

ВУГЛЕВОДИ

**Професор, д.мед.н.
Нетюхайло Л.Г**

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

ПЛАН ЛЕКЦІЇ

- Вуглеводи: визначення, класифікація. Моносахариди (альдози і кетози; тріози, тетрози, пентози, гексози, гептози), біомедичне значення окремих представників.
- Моносахариди: пентози (рибоза, 2-дезоксирибоза, ксилоза), гексози (глюкоза, галактоза, маноза, фруктоза) – будова, властивості. Якісні реакції на глюкозу.
- Будова та властивості похідних моносахаридів. Амінопохідні: глюкозамін, галактозамін. Уронові кислоти. L-Аскорбінова кислота (вітамін С). Продуктивідновлення моносахаридів: сорбіт, маніт.
- Олігосахариди: будова, властивості. Дисахариди (сахароза, лактоза, мальтоза), їх біомедичне значення.
- Полісахариди. Гомополісахариди: крохмаль, глікоген, целюлоза, декстрини – будова, гідроліз, біомедичне значення. Якісна реакція на крохмаль.
- Гетерополісахариди: визначення, структура. Будова та біомедичне значення глікозаміногліканів (мукополісахаридів) – гіалуронової кислоти, хондроїтинсульфатів, гепарину.

Вуглеводи – клас біоорганічних сполук, які є альдегідо - і кетопохідними багатоатомних спиртів. Характерною ознакою вуглеводів є наявність не менше двох гідроксильних груп і карбонільної (альдегідної або кето) групи.

Основні вуглеводи організму людини

- 1. Моносахариди** (гліцеральдегід, диоксиацетон, рибоза, дезоксирибоза, рибулоза, глюкоза, галактоза, фруктоза, манноза);
- 2. Олігосахарид** (дисахариди: мальтоза, лактоза, сахароза);
- 3. Гомополісахариди** (крохмаль, глікоген, клітковина);
- 4. Гетерополісахариди** (гіалуронова кислота, хондроїтинсульфат, дерматансульфат, кератансульфат, гепарин).

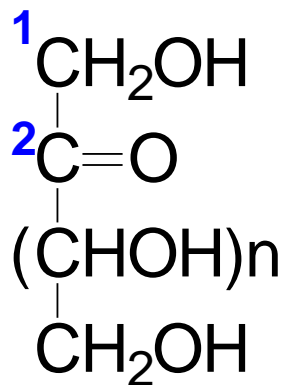
БІОЛОГІЧНА РОЛЬ ВУГЛЕВОДІВ

- 1. ЕНЕРГЕТИЧНА.** При окисленні 1 г вуглеводів виділяється 4,1 ккал енергії. На долю вуглеводів приходить 60-70% всієї добової калорійності їжі. Добова потреба у вуглеводах для людини масою 60-70 кг складає 400-500 г.
- 2. СТРУКТУРНА.** Будівельний матеріал для структурних компонентів клітин (гліколіпіди, глікопротеїни, гетерополісахариди).
- 3. РЕЗЕРВНА.** Відкладаються в клітинах у вигляді резервного полісахариду глікогена.
- 4. ЗАХИСНА.** Гіалуронова кислота, входять до складу сполучної тканини, запобігає проникненню чужерідних речовин. Гетерополісахариди приймають участь в утворенні в'язких секретів, які покривають слизові оболонки дихательних, сечовидільних шляхів, травного каналу, захищаючи їх від пошкоджень.
- 5.** Гетерополісахариди входять до складу оболонок еритроцитів, визначають **групи крові.**
- 6.** Приймають участь в **процесах згортання крові**, входячи до складу фібріногену і протромбіну. **Попереджають згортання крові**, входячи до складу гепарину.
- 7. РЕГУЛЯТОРНА.** Деякі гормони за хімічною природою є глікопротеїнами.

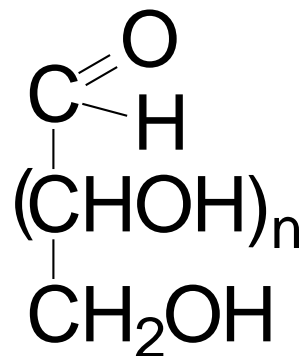
Моносахариди

- Виконують енергетичну функцію (утворення АТФ із АДФ).
- Виконують пластичну функцію (приймають участь в утворенні ди-, оліго-, полісахаридів, амінокислот, ліпідів, нуклеотидів).
- Виконують детоксикаційну функцію (похідні глюкози, глюкуроніди, приймають участь в знешкодженні токсичних метаболітів і ксенобіотиків).
- є фрагментами гліколіпідів (цереброзиди).

Відкриті форми моносахаридів відображають у вигляді проєкційних формул Фішера, згідно яким вуглецевий ланцюг записується вертикально. У альдоз наверху поміщають альдегідну групу, у кетоз – сусідню з карбонильною первинно-спиртову групу. З цих груп проводяться нумерація вуглецевого ланцюга .



- **кетози**
- **n = 1-7**



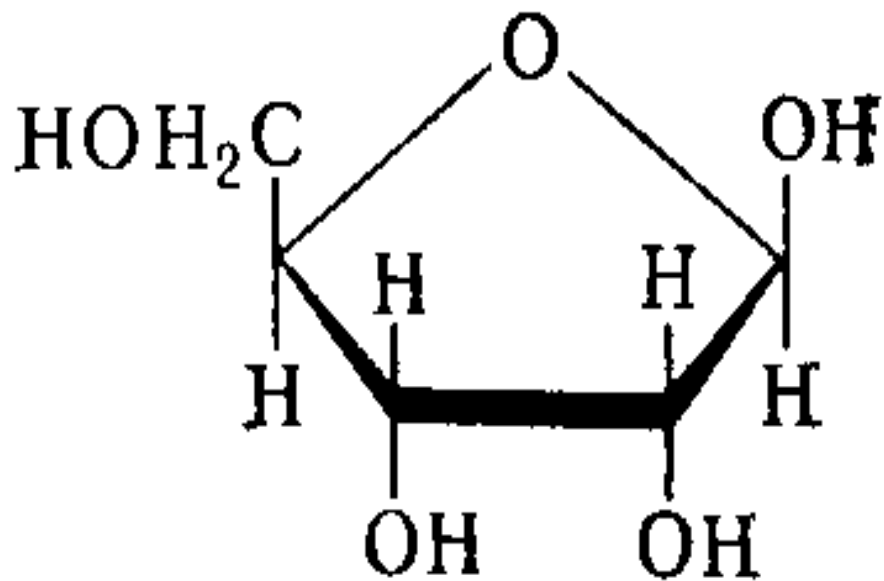
альدوزи
n = 1-8

КЛАСИФІКАЦІЯ МОНОСАХАРИДІВ

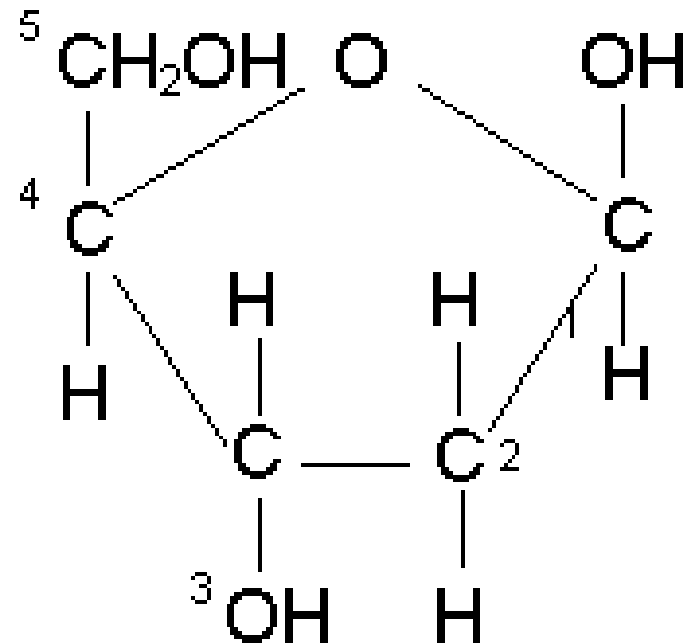
в залежності від довжини вуглецевого ланцюга (3 – 10 атомів)

- тріози
- тетрози
- **пентози**
- **гексози**
- гептози
- октози
- нонози
- декози

ПЕНТОЗИ

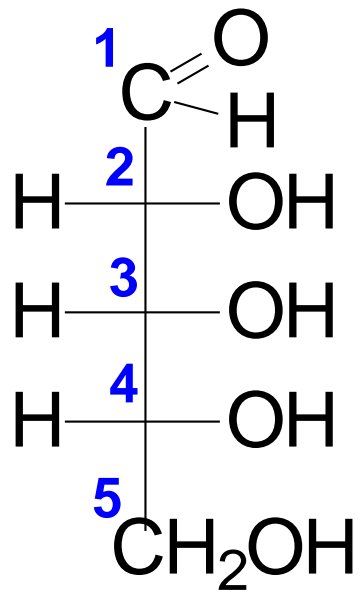


Рибоза

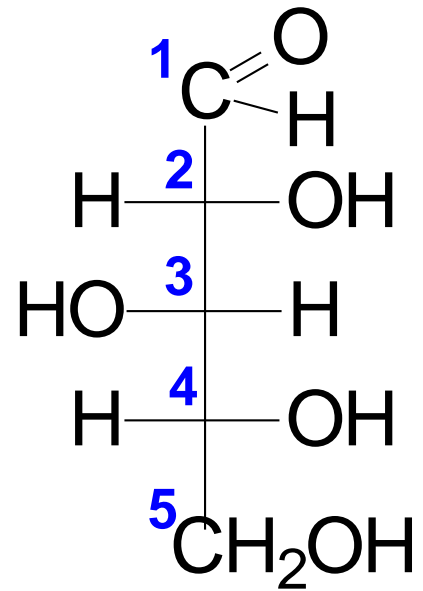


Дезоксирибоза

Найбільш важливі пентози

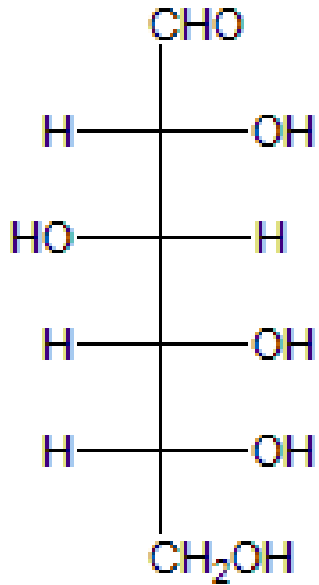


D-глюкоза

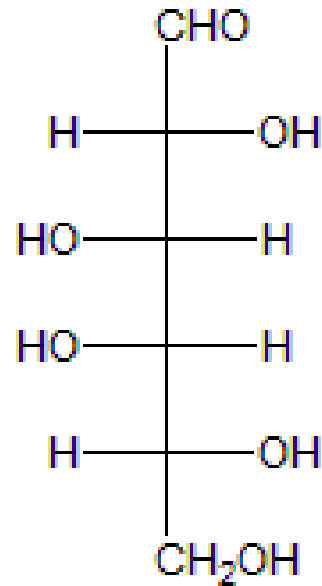


D-фруктоза

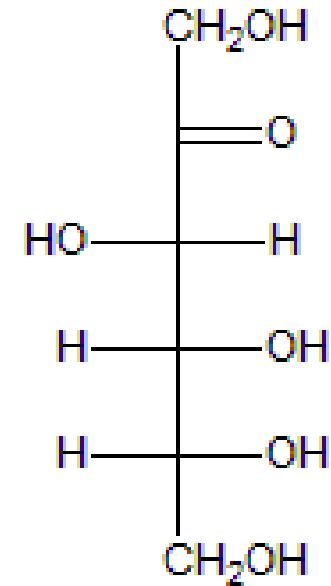
Гексози



Глюкоза



Галактоза



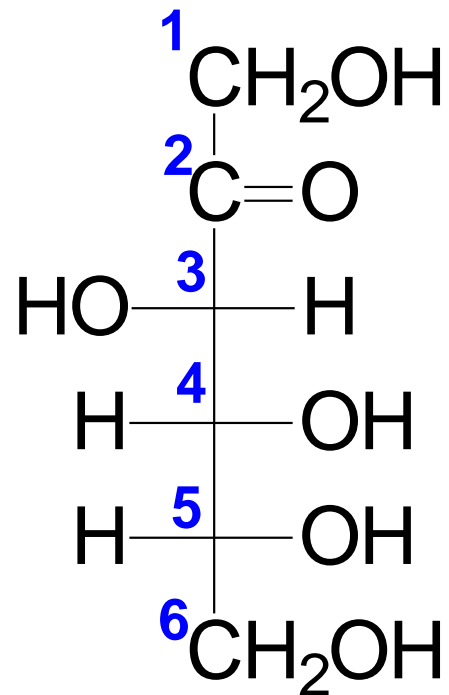
Фруктоза

Приймають участь в гліколізі

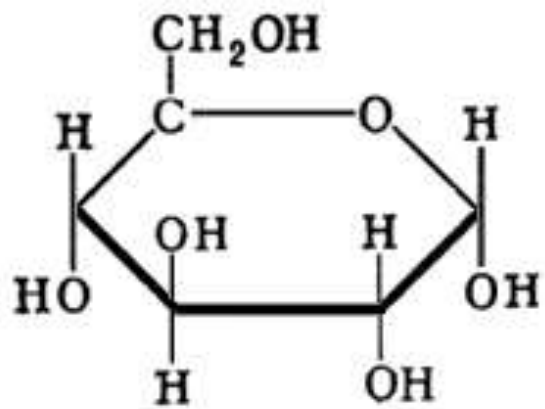
Компонент ди-, оліго-, полісахаридів

Основне джерело енергії, синтез амінокислот, ліпідів, НК

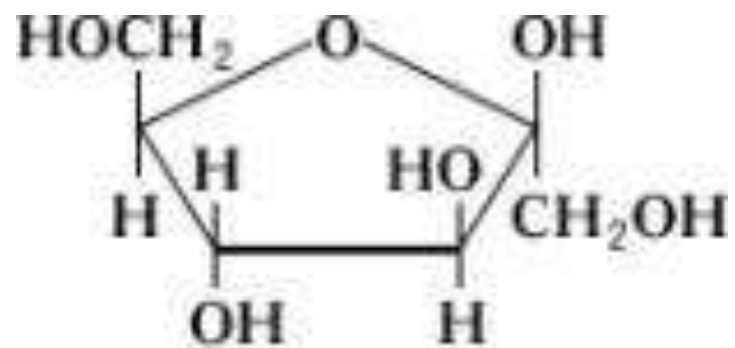
Найбільш важливі гексози



D-глюкоза



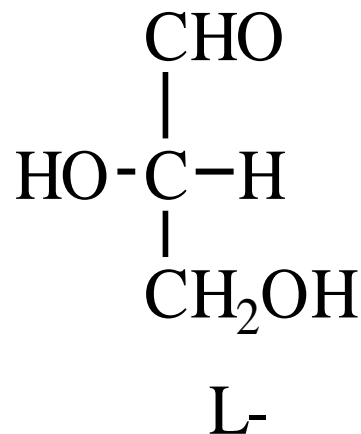
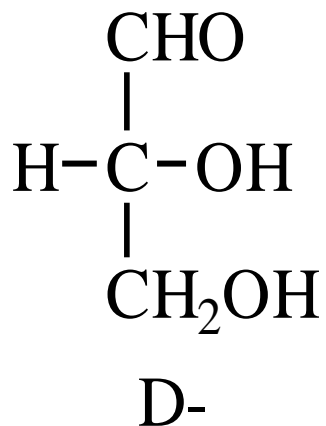
Глюкоза



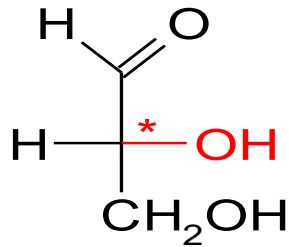
Фруктоза

- ***Стереохімія моносахаридів.*** Всі моносахариди містять один або більше асиметричних атомів вуглецю: альдотріоза – один центр асиметрії, альдотетрози – два, альдопентози – три, альдогексози – 4. Кетози містять на один асиметричний атом менше, ніж альдози з тим же числом вуглецевих атомів. Отже, кетотріози не містять асиметричних атомів вуглецю. Всі інші моносахариди можуть існувати у вигляді різноманітних стереоізомерів.
- Загальна кількість стереоізомерів для будь якого моносахариду можна порахувати за формулою $N = 2^n$, де N – число стереоізомерів, а n – число асиметричних атомів вуглецю.
- Гліцеральдегід містить тільки один асиметричний атом вуглецю і тому може існувати у вигляді двох різноманітних стереоізомерів.

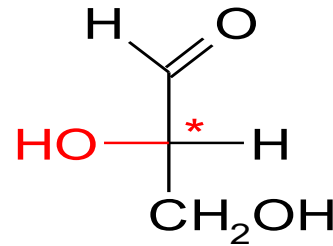
○ Ізомер гліцеральдегіда, у якого при проєкції моделі на площину ОН-група у асиметричного атома вуглецю розміщена з правої сторони, прийнято вважати D-гліцеральдегідом, а зеркальне відображення – L-гліцеральдегідом:



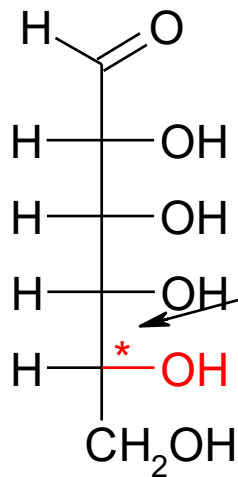
Моносахариди. Просторова ізомерія



D-гліцериновий альдегід

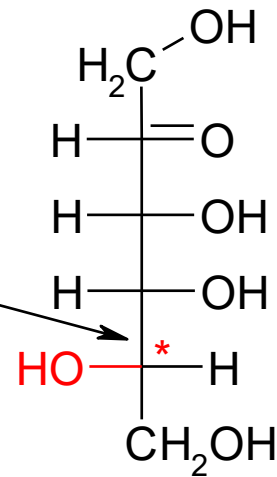


L-гліцериновий альдегід



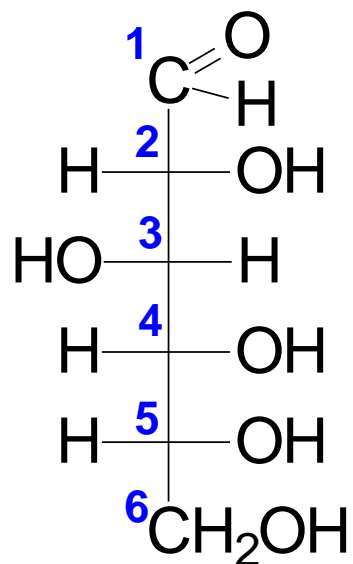
D-Альдогексоза

Останній асиметричний
Атом вуглецю

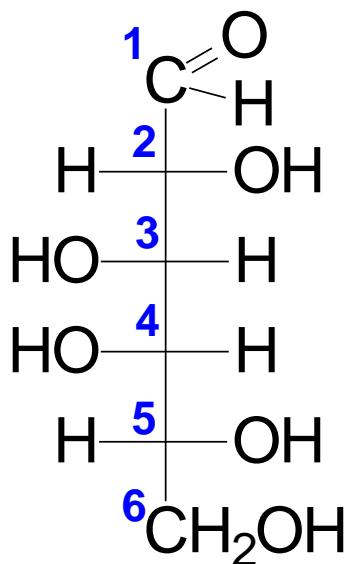


L-Кетогексоза

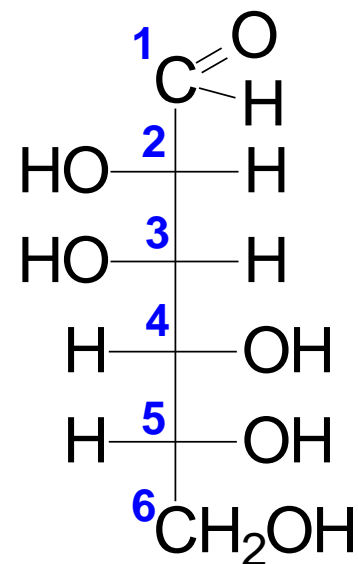
Найбільш важливі гексози



D-глюкоза



D-манноза



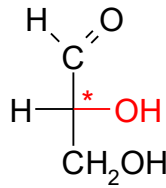
D-галактоза

Приналежність до D або L ряду визначається по 5-му атому вуглецю (найбільш віддаленому від карбонільної групи хіральному атому вуглецю) з використанням конфігураційного стандарту – гліцеринового альдегіда

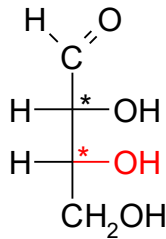
● **Наявність** в молекулах моносахаридів декількох центрів хіральності – причина існування великої кількості стереоізомерів, які відповідають одній і тій же структурній формулі.

Число оптичних ізомерів: $N=2^n$

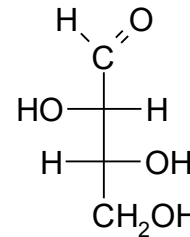
Генетичний ряд D-альдоз:



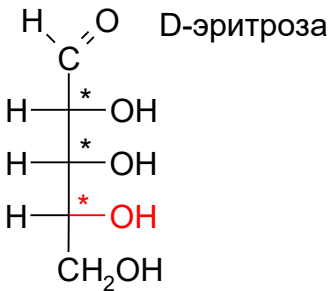
триоза



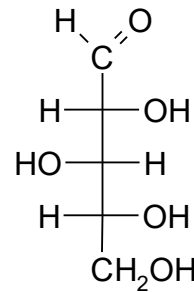
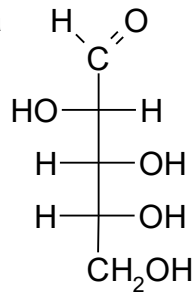
D-глицериновый альдегид



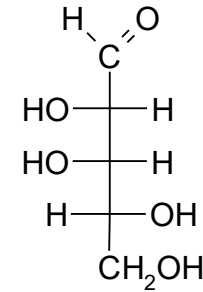
тетрозы



D-эритроза



D-треоза



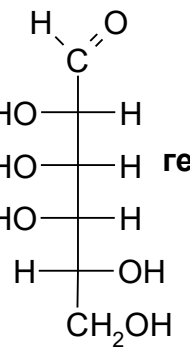
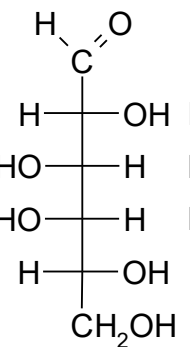
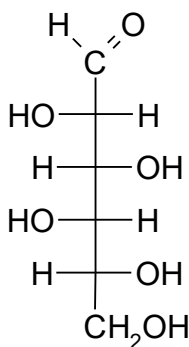
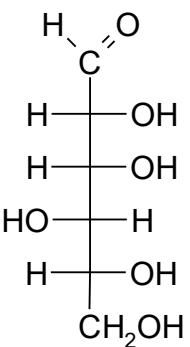
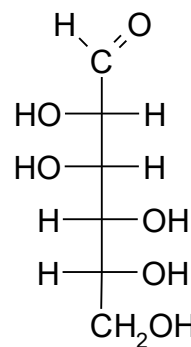
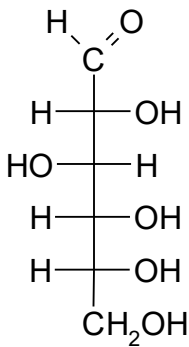
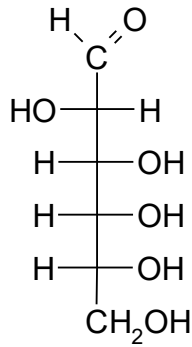
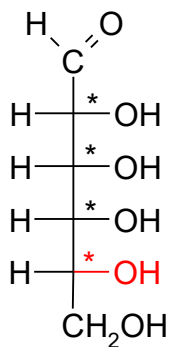
пентозы

D-рибоза

D-арабиноза

D-ксилоза

D-ликтоза



гексозы

D-алоза

D-альтроза

D-глюкоза

D-манноза

D-гулоза

D-идоза

D-галактоза

D-талоза

Альдогексоза

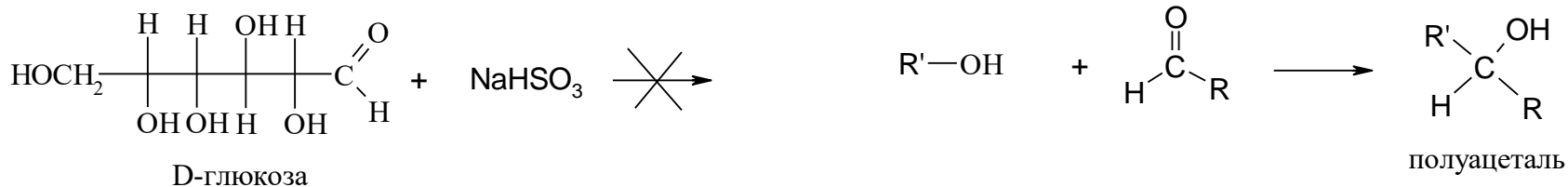


число стереоізомерів = $2^4 = 16$ (8 пар енантіомерів)

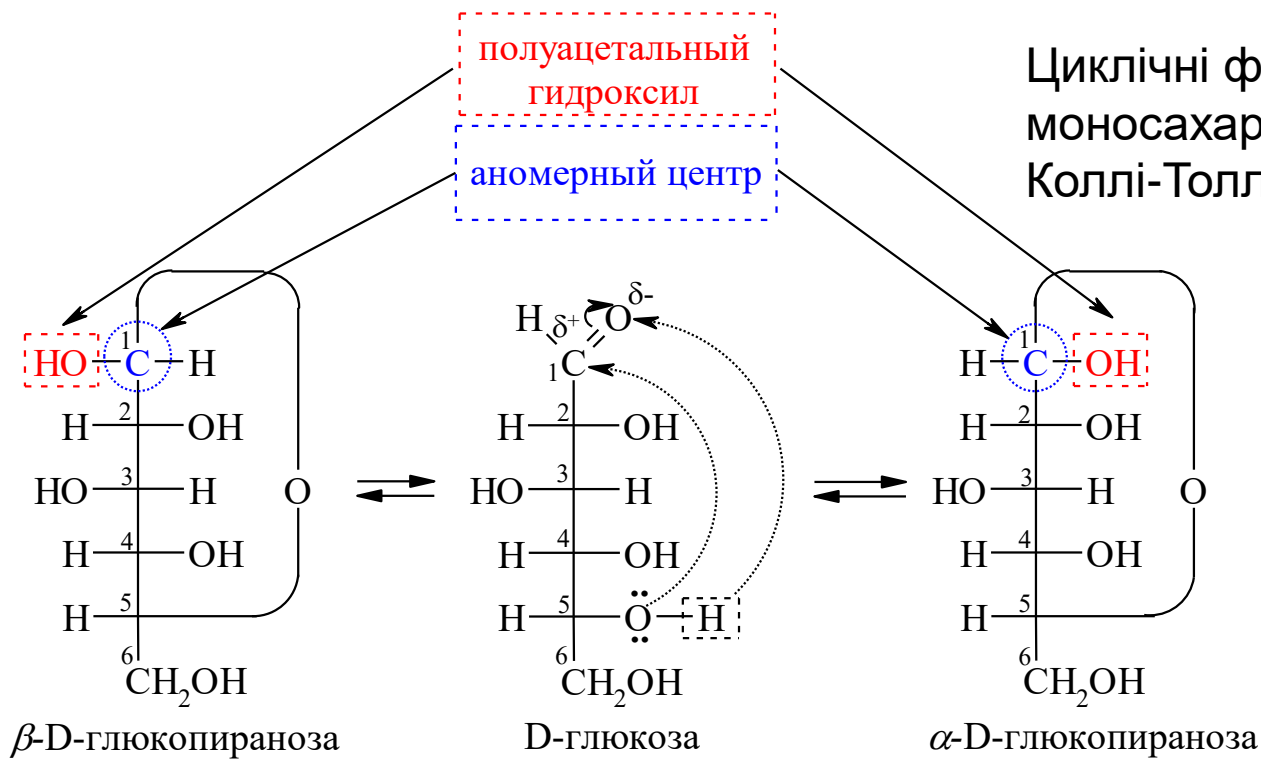
В біологічних середовищах розповсюджені D-ізомери моносахаридів, в зв'язку з тим, що людина не здатна засвоювати L-ізомери.

Будова моносахаридів.

Моносахариди не утворюють гідросульфитні похідні, не реагують з фуксинсірчаною кислотою



Карбонільна і гідроксильна групи моносахаридів взаємодіють внутрішньомолекулярно з утворенням циклічного напівацеталю:



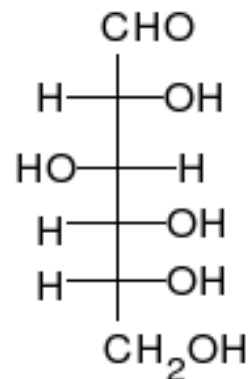
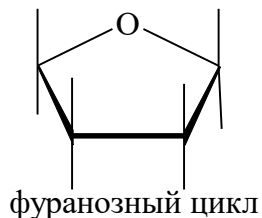
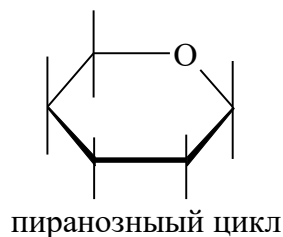
Будова моносахаридів.

Гідроксильна група при аномерному центрі називається **полуацетальною або глікозидною**.

Діастереомери – стереоізомери, які не є дзеркальним відображенням один одного.

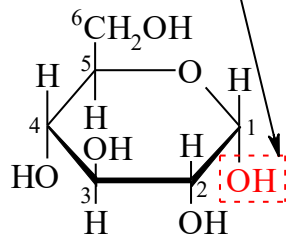
Аномери – діастереомери, які відрізняються конфігурацією аномерного атома вуглецю.

формули моносахаридів **по Хеурсу** (1929 г)

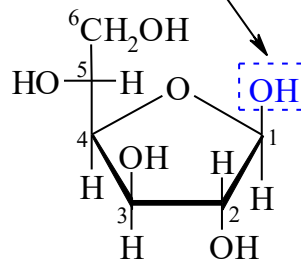


полуацетальный гидроксил

полуацетальный гидроксил

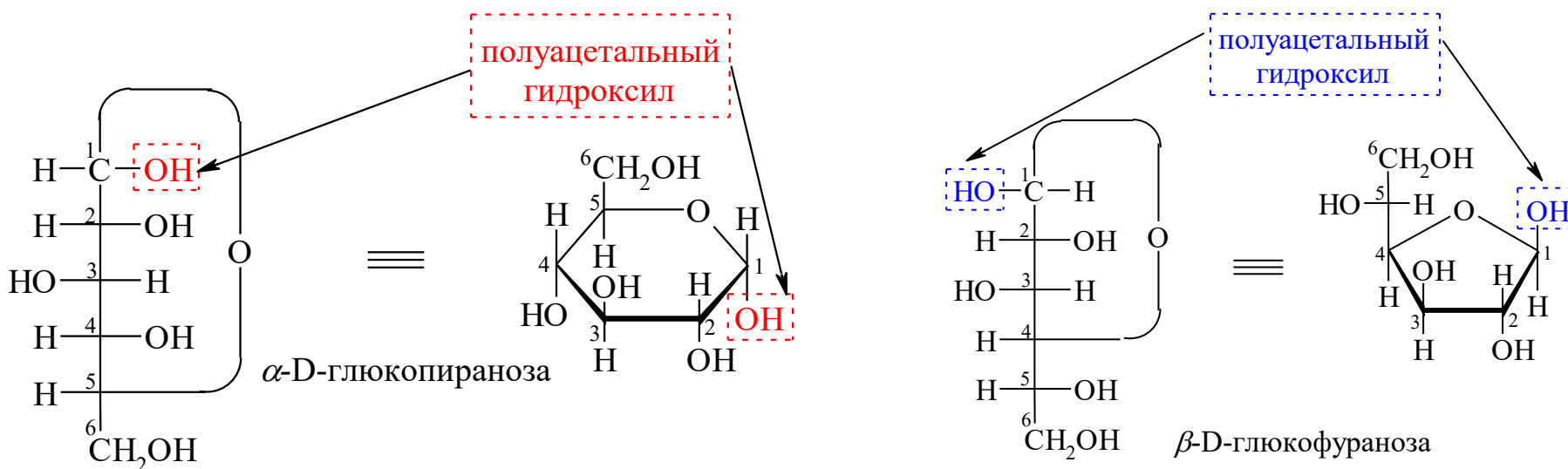


α -D-глюкопираноза



β -D-глюкофураноза

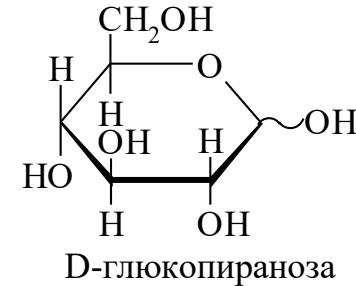
Замісники, розміщені **зліва** від вуглецевого ланцюга, зображаються у формулі Хеуорса **над площиною** цикла, а замісники, розміщені **справа** – **під площиною**. У **α -аномера** моносахаридів D-ряда напівацетальний гідроксил знаходиться **під площиною** цикла (в *транс*-положенні по відношенню до групи $-\text{CH}_2\text{OH}$), а у **β -аномера** – **над площиною** (в *цис*-положенні по відношенню до групи $-\text{CH}_2\text{OH}$).



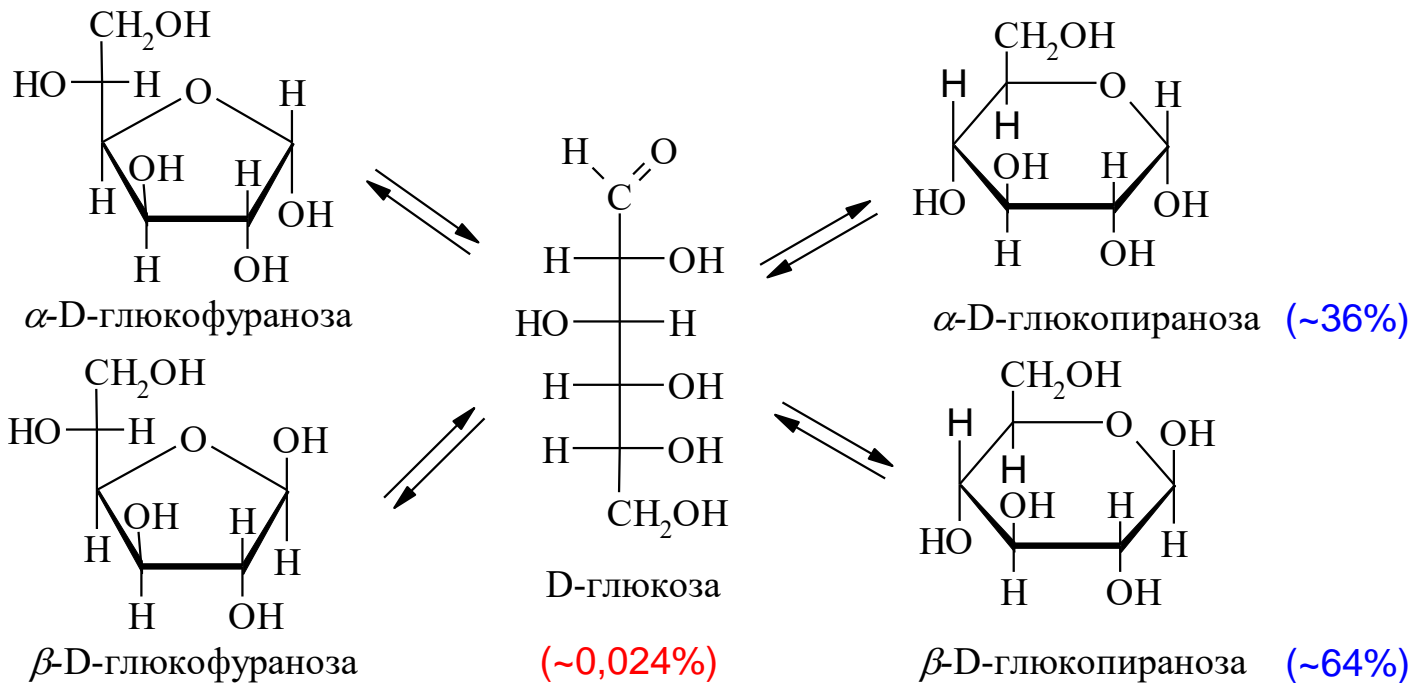
Циклічна формула по
Коллі-Толленсу

Циклічна формула по
Хеуорсу

рацемічна форма α - и β -аномерів



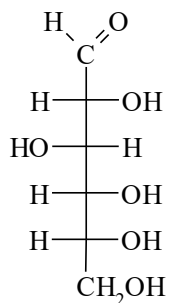
Таутомерія.



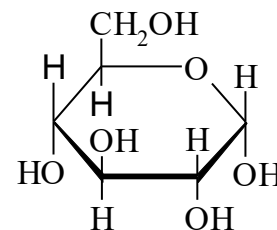
Мутаротація – мимовільні зміни величини оптичного обертання свіжоприготовлених розчинів оптично активних сполук.

Хімічні властивості

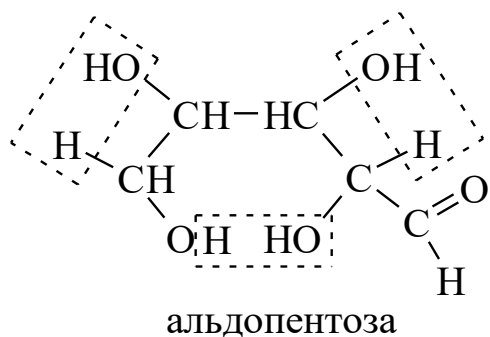
По ланцюговій формі



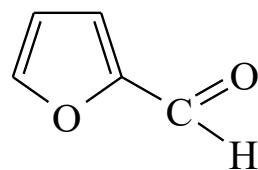
По циклічній формі



Внутрішньомолекулярна дегідратація

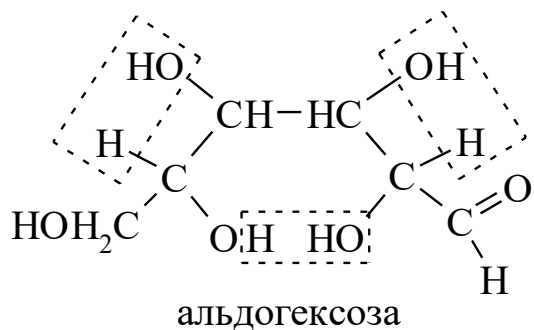


альдопентоза

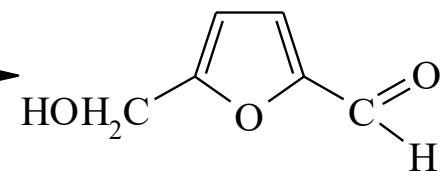


фурфурол

*Реакція дозволяє
відрізнати гексози
від пентоз*

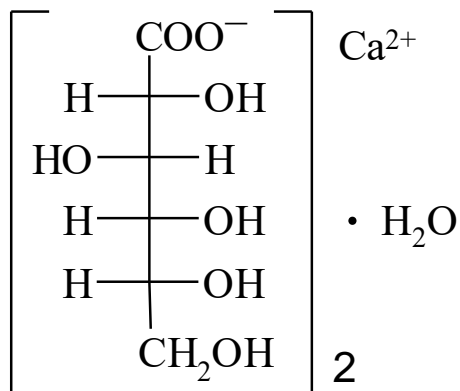
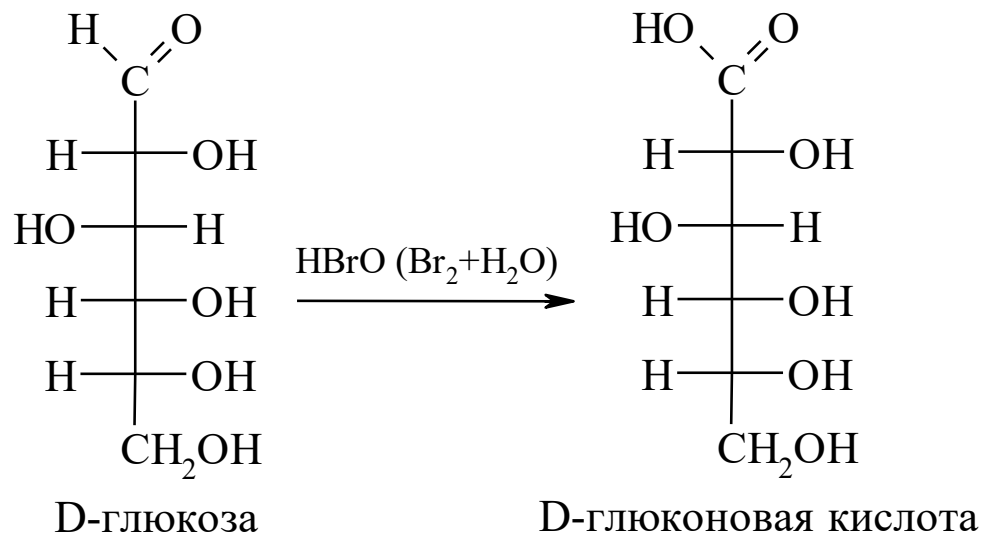


альдогексоза



5-гидроксиметилфурфурол

Окислення в кислому та нейтральному середовищі
 призводить до утворення „альдонових кислот”

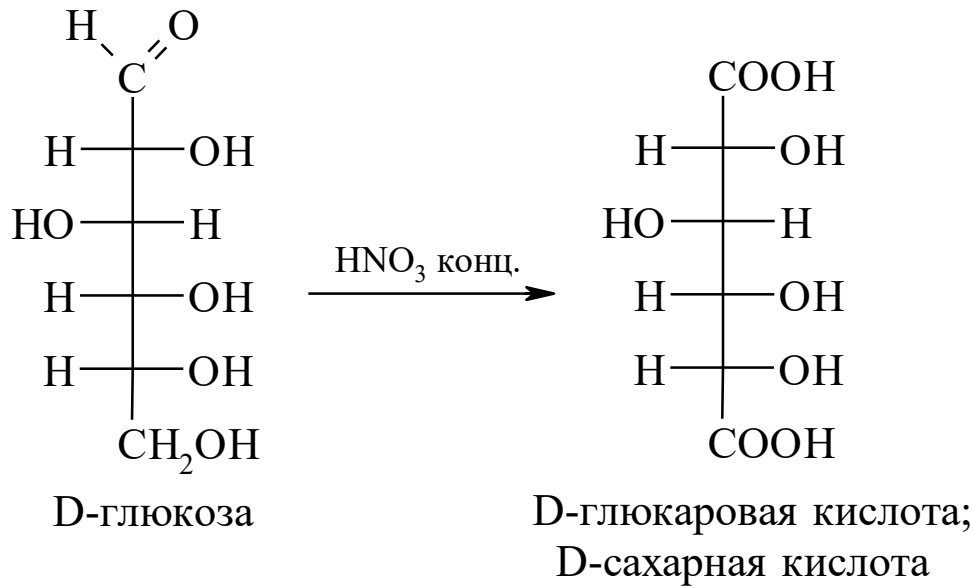


кальція глюконат

застосовується в медицині при алергічних захворюваннях, кровотечах, захворюваннях шкіри, токсичних ураженнях печінки.

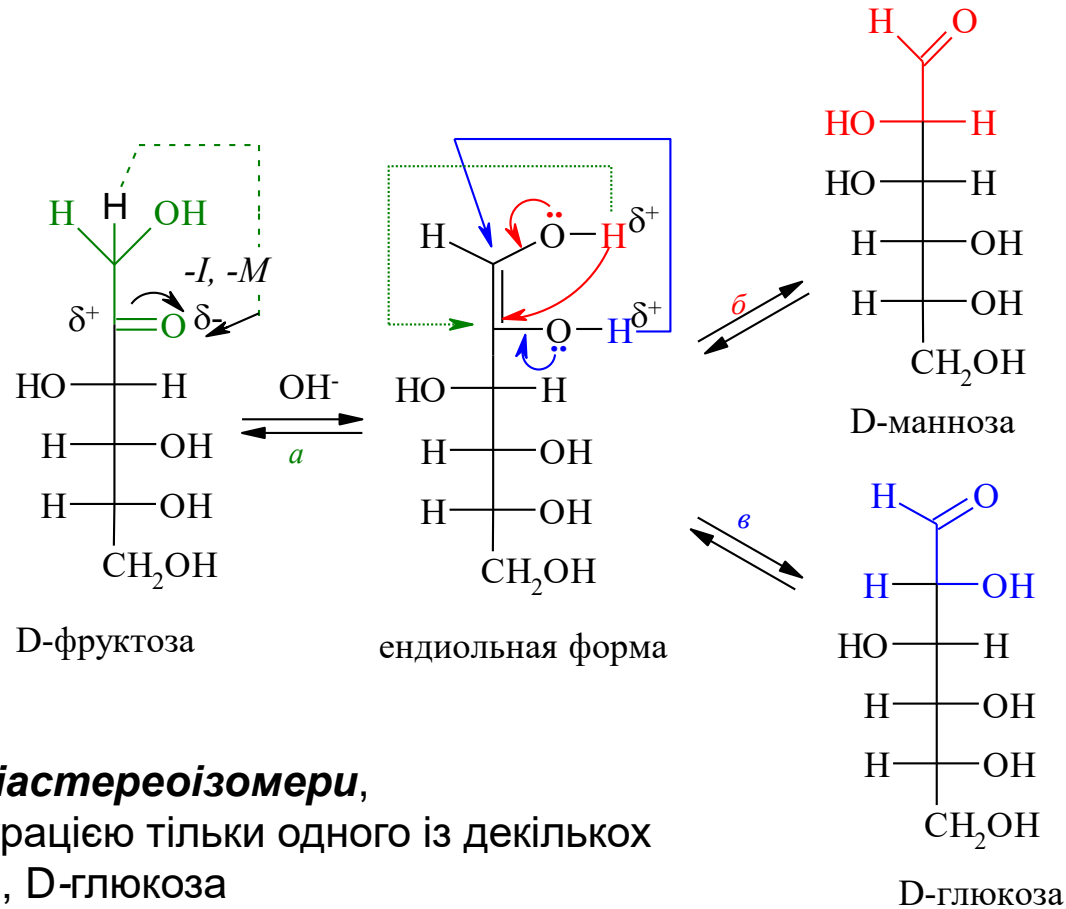
Хімічні властивості.

Сильні окисники (конц. HNO_3) утворюють „альдарові” або „цукрові кислоти”.



Таутомерія

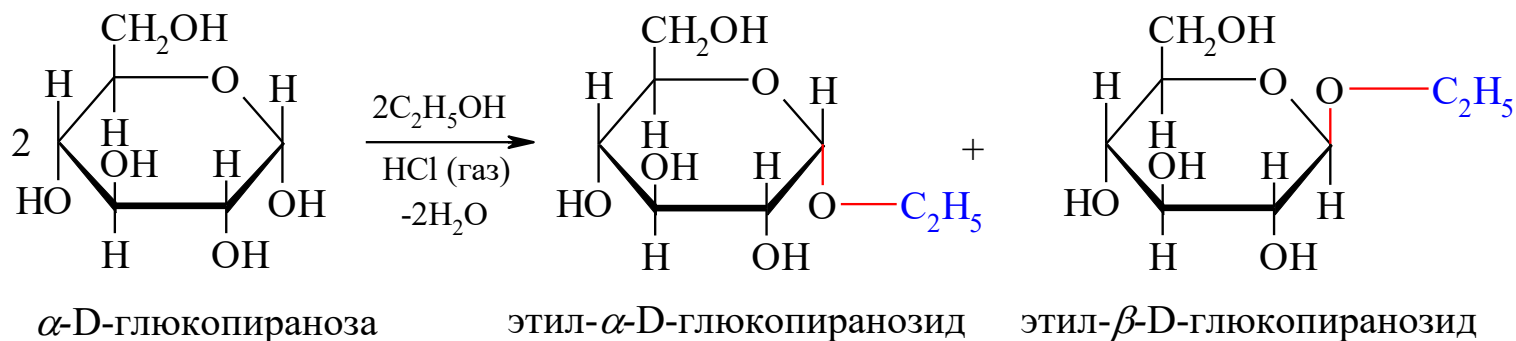
Окислення кетоз і альдоз обумовлено процесами ізомеризації. Ізомерні перетворення моносахаридів під дією лугів називають **епімеризацією**



Епімерами називають **діастереоізомери**, які відрізняються конфігурацією тільки одного із декількох хіральних центрів (напр., D-глюкоза і D-манноза, D-ксилоза і D-рибоза). Важливо, що в лужних середовищах для глюкози, фруктози і маннози є характерним взаємоперетворення.

Хімічні властивості. Реакції з участю циклічних форм

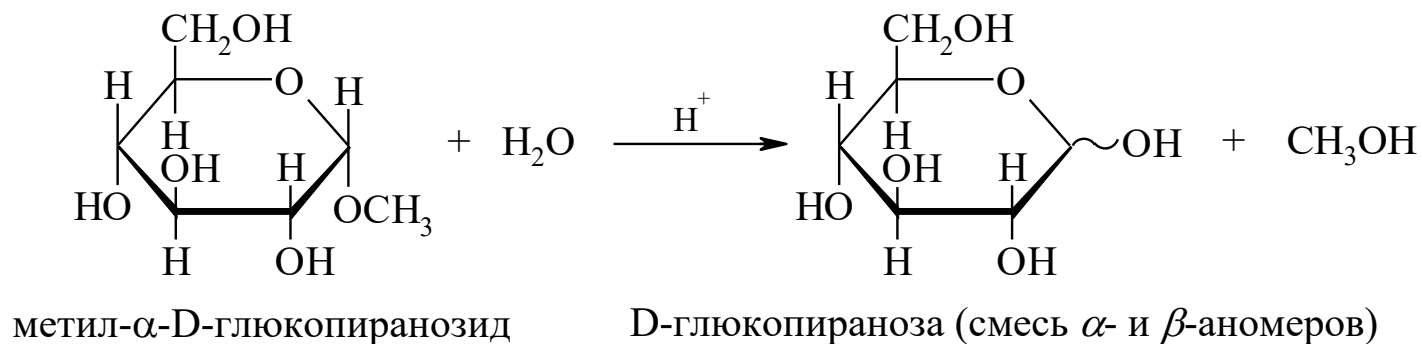
Утворення глікозидів



Невуглеводна частина молекули глікозида – аглікон

Зв'язок між аномерним атомом вуглецю і агліконом - глікозидний

Гідроліз глікозидів

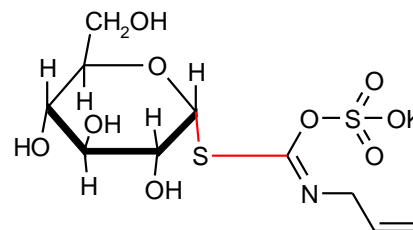
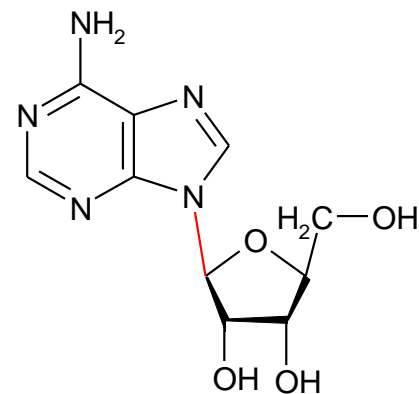
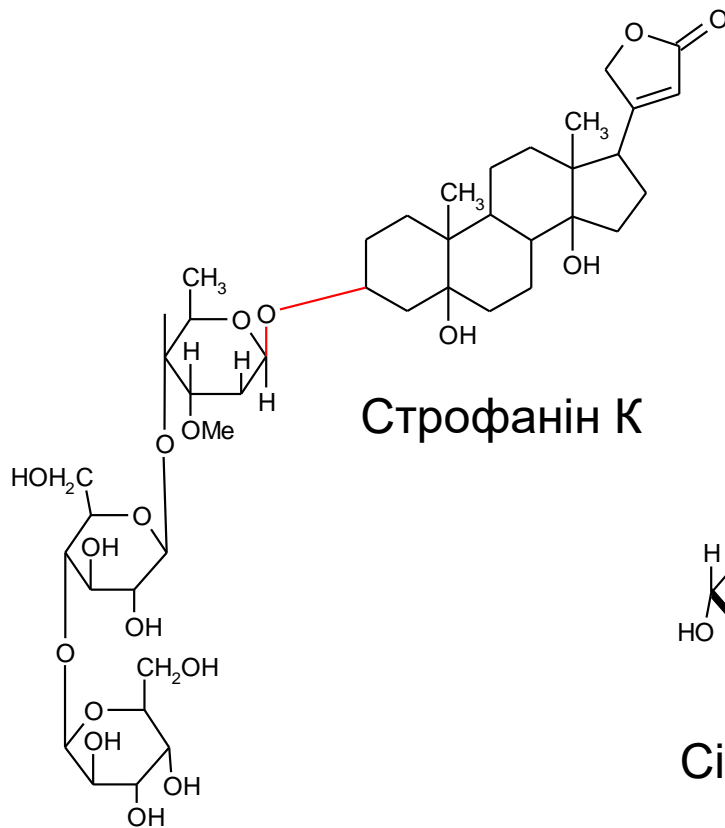


В залежності від гетероатома через який здійснюється зв'язок глікона з агліконом, глікозиди поділяються на:

S-глікозиди (сінігрін);

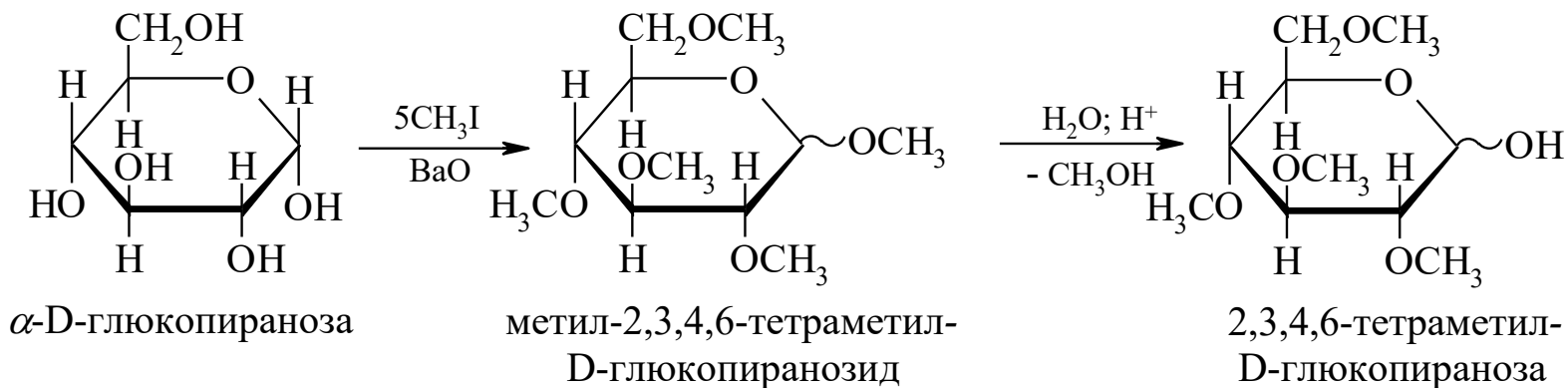
N-глікозиди (нуклеозиди, наприклад: цитидин, уридин, тімідин, аденозин, інозин и др.);

O-глікозиди (амігдалин, рутин, арбутін).

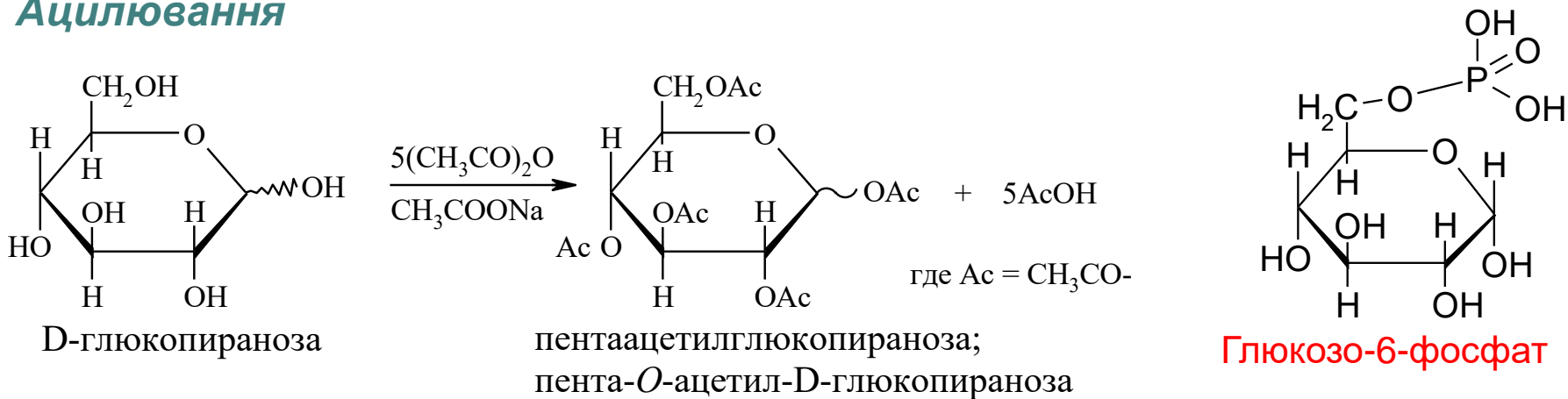


Хімічні властивості. Реакції з участю циклічних форм

Алкилування

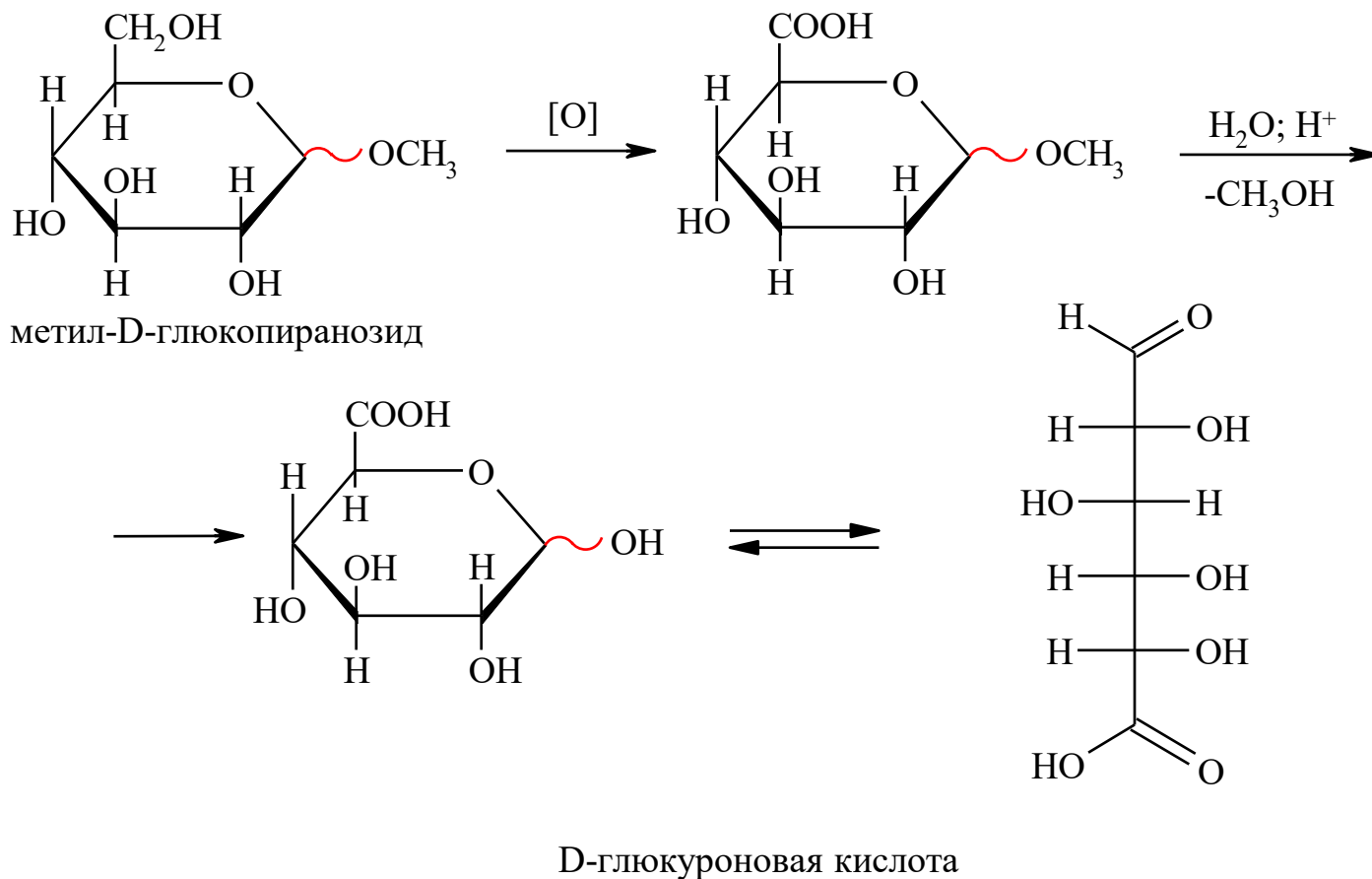


Ацилювання



Хімічні властивості.

При селективному окисленні первинної спиртової групи утворюються *уронові кислоти*.

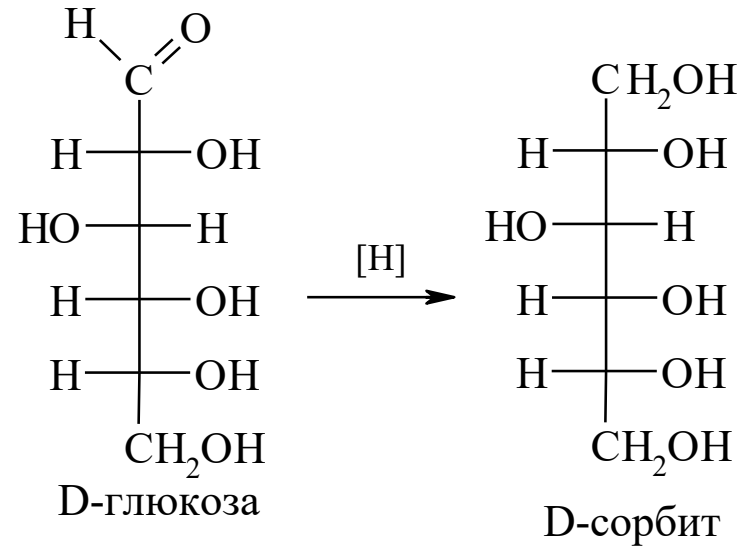
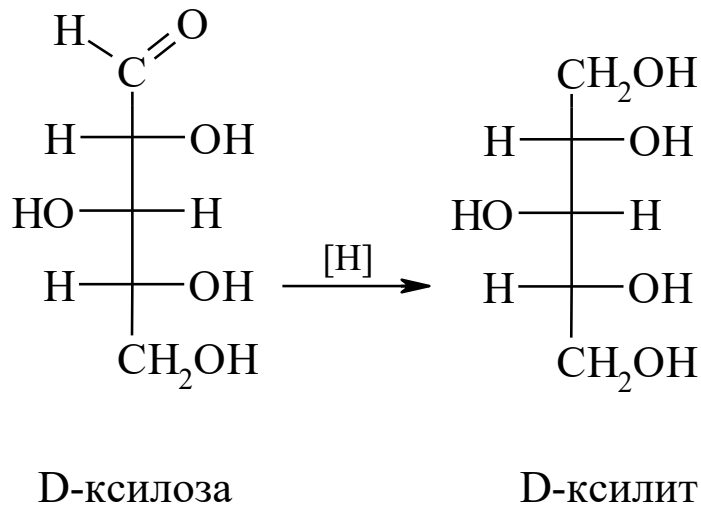


Уронові кислоти приймають участь в процесі виведення з організму токсичних речовин

Хімічні властивості.

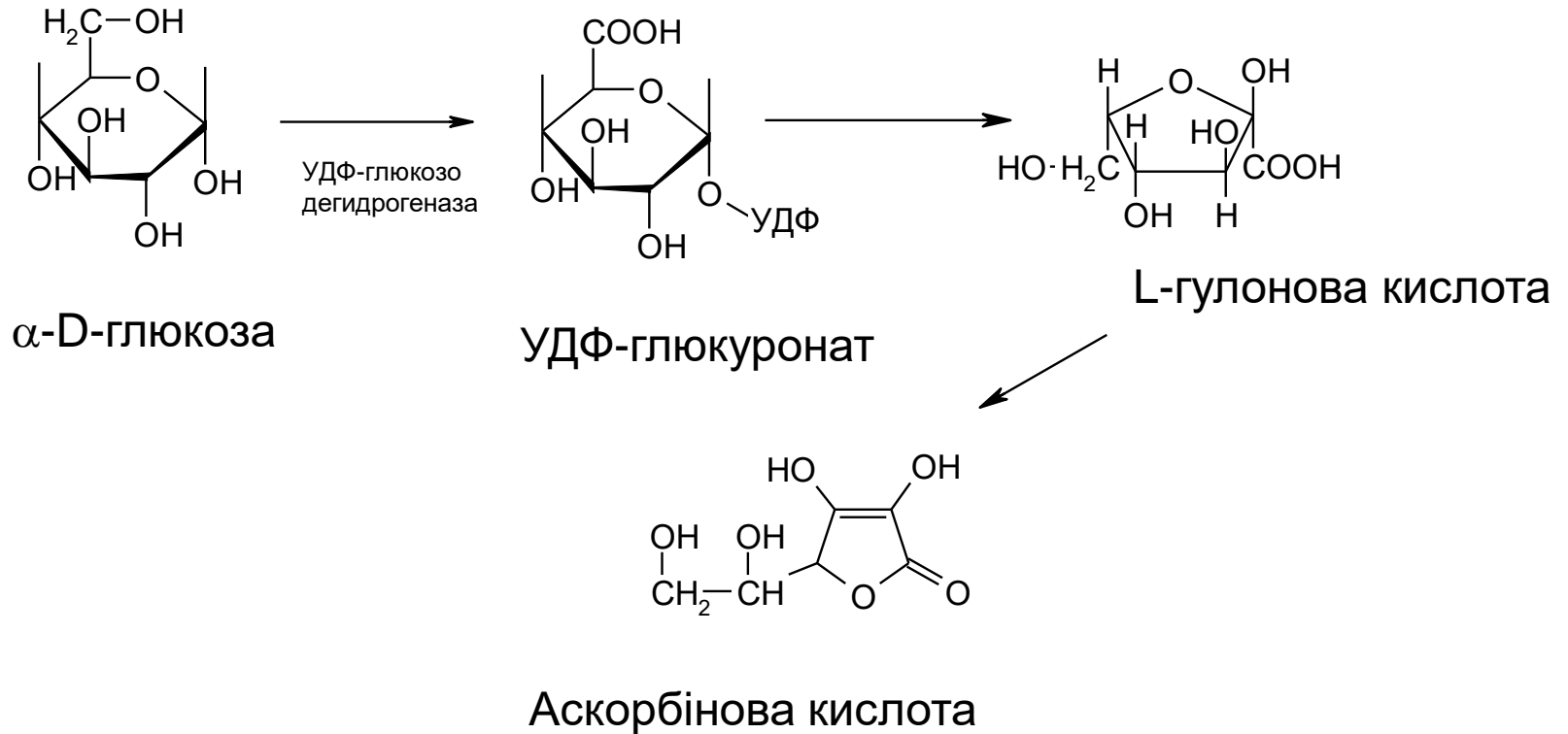
Відновлення

При відновленні карбонільної групи альдоз утворюються багатоатомні спирти – *гліцити*.



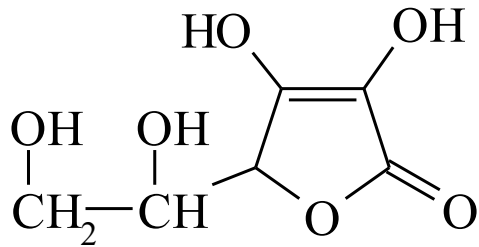
D-Ксиліт і D-сорбіт — замінники цукру.

Альтернативний шлях окислення глюкози. Утворення аскорбінової кислоти.



Окремі представки похідних моносахаридів

Аскорбінова кислота



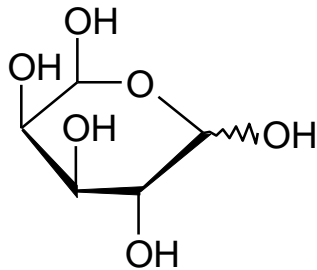
(вітамін С, γ -лактон 2,3-дегідро-L-гулонової кислоти)

Вперше в чистому вигляді вітамін С був виділений у 1928 році, а в 1932 році було доведено, що відсутність аскорбінової кислоти в їжі викликає цингу (*scorbutus*)

Аскорбінова кислота

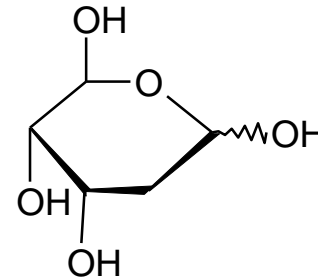
Вітамінний засіб, здійснює метаболічну дію, надходить в організм тільки з їжею. Приймає участь в регулюванні окисно-відновних процесів, вуглеводного обміну, згортанні крові, регенерації тканин; підвищує стійкість організму до інфекцій, зменшує судинну проникність. Володіє антиагрегантними і антиоксидантними властивостями

Деякі представники моносахаридів, що відіграють важливу роль в біохімічних процесах



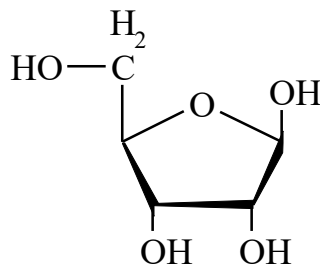
Основне розповсюдження –
деревина хвойних, як
полісахариди

L-Арабіноза



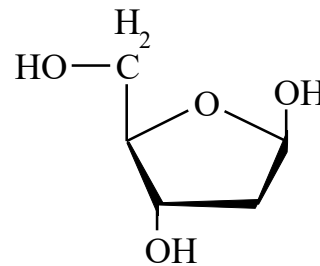
Цукровий компонент
серцевих глікозидів

D-Дігітоксоза



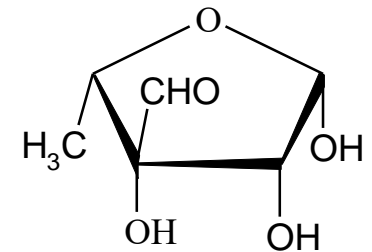
D-Рибоза

Структурний елемент
коферментів (НАД⁺, АТФ),
глікозидів і т.д.



2-Дезоксирибоза

Структурний елемент
дезоксирибонуклеїнових
кислот (ДНК)

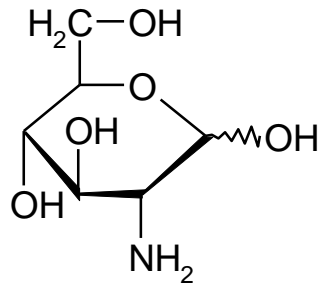


L-стрептоза

Структурний елемент
антибіотика стрептоміцина

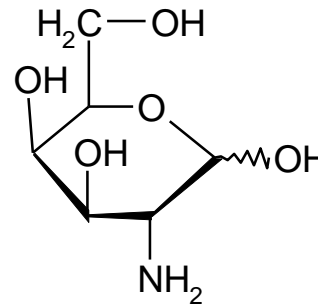
Деякі представники моносахаридів, що відіграють важливу роль в біохімічних процесах

Структурний фрагмент полісахариду хітина

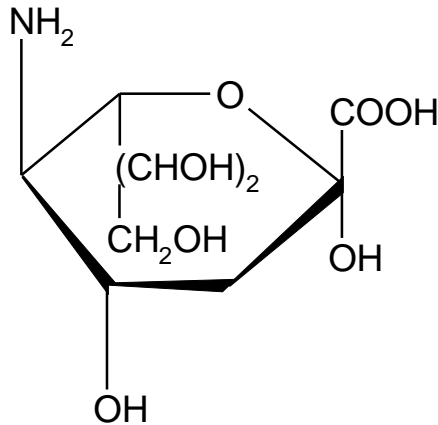


D-Глюкозамін

Структурний фрагмент полісахариду хондроїтинсульфата



D-Галактозамін



Нейрамінова кислота

Встречается в виде ацилированных производных по amino- и гидроксильной группе. Ацильными фрагментами являются остатки уксусной и гликолевой кислот. Похідні – сіалові кислоти. Входят до складу глікопротеїдів, специфічних речовин крові, гангліозидів мозку.

Альдогексози містять 4 асиметричних атома вуглецю та здатні існувати у вигляді 16 стереоізомерів, представником яких є глюкоза. Для альдопентоз і альдотетроз число стереоізомерів 8 і 4 відповідно. Всі ізомери моносахаридів поділяються на D- і L-форми по розміщенню груп атомів у останнього центрау асиметрії з розміщенням груп у D- і L-гліцеральдегіда. Природні гексози – глюкоза, фруктоза, манноза і галактоза належать, як правило, за стереохімічною конфігурацією до сполук D-ряда.

● Відомо, що природні моносахариди володіють оптичною активністю – здатністю обертати площину поляризованого променя світла – однією з важливіших особливостей речовин (в тому числі моносахаридів), молекули яких асиметричні в цілому.

Властивість обертати площину поляризованого променя вправо позначають знаком (+), а в протилежну сторону – знаком (-). Так, D-гліцеральдегід обертає площину поляризованого променя вправо, тобто D-гліцеральдегід є D(+)-, а L-гліцеральдегід – L(-)-альдотріозой. Моносахариди, які відносяться за стереохімічною конфігурацією до D-ряду, можуть бути лівообертаючими. Так, звичайна форма глюкози, зустрічається в природі, є правообертаючої, а звичайна форма фруктози – лівообертаючої.

Циклічні (напівацетальні) форми моносахаридів. Будь-який моносахарид, володіючи рядом конкретних фізичних властивостей (т. пл., розчинність і т.д.), характеризується специфічною величиною питомого обертання $[\alpha]$ (це кут повороту площини поляризованого світла при проходженні через кювету товщиною 1 см з розчином речовини, що має концентрацію 1 моль/л.). Величина питомого обертання при розчиненні будь-якого моносахариду поступово змінюється і лише при тривалому стоянні розчину досягає цілком певного значення. Наприклад, свіжоприготований розчин глюкози має $[\alpha] = + 112,2^\circ$, яке після тривалого стояння досягає рівноважного значення $[\alpha] = + 52,5$

Зміна питомого обертання розчинів
моносахаридів при стоянні (в часі)
називається мутаротацією.

Внутримолекулярна взаємодія спиртової та карбонільної груп найбільш сприятливо, якщо воно призводить до утворення 5- або 6-членного циклів. При утворенні напівацеталу виникає новий асиметричний центр (в разі D-глюкози - це C1). Шестичленні кільця цукрів називають піранози, а п'ятичленні - фуранозами.

α -Форма - це форма, у якій розташування полуацетального гідроксилу таке ж, як гідроксилу біля асиметричного вуглецевого атома, що визначає приналежність до D- або L-ряду. У формулах з α -модифікацією моносахаридів D-ряду полуацетальний гідроксил пишуть праворуч, а в формулах представників L-ряду - зліва. При написанні β -форми надходять навпаки.

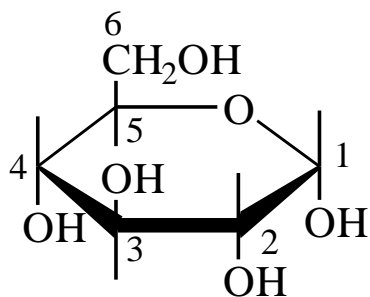
Явище мутаротації пов'язано з тим, що кожен твердий препарат вуглеводів являє собою якусь одну циклічну (полуацетальну) форму, але при розчиненні і стоянні розчинів ця форма через альдегідну перетворюється в інші таутомерні форми до досягнення рівноваги.

Встановлено, що у водних розчинах глюкоза знаходиться, головним чином, у вигляді α - і β -глюкопіраноз, в меншій мірі – α - і β -глюкофураноз і зовсім невелика кількість – у вигляді альдегідної форми.

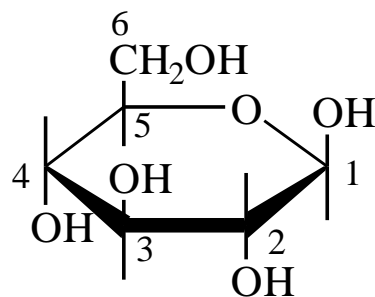
З різних таутомерних форм глюкози у вільному стані відомі лише α - і β - піранози. Існування малих кількостей фуранози і альдегідної форми в розчинах доведено, але у вільному вигляді вони не могли бути виділені внаслідок нестійкості.

У 20-х роках У.Хеуорс запропонував більш досконалий спосіб написання структурних формул вуглеводів. Формули Хеуорса – шести- або п'ятикутники

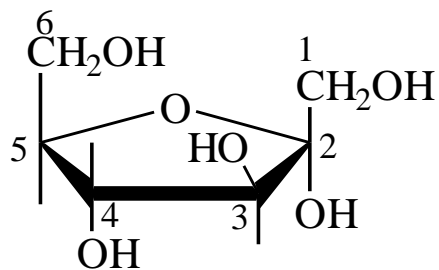
При написанні структурних формул по Хеуорсу гідроксильна група при С1 буде розташована нижче площини кільця в α -формі і вище – в β -формі:



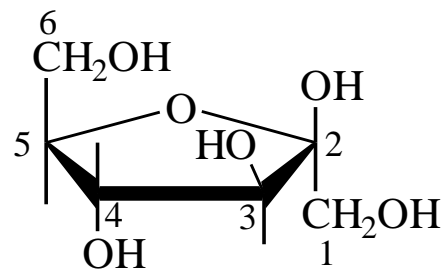
α -D-глюкопираноза



β -D-глюкопираноза



α -D-фруктофураноза



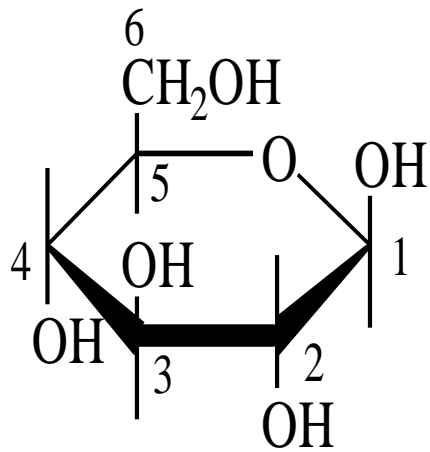
β -D-фруктофураноза

○ Основні реакції моносахаридів

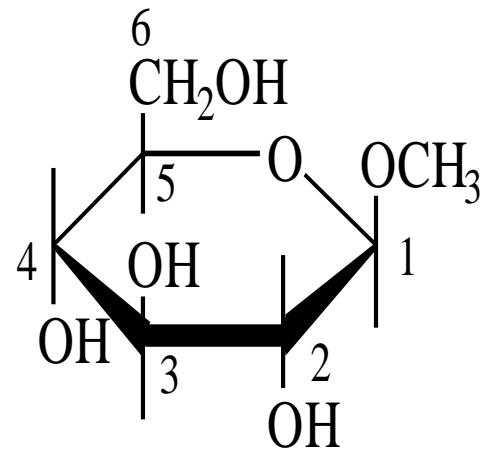
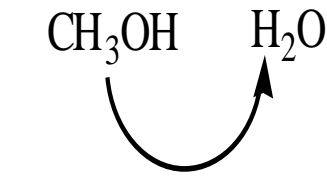
○ *Реакції напівацетального гідроксила.*

Моносахариди, як в кристалічному стані, так і в розчині, в основному, існують в полуацетальних формах. Полуацетальний гідроксил відрізняється більшою реакційною здатністю і може заміщатися іншими угрупованнями в реакціях з спиртами, карбоновими кислотами, фенолами і т.д.

○ Продукт реакції називають *глікозидом*.

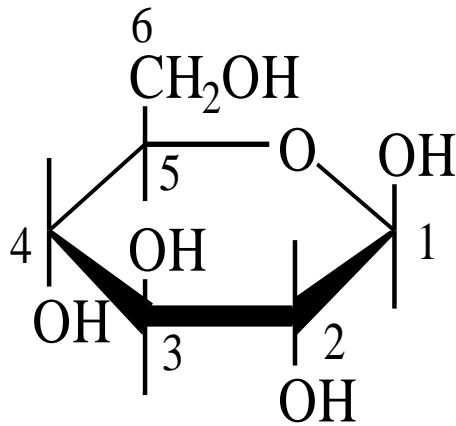


β -D-глюкопираноза

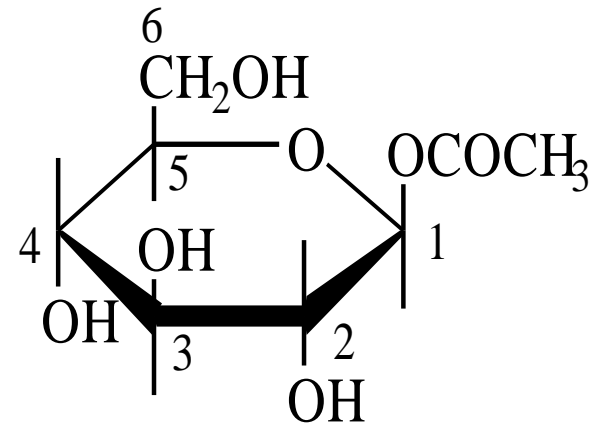
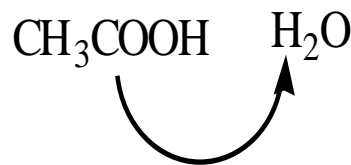


метил- β -D-глюкопираноза

- При дії на β -D-глюкопіранозу оцтової кислоти утворюється продукт ацилювання – ацетил- β -D-глюкопіранозид



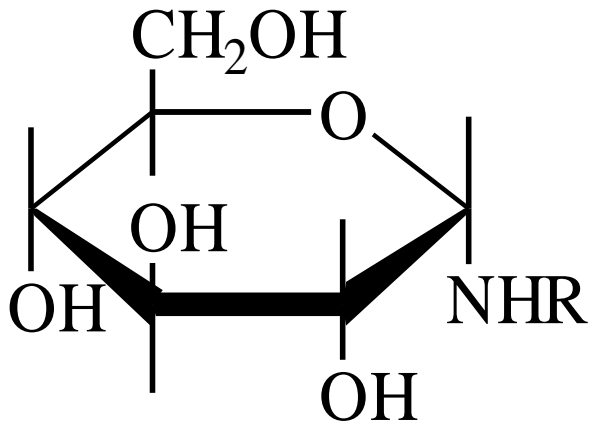
β -D-глюкопираноза



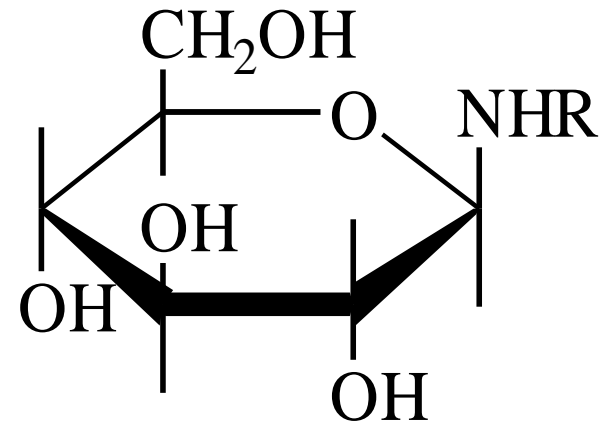
ацетил- β -D-глюкопираноза

Ацилюванню і метилуванню піддаються і інші групи моносахаридів. У тих випадках, коли в реакцію вступають спирти, феноли або карбонові кислоти, продукти реакції називають **O-глікозидами**.

Важливим класом глікозидів є **N-глікозиди**, в яких глікозидний зв'язок здійснюється через азот, а не через кисень (але є і **S-глікозиди**) - гірчиця, глід та ін. Як і O-глікозиди, вони можуть бути побудовані як піранозиди або як фуранозиди і мати α - і β -форму. До N-глікозидів належать важливі в обміні речовин продукти розщеплення нуклеїнових кислот і нуклеотидів (нуклеотиди і нуклеозиди) АТФ, НАД, НАДФ, деякі антибіотики і т.п.

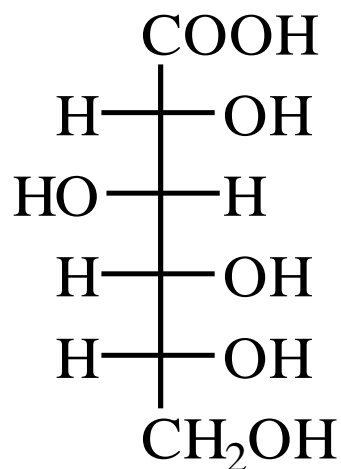


N-(α -форма)

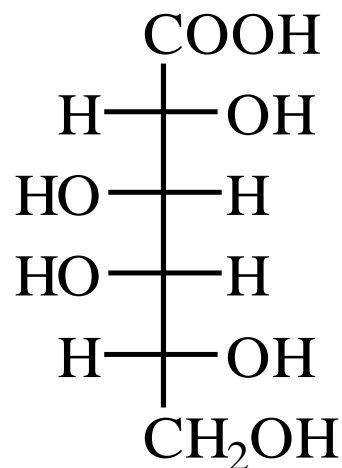


N-(β -форма)

Окислення. Окислення альдоз призводить до перетворення альдегідної групи в положенні атома С1 в карбоксильну групу з утворенням альдонових кислот:

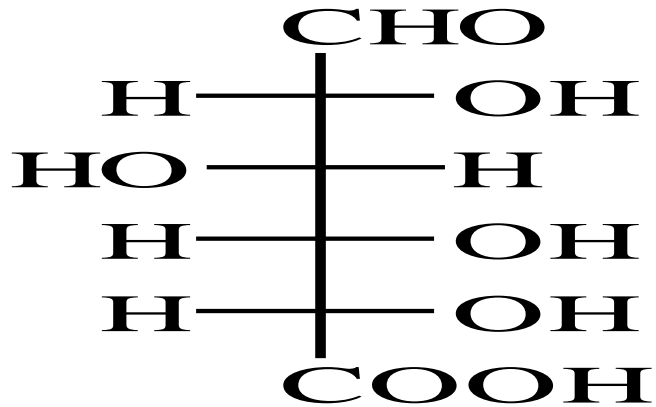


D-глюконова кислота



D-галактонова кислота

- В **урононих кислотах** окислена первинна спиртова група, а альдегідна залишається неокисленою

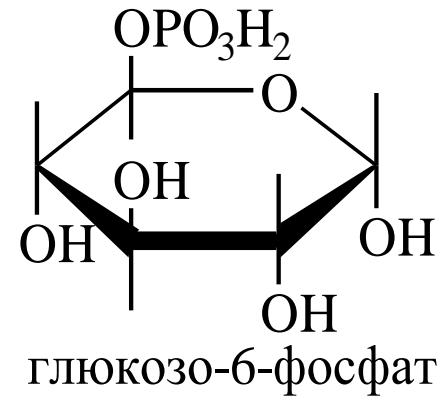
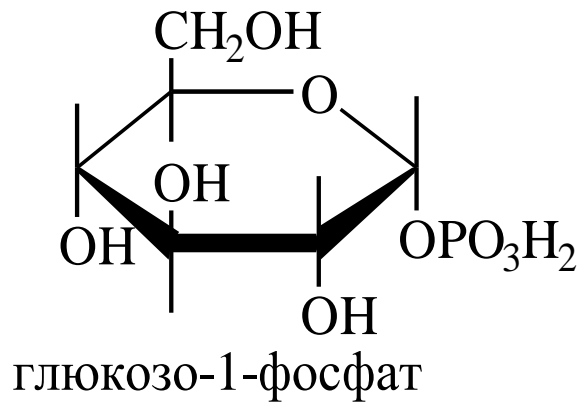


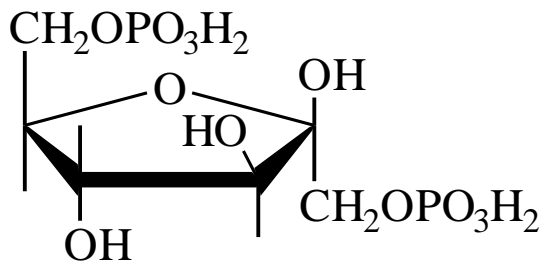
D-глюкуроновою кислота

Відновлення моносахаридів. Моносахариди легко гідруються зі зв'язків $\text{C} = \text{O}$ і при цьому перетворюються в поліспирти. D-глюкоза, наприклад, утворює спирт - сорбіт, D-маноза - маніт. Відновлення D-фруктози призводить до еквімолярної суміші D-маніту і D-сорбіту.

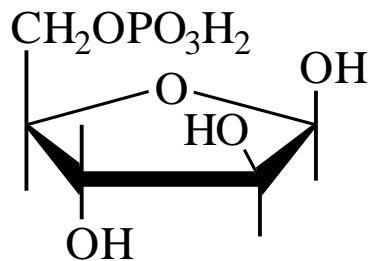
Фосфорнокислі ефіри. Моносахариди, етерифіковані фосфорною кислотою, грають виключно важливу роль в обміні речовин.

Пірофосфорні ефіри моносахаридів, наприклад, 5-фосфорибозил-1-пірофосфат (ФРПФ) бере участь в синтезі пуринових і піримідинових нуклеотидів:

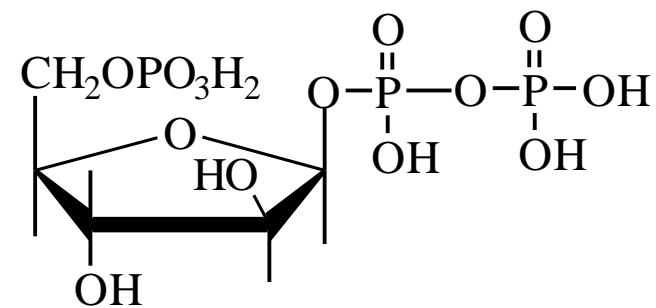




фруктозо-1,6-дифосфат



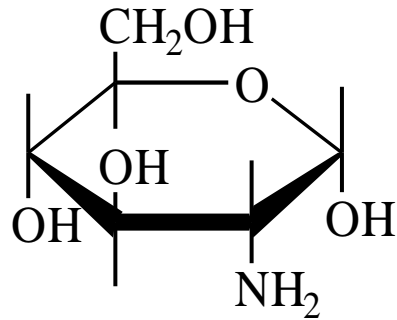
рибозо-5-фосфат



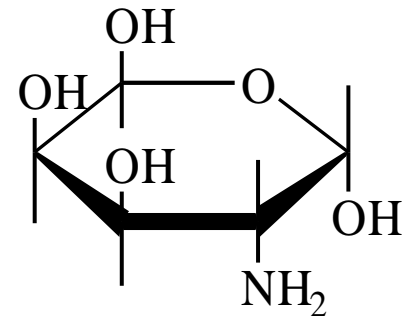
5-фосфорибозил-1-пирофосфат

Аміноцукри – похідні моносахаридів, гідроксильна група яких заміщена аміногрупою. По кількості аміногруп виділяють моноаміноцукри і діаміноцукри. Аміноцукри входять до складу мукополісахаридів, є вуглеводними компонентами глікопротеїнів і гліколіпідів.

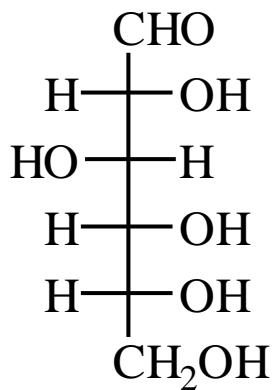
● В організмі людини аміноцукрами є D-глюкозамін і D-галактозамін:



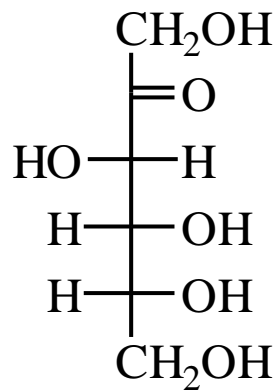
D-глюкозамін



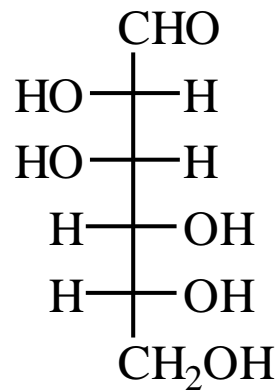
D-галактозамін



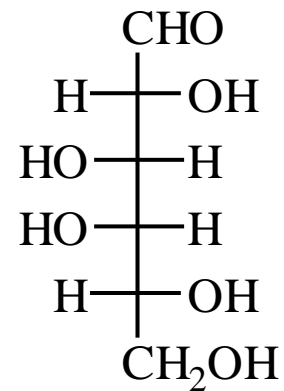
D-глюкоза



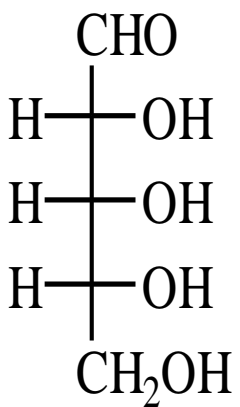
D-фруктоза



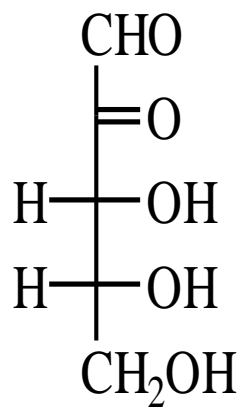
D-манноза



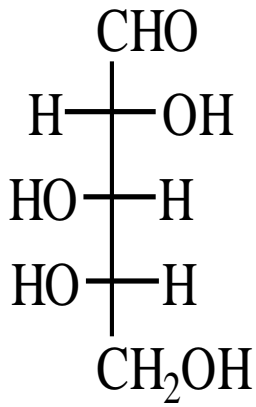
D-галактоза



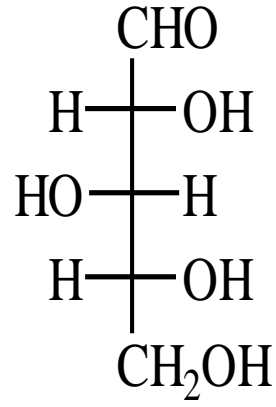
D-рибоза



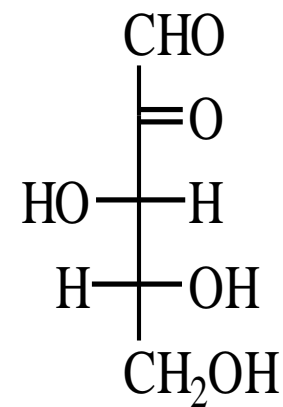
D-рибулоза



D-арабиноза



D-ксилоза



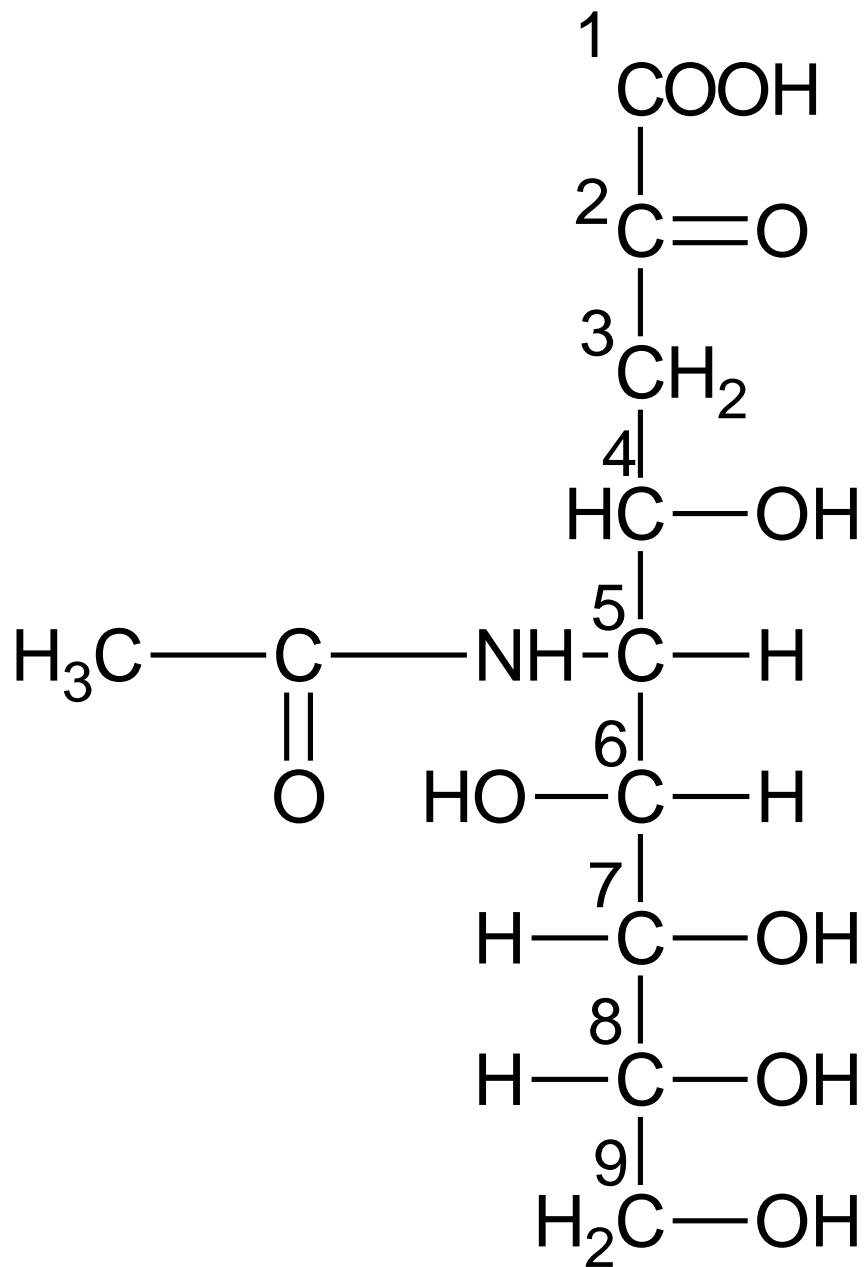
D-ксилулоза

Похідні моносахаридів

Сіалові кислоти.

Вони є N-ацетильними похідними нейрамінової кислоти.

Ацилювання відбувається ацетильним або гідроксиацетильним залишком. Наприклад, N-ацетил-D-нейрамінова кислота.



N-ацетил-*D*-нейрамінова
 Кислота
 (сіалова кислота)

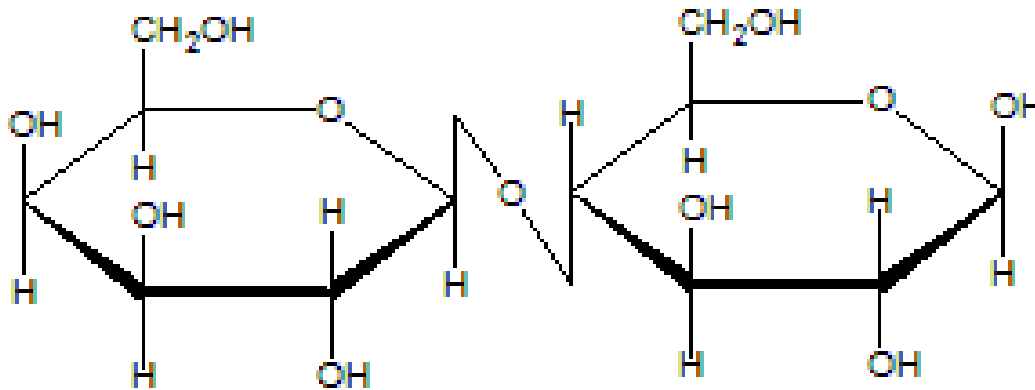
Нейрамінові і сіалові кислоти у вільному стані містяться в спинномозковій рідині. Сіалова кислота є компонентом специфічних речовин крові, входять до складу гангліозидів мозку та приймають участь в проведенні нервових імпульсів.

- **Олігосахариди** – вуглеводи, молекули яких містять від 2 до 10 залишків моносахаридів, поєднаних глікозидними зв'язками. У відповідності до цього розрізняють дисахариди, трисахариди и т.д.
- **Дисахариди** – складні вуглеводи, кожен з яких при гідролізі розпадається на дві молекули моносахаридів. Дисахариди, поряд з полісахаридами, являються одним із джерел вуглеводів в їжі людини. За будовою дисахариди є глікозидами, в яких дві молекули моносахаридів сполучені глікозидним зв'язком.
- Серед дисахаридів особливо відомі мальтоза, лактоза і сахароза. Мальтоза, є α -глюкопіранозил-(1→4)- α -глюкопіранозой, утворюється в якості проміжного продукта

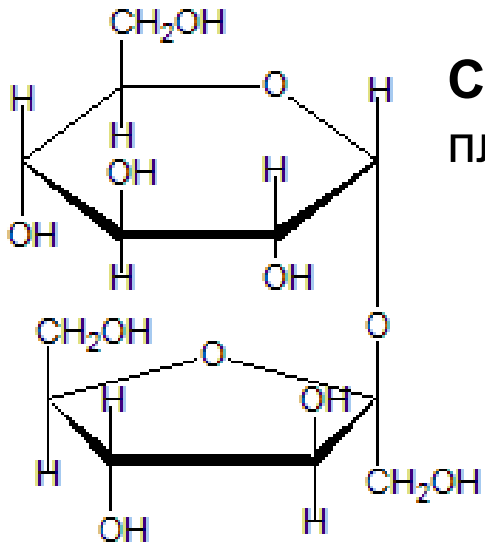
Дисахариди

У людини утворюється тільки 1 дисахарид – β -лактоза.
Лактоза синтезується при лактації в молочних залозах і міститься в молоці.

1. Є джерелом глюкози і галактози для новонароджених;
2. Приймає участь в формуванні нормальної мікрофлори у новонароджених.

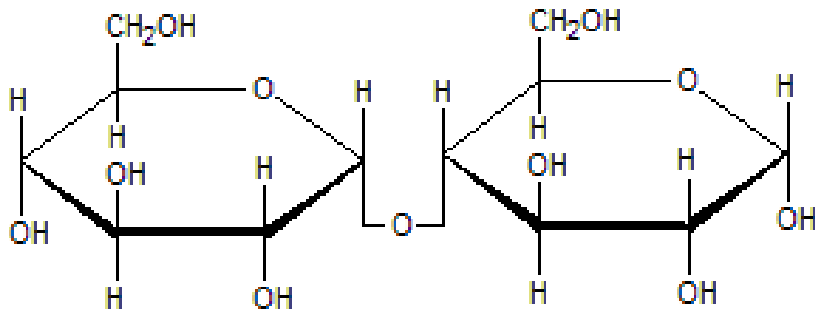


β -лактоза



Сахароза -дисахарид, зустрічається в багатьох фруктах, плодах і ягодах.

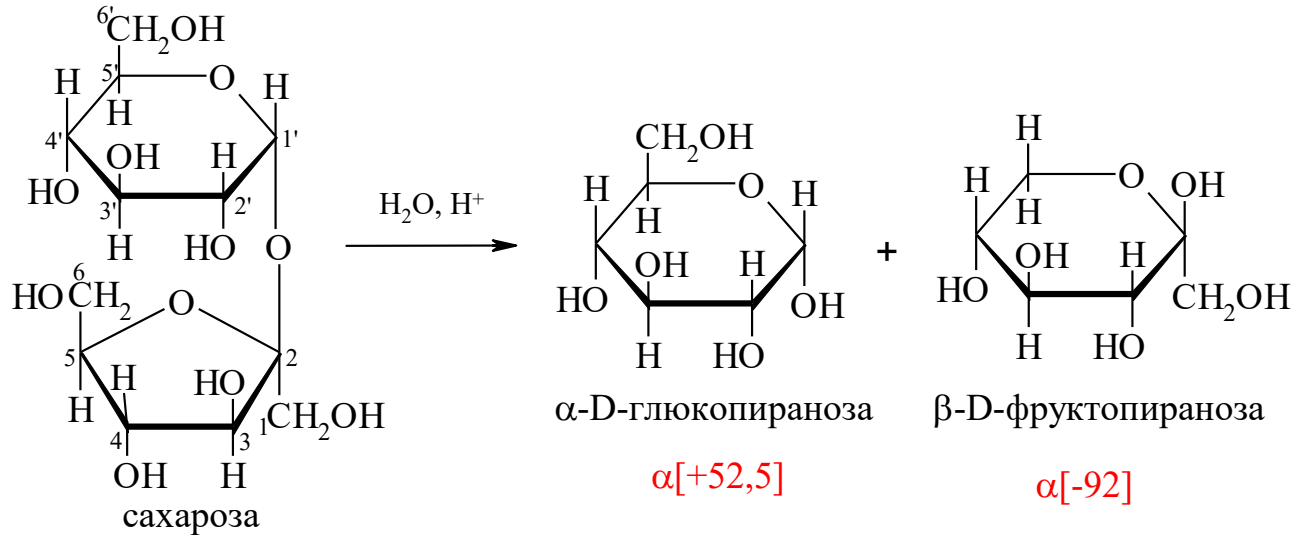
Сахароза



Мальтоза є проміжним продуктом кислотного гідролізу крохмалю і кінцевим продуктом їх гідролізу під впливом амілаз

Мальтоза

Сахароза. Хімічні властивості.

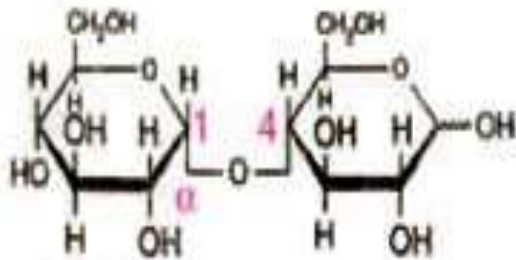


2-O-(α -D-глюкопиранозил)- β -D-фруктофуранозид

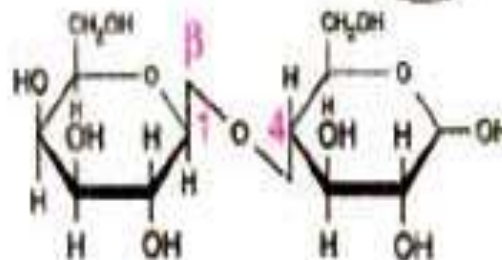
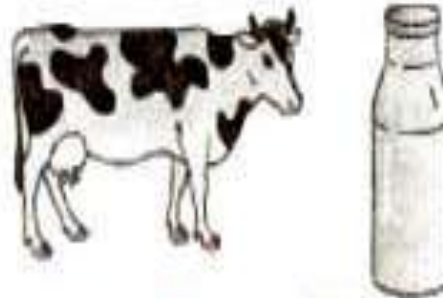
$\alpha[+66,5]$

“Інверсія” - зміна в процесі гідроліза сахарози знака питомого обертання. Суміш рівних кількостей D-глюкози і D-фруктози - **інвертний цукор**.

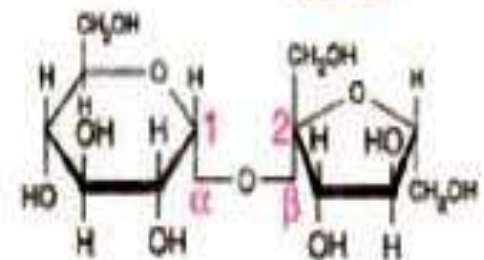
ДИСАХАРИДИ



1. Мальтоза,
 α -D-глюкопиранозил-
(1 \rightarrow 4)-D-глюкопиранозид



2. Лактоза.
 β -D-галактопиранозил-
(1 \rightarrow 4)-D-глюкопиранозид



3. Сахароза,
 α -D-глюкопиранозил-
(1 \leftrightarrow 2)- β -D-фруктопиранозид

За будовою і хімічними зв'язками дисахариди ділять на 2 типа:

I. Відновлюючі

(мальтоза, лактоза, целлобіоза)

II. Невідновлюючі

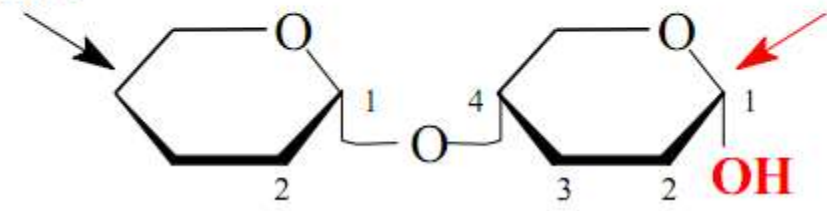
(сахароза)

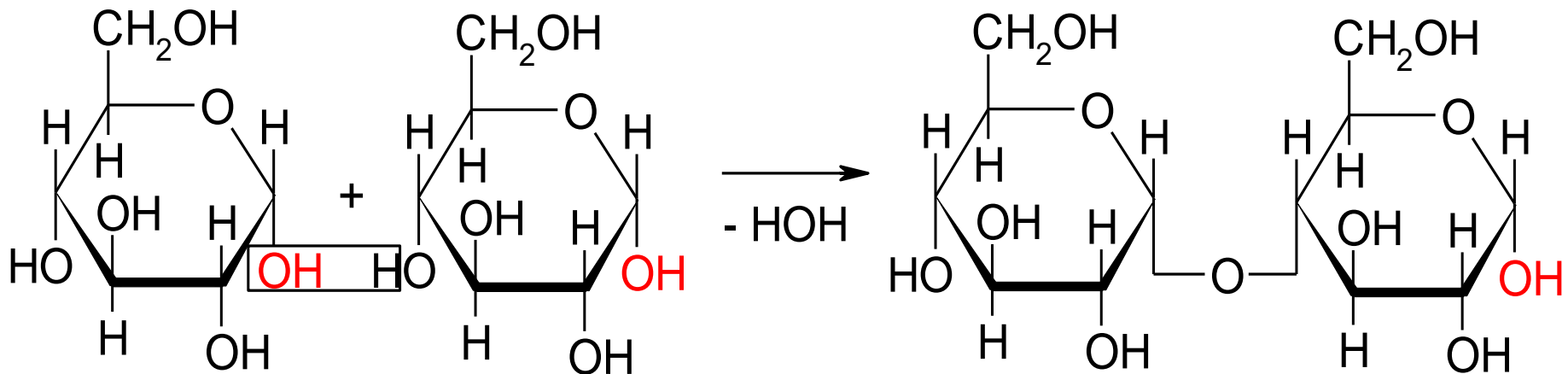
Сполуки I типу – дисахариди, в яких глікозидний зв'язок утворюється за рахунок виділення води із полуацетального гідроксилу однієї молекули моносахарида і спиртової ОН-групи іншого.

Принцип построения восстанавливающих дисахаридов

невосстанавливающее звено

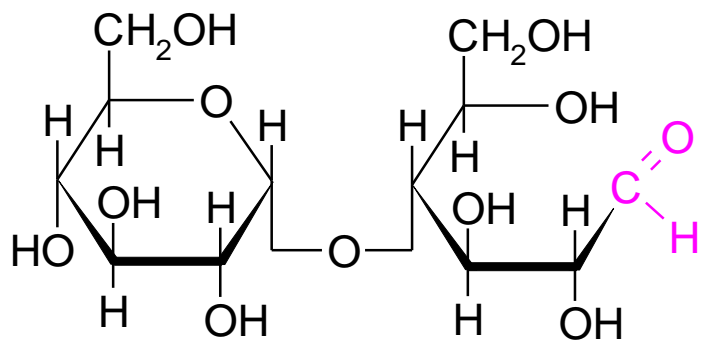
восстанавливающее звено



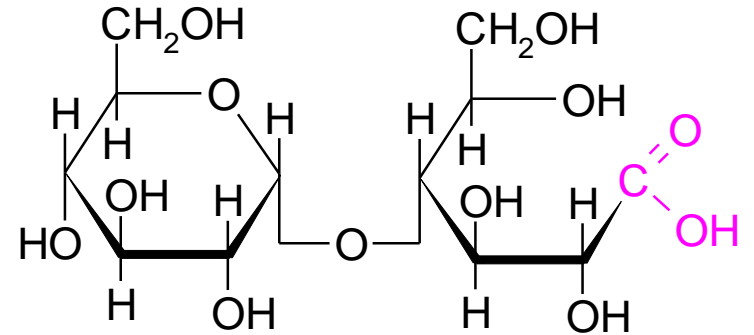
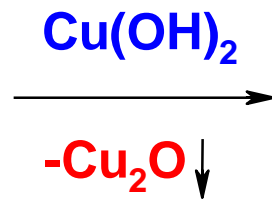


мальтоза

За рахунок полуацетального гідроксиду другого моносахариду зберігається можливість розкриття циклу, переходу циклічної форми в оксикарбонільну і проявлення відновлювальних властивостей



мальтоза



мальтобіонова кислота

сахароза

глюкоза → + фруктоза

+66,5°

+52,5°

-92,4°

-39,9°

- Гідроліз сахарози називається **інверсією сахарози**. Інверсія (лат. *inversio* – перестановка) – це зміна будь-якої величини на зворотню.
- Інвертний цукор використовується в кулінарії.

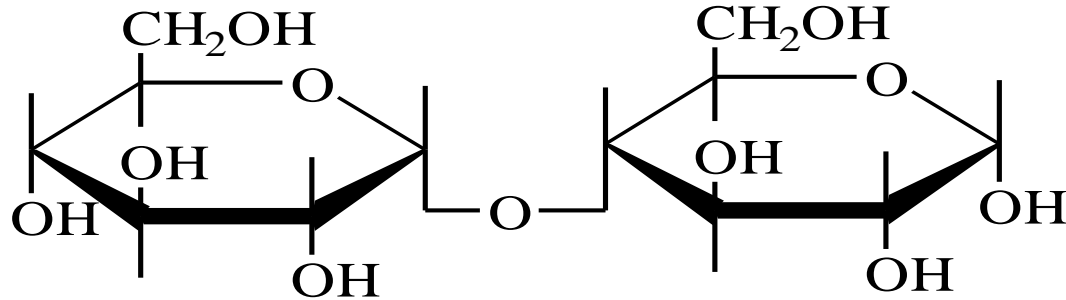
Реакції окислення і відновлення

Відновлюючі дисахариди окислюються м'якими окисниками до відповідних карбонових кислот:

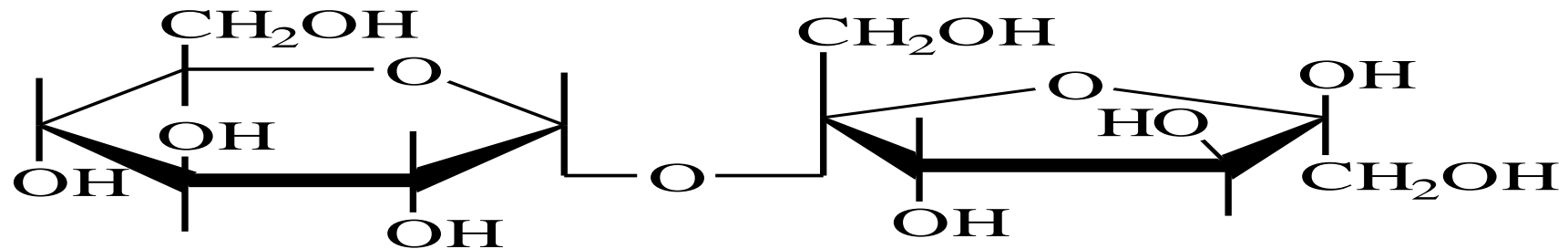
мальтоза – мальтобіонова кислота

лактоза – лактобіонова кислота

- при дії амілаз крохмаль містить два залишка α -D-глюкози (назва цукру, полуацетальний гідроксил якого приймає участь в утворенні глікозидного зв'язку, закінчується на "іл").



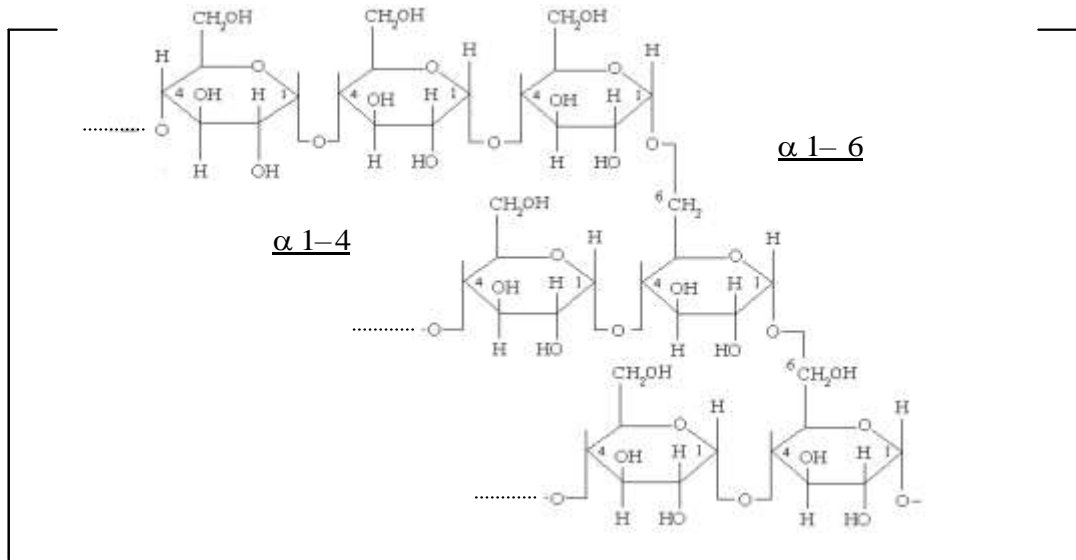
- В молекулі мальтози біля другого залишку глюкози є вільний полуацетальний гідроксил. Такі дисахариди володіють **мальтоза** відновлювальними властивостями. Молекула сахарози складається з одного залишку D-глюкози і одного залишку D-фруктози. Відповідно, це α -глюко-піранозил-(1 \rightarrow 2)-фруктофуранозид



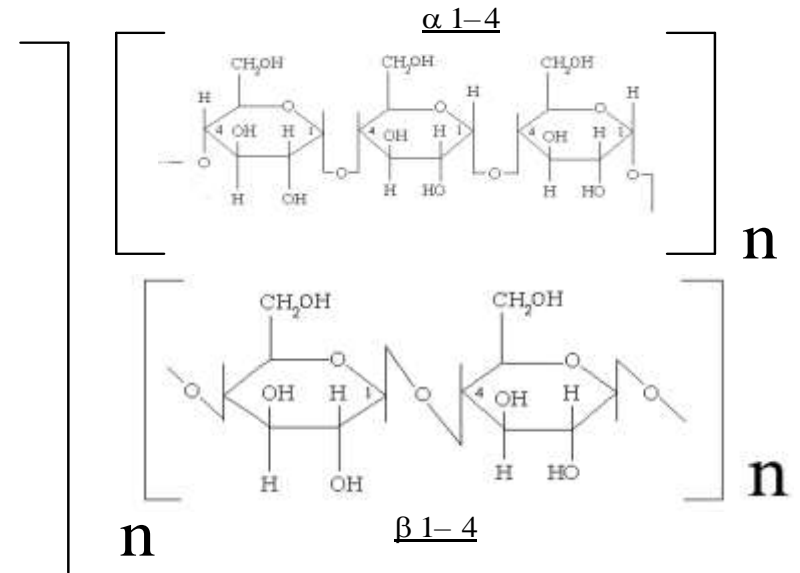
сахароза

● В відміну від більшості дисахаридів сахароза не має вільного полуацетального гідроксила і не володіє відновлювальними властивостями. Дисахарид лактоза міститься тільки в молоці і складається із D-галактози і D-глюкози. Оскільки в молекулі лактози є вільний полуацетальний гідроксил (в складі глюкози), вона належить до редукуючих дисахаридів.

ПОЛІСАХАРИДИ



КРОХМАЛЬ



ЦЕЛЮЛОЗА

Схема строения полисахаридов



целлюлоза



крахмал

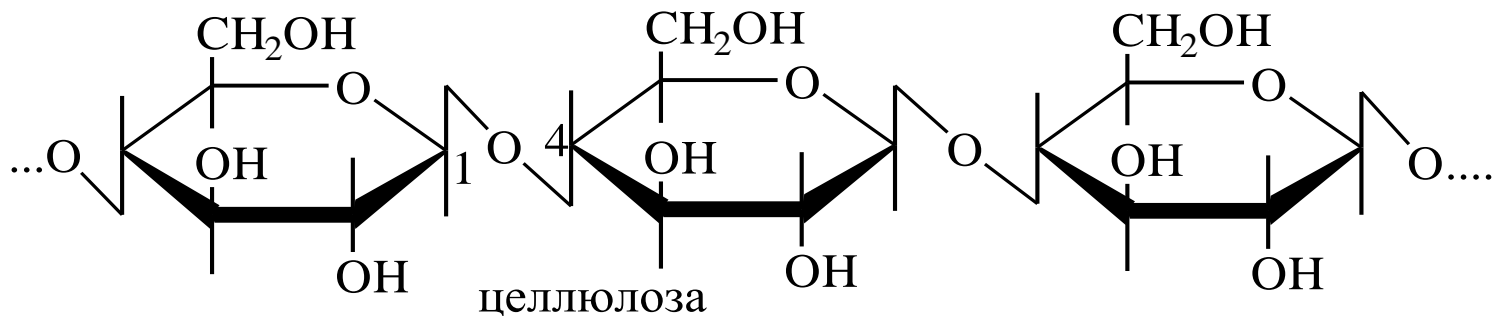


гликоген

○ Полісахариди

- Відомі дві групи полісахаридів: **гомopolісахариди**, які складаються з моносахаридних одиниць тільки одного типу і **гетерopolісахариди**, для яких характерним є наявність двох і більше типів мономерних ланок. З точки зору функціонального призначення полісахариди можуть бути розділені також на дві групи: **структурні і резервні** полісахариди. Важливим структурним полісахаридом є целюлоза, а головним резервним — глікоген і крохмаль.

- **Целюлоза (клітковина)** – гомополісахарид. Складається із β -глюкозних залишків в їх β -піранозній формі, тобто в молекулі целюлози β -глюкопіранозні мономерні одиниці лінійно з'єднані між собою β -1,4-зв'язками.



При частковому гідролізі утворюється дисахарид целлобіоза, а при повному – D-глюкоза. Клітковина не перетравлюється ферментами шлунково-кишкового тракту.

Біологічна роль: сприяє формуванню калових мас, забезпечує перистальтику кишківника, є сорбентом, формує нормальну мікрофлору

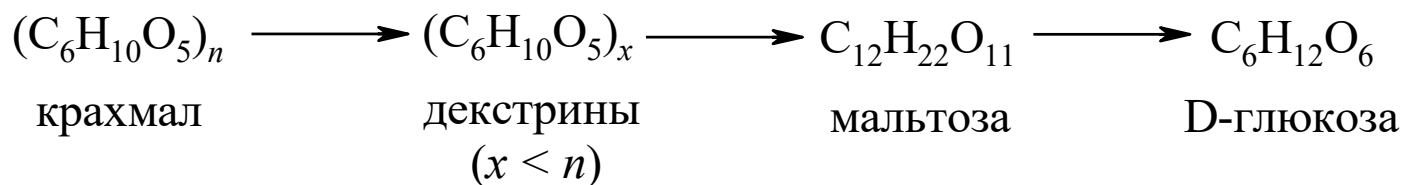
Крохмаль -це суміш двох гомополісахаридів: лінійного – ***амілози і*** розгалудженого – ***амілопектина***, загальна формула яких $(C_6H_{10}O_5)_n$. Як правило, вміст амілози в крохмалі – 10–30 %, амілопектина – 70–90 %. Побудовані із залишків глюкози, з'єднаних в амілозі і лінійних ланцюгах амілопектина α -1,4-зв'язками, а в місцях розгалудження амілопектина – α -1,6-зв'язками.

Крахмаль. Будова

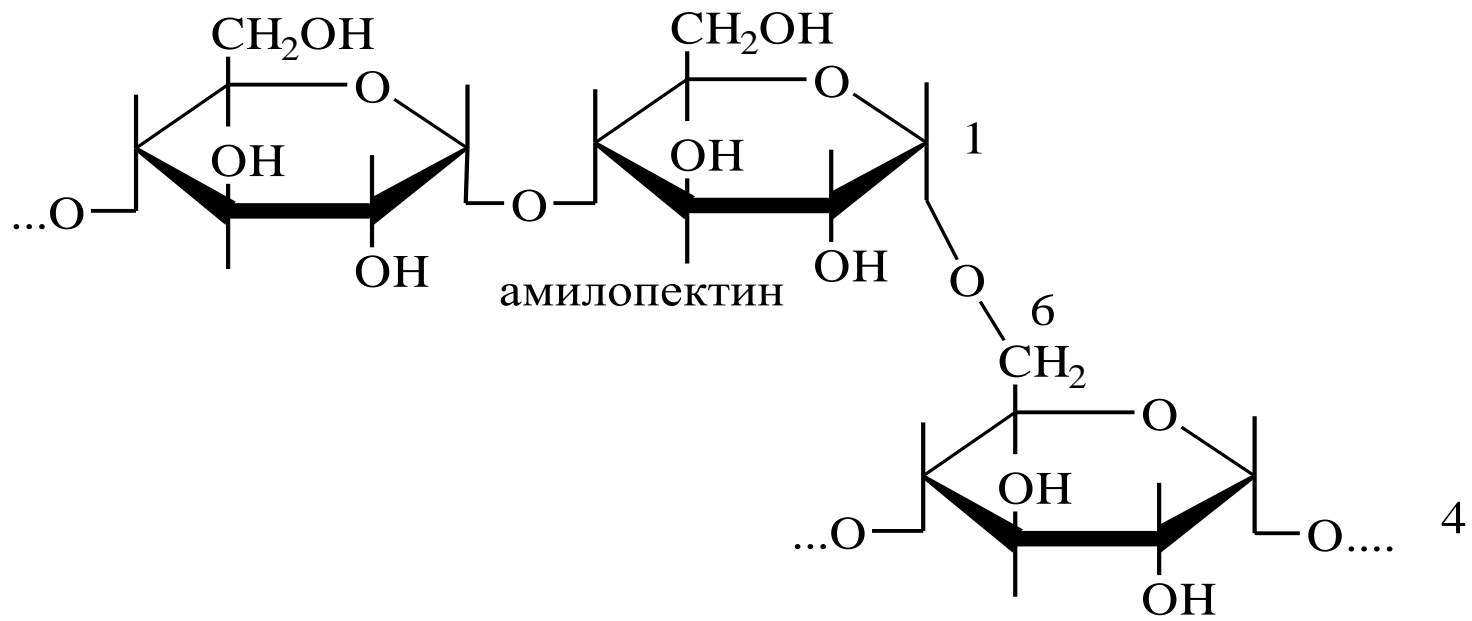
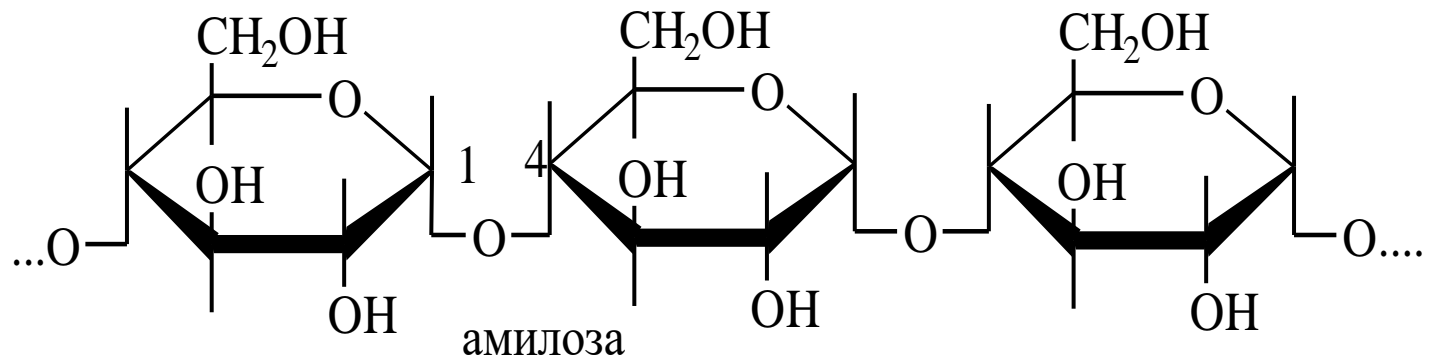
Амілоза 20%
Розчина у H₂O

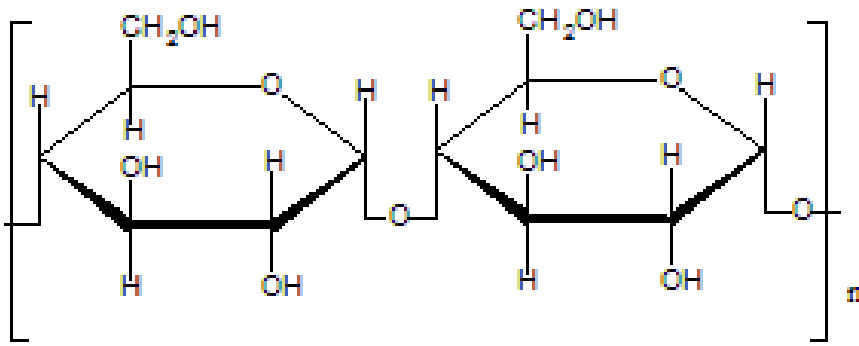
Амілопектин 80%
Нерозчинний у H₂O

Гідроліз крохмалю

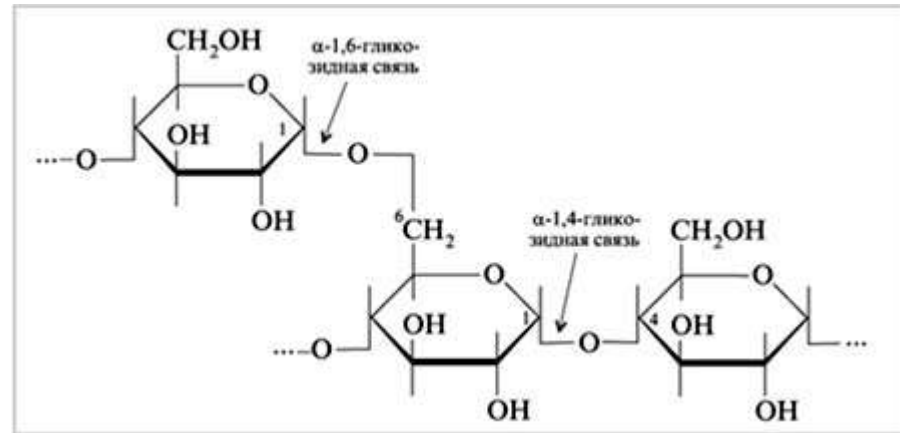


Крахмаль використовується при виготовленні таблеток, присипок і паст

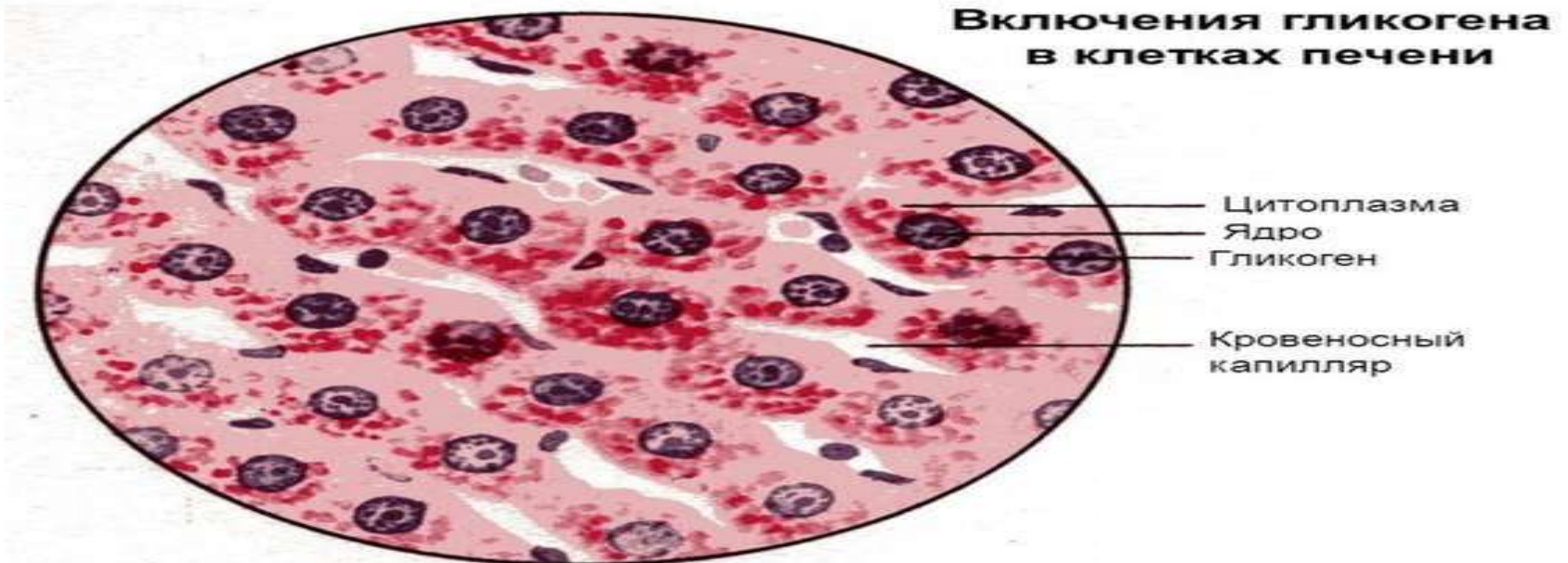




Амілоза
(компонент крохмалю)



Амілопектин
(компонент крохмалю і глікогена)



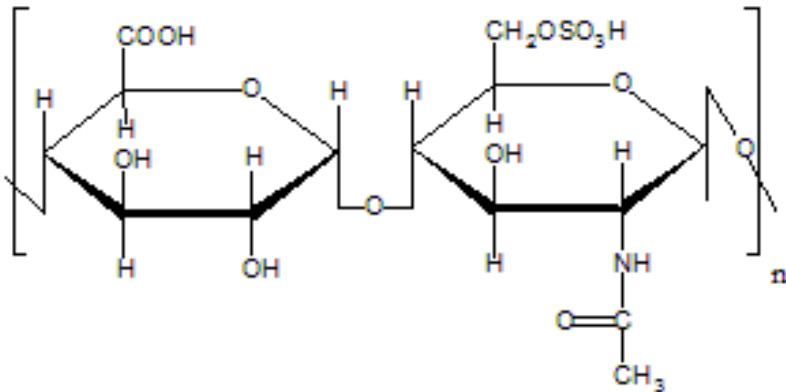
Глікоген

○ В молекулі амілози зв'язано в середньому 1000 залишків глюкози, окремі ділянки молекули амілопектину складаються з 20–30 таких одиниць. Молекулярна маса 105–107. Крохмалю в муці 75–80 %, картошці – 25 %. При частковому гідролізі утворюються декстрини, при повному – глюкоза.

○ **Глікоген**

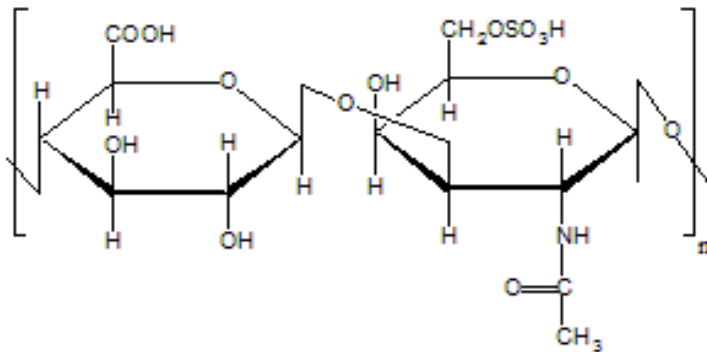
Глікоген – головний резервний полісахарид, побудований із залишків α -D-глюкози. Міститься переважно в печінці і м'язах. Виконує енергетичну функцію.

Гетерополісахариди



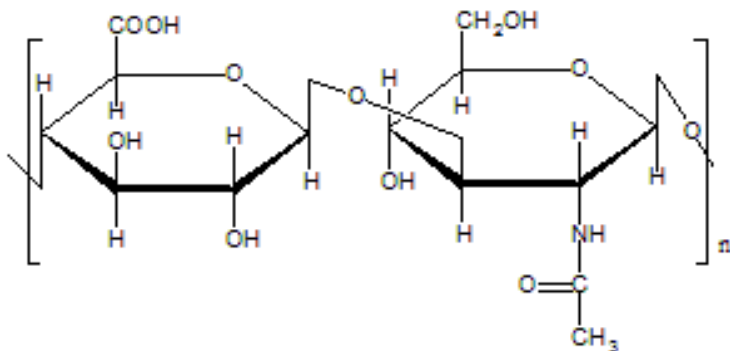
Гепарин

Антикоагулянт, регулятор біохімічних і фізіологічних процесів в організмі



Хондроїтин-6-сульфат

структурний компонент міжклітинної речовини. Багато в хрящовій тканині, синовіальній рідині, сухожиллях, зв'язках, шкірі, кістках



Гіалуронова к-та

В організмі людини з масою тіла 70 кг близько 15 г.гіалуронової кислоти. Час напіврозпаду у складі суглобової змазки - від 1 до 30 тижнів, в епідермісі і дермі – 1 – 2 дні, а в крові – декілька хвилин

Присутня у вільному стані і в комплексі з білками.

Структурний компонент міжклітинної речовини. Входить до складу суглобової рідини, шкіри, кісток, сухожиль, зв'язок, хрящів.

Затримує воду в гелі, приймає участь в процесах розмноження, міграції, впізнаванні і диференціюванні клітин органів і тканин

ЛІТЕРАТУРА

1. Біологічна і біоорганічна хімія: у 2 кн.: підручник. Кн. 1 Біоорганічна хімія / [Зіменковський Б.С., Музиченко В.А., Ніженковська І.В. та ін.]; за ред. Б.С. Зіменковського – К.: ВСВ «Медицина», 2014. – 272 с.
2. Біологічна і біоорганічна хімія: у 2 кн.: підручник. Кн. 2 Біологічна хімія / [Губський Ю.І., Ніженковська І.В., Корда М.М. та ін.]; за ред. Ю.І. Губського. – К.: ВСВ «Медицина», 2016. – 544 с.
3. Біохімія: підручник / за загальною редакцією професора А.Л. Загайка, проф. К.В. Александрової – Х.: Вид-во «Форт», 2014. – 728 с.
4. Губський Ю.І. Біологічна хімія / Губський Ю.І. - Київ-Тернопіль, Укрмедкнига, 2000. – 508 с.
5. Тарасенко Л.М. Функціональна біохімія : Підруч. для студ. / Л. М. Тарасенко, В. К. Григоренко, К. С. Непорада. - 2-е вид., доопрац. і доповн. - Вінниця : Нова Кн., 2007. - 379 с.
6. Гонський Я.І. Біохімія людини / Гонський Я.І., Максимчук Т.П., Калинський М.І Підручник. Тернопіль: Укрмедкнига, 2002.- 744 с.
7. Біологічна хімія (збірник тестових завдань)/ [Непорада К.С., Тарасенко Л.М., Нетюхайло Л.Г. та ін.]. – Полтава, 2016 – 106 с.
8. Навчально методичний посібник «Біологічна та біоорганічна хімія» для студентів II курсу стоматологічного факультету (II-III модулі)/ [Непорада К.С., Тарасенко Л.М., Нетюхайло Л.Г. та ін.].. – Полтава, 2012. – 93 с.
9. Навчально методичний посібник «Біологічна та біоорганічна хімія» для студентів I-II курсів медичного факультету (I-III модулі)/ [Непорада К.С., Тарасенко Л.М., Нетюхайло Л.Г. та ін.].. – Полтава, 2015. – 133 с.
10. Гонський Я.І., Максимчук Т.П., Калинський М.І. Біохімія людини:підручник. Тернопіль, 2013.- 744с.
11. Функціональна біохімія :навчальний посібник для студю вищого фарм.навч.закл. IV рівня акредитації / А.Л. Загайко [та ін.] . – Харків.: НФаУ, 2010. – 219 с.