використовують теоретичні та емпіричні залежності якості продукції від параметрів відповідних показників, які розраховують за допомогою математичних моделей, формул за параметрами, які отримують в результаті дослідження іншими методами – фізико-хімічними, біохімічними тощо. Цим методом у товарознавчій практиці розраховують пористість хліба, розривну напругу матеріалів, довговічність тощо

Питання для самоконтролю

1. Загальна характеристика методів аналізу.
2. Використання методів у харчовій промисловості .

Рекомендована література

Основна

1. Органічна хімія: навч. посіб. / О. Іващенко, Л. Копанцева, - Полтава: ПДМУ. 2023. 192 с.
2. Кичкирук О.Ю., Шляніна А.В., Кусяк Н.В. Аналітична хімія: навч. посіб. / О.Ю. Кичкирук, А.В. Шляніна, Н.В. Кусяк. Житомир: ЖДУ ім. Івана Франка, ПП «Євро-Волинь», 2022. 240 с.
3. Біологічна хімія: підручник / Ю.І. Губський, І.В. Ніженковська, М.М. Кордя; за ред. І.В. Ніженковської-Вінниці: Нова Книга, 2021. 648 с.
4. Циганков С.А., Швидко А.В. Лабораторний практикум з неорганічної хімії. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2023. 71 с.
5. Харчова хімія. Розділ 1. Частина 2. Основи хімічного аналізу харчових систем: методичні вказівки до самостійної роботи та виконання лабораторних робіт для студентів спец. 181 Харчові технології / укладачі: О.Ф. Аксьонова, І.С. Пілюгіна, Н.В. Мурликіна; Харків: ХДУ ХТ, 2021. 76 с.

6. Методичні рекомендації до проведення лабораторних занять з дисципліни “Харчова хімія” для здобувачів, які навчаються за спеціальністю 181 «Харчові технології»_СВО «Бакалавр» денної та заочної форм навчання / В. А. Бачеріков ,Л.А. Тітомир– Одеса: МГУ, 2024.87 с.

7.Методичні рекомендації до проведення практичних робіт з дисципліни “Харчова хімія” для здобувачів, які навчаються за спеціальністю 181 «Харчові технології»_СВО «Бакалавр» денної та заочної форм навчання / В. А. Бачеріков, Л.А. Тітомир– Одеса: МГУ, 2024. 47с.

8. Методичні рекомендації до виконання самостійних занять з дисципліни“Харчова хімія” для здобувачів, які навчаються за спеціальністю 181 «Харчові технології» за освітньою програмою «Ресторанні технології» СВО «Бакалавр» денної та заочної форм навчання / В. А. Бачеріков ,Л.А. Тітомир– Одеса: МГУ, 2024. 18 с.

Допоміжна

1.Практикум з органічної хімії :метод.вказівки з органічної хімії для студентів 2,3 ступенів ф-ту хімії та фармації/В.В. Ведута,н.Ф.Федько,О.В.Шевченко-Одеса:Одес. нац. у-т ім.І.І.Мечнікова,2019.80с.

2.Ранський А.П.,Соколов Г.В., Лабораторний практикумз органічної та біоорганічної хімії:на.посіб. для закладів вищої освіти Зі4 рівнів акредитації із фім.спец./А.П. Ранський ,Г.В.Соколов –Вінниця:ТОВ «Твори» ,2019.155с

3.Загальна хімія: підручник/О.І.Панасенко,А.М Голуб.О.О. Андрійко та ін..Запоріжжя,2016.242с.

4.Яворський В.Т.Неорганічна хімія:підручник Львів:Вид-воЛьвівська політехніка,2016.32с.

5.Швед О.М., СитникН.С., Бахалова ЄА. Практикум з органічної хімії: навчальний посібник. Вінниця:ДонНУім.В. Стуса,2017.64с.