ТЕМА: Сахароза, крохмаль і целюлоза: молекулярні формули, гідроліз.

Інформаційна довідка

• Полімери — високомолекулярні речовини, що складаються з великих молекул, утворених багатьма структурними ланками (грец. «полі» — багато та «мерос» — частина). Наприклад, **поліетилен**, одержаний полімеризацією етену $CH_2=CH_2$, складається зі структурних ланок $—CH_2—CH_2—$:

$$...—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2— ... \text{ або } (—CH_2—CH_2—)_n.$$

• Молекула полімеру називається **макромолекулою** (від грец. «макрос» — великий, довгий).

• Молекулярна маса макромолекул може становити від кількох десятків до сотень тисяч (і навіть мільйонів) атомних одиниць.

• **Гідроліз** — реакція обміну речовин з водою.

САХАРОЗА $C_{12}H_{22}O_{11}$ (БУРЯКОВИЙ АБО ТРОСТИННИЙ ЦУКОР). Це вуглевод, молекули якого складаються із залишків молекул двох моносахаридів — глюкози й фруктози, з'єднаних один з одним за рахунок взаємодії гідроксильних груп. Фруктоза є ізомером глюкози, отже, вони мають однакову молекулярну формулу $C_6H_{12}O_6$, але різну будову (про це йшлося в тексті «Сторінки ерудита» § 19). Порівнявши кількісний склад сахарози із сумарним складом глюкози й фруктози, виявимо, що в сумі в молекулах цих двох речовин 12 атомів Карбону, проте Гідрогену на два, а Оксигену — на один атом більше. Тобто за утворення молекули сахарози «зайвою» виявляється молекула води. І справді, ці два моносахариди сполучаються за рахунок відщеплення атома Гідрогену від молекули однієї речовини й гідроксильної групи — від молекули іншої.

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ САХАРОЗИ. Сахароза — безбарвна, кристалічна, добре розчинна у воді, солодка на смак речовина. Температура плавлення сахарози +185 °С.

ПОШИРЕННЯ В ПРИРОДІ. Сахароза — найпоширеніший у природі дисахарид, міститься в плодах, овочах, соках рослин. Особливо багато її в стеблах цукрової тростини (до 26 %) і коренеплодах цукрових буряків (до 20 %), які є основною сировиною для виробництва цукру (мал. 32).

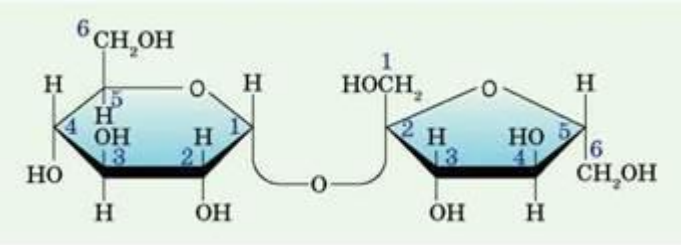


Мал. 32. Природна сировина з високим умістом сахарози та результат її промислової обробки — цукор

ГІДРОЛІЗ САХАРОЗИ. Загальна хімічна властивість сахарози — реакція гідролізу. За нагрівання і наявності розбавлених розчинів хлоридної HCl або сульфатної H_2SO_4 кислот вона гідролізується на моносахариди, залишки молекул яких входять до складу її молекул:

$$\underset{\text{сахароза}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \rightarrow \underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{фруктоза}}{C_6H_{12}O_6}$$

Сахароза виявляє також властивості багатоатомних спиртів. Під час її взаємодії зі свіжоодержаним купрум(II) гідроксидом утворюється яскраво-синій розчин. Подальше його нагрівання не приводить, як в альдегідів, до утворення червоно-коричневого осаду. Це свідчить про те, що в молекулі сахарози альдегідні групи відсутні, а є лише гідроксильні групи, причому не одна. Адже описаний дослід з його результатами — це якісна реакція на багатоатомні спирти. На зображеній нижче структурній формулі сахарози (наведено для ознайомлення, а не запам'ятовування) порахуйте кількість гідроксильних груп у її молекулі.



Після підрахунку вам стане зрозумілим скорочений запис молекулярної формули сахарози $C_{12}(OH)_8H_{14}O_3$. Маючи вісім гідроксильних груп у молекулі, вона, як і багатоатомні спирти, взаємодіє зі свіжоодержаним купрум(II) гідроксидом.

ПОЛІСАХАРИДИ — ПРИРОДНІ ПОЛІМЕРИ. Серед представників полісахаридів найбільше значення мають крохмаль, целюлоза, глікоген (тваринний крохмаль). Усі ці полісахариди побудовані із залишків молекул одного моносахариду — глюкози, склад їх молекул позначається однаковою молекулярною формулою — $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Молекулярне рівняння реакції утворення полісахаридів:

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

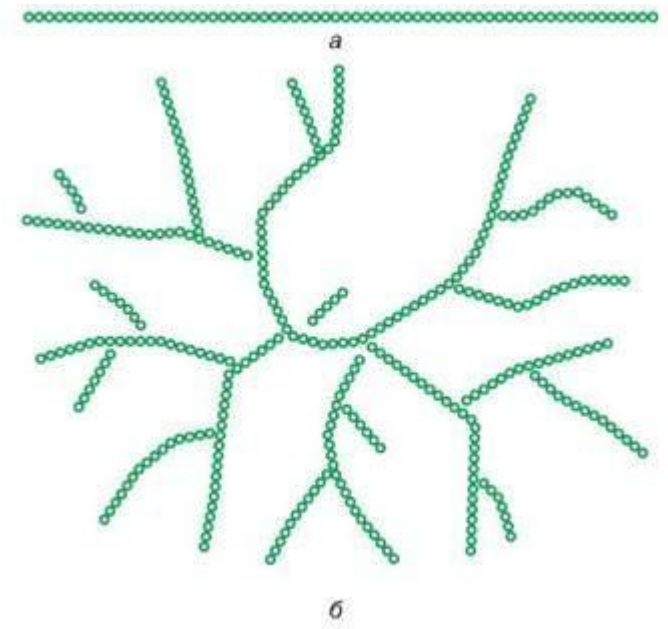
У складі молекули полісахаридів може бути від одинадцяти до тисячі й більше залишків молекул моносахаридів, що утворюють структурні ланки —$C_6H_{10}O_5$—. Проте це різні речовини, що відрізняються просторовою будовою та ступенем полімеризації.

Полісахариди *— вуглеводи, молекули яких містять понад десять моносахаридних залишків, сполучених між собою в лінійні або розгалужені ланцюги. Крохмаль, целюлоза, глікоген — представники полісахаридів.*

Крохмаль $(C_6H_{10}O_5)_n$ — білий аморфний хрусткий порошок, нерозчинний у холодній воді. У гарячій воді він набухає з утворенням крохмального клейстеру.

До складу крохмалю входять молекули лінійної будови (мають назву амілоза) та розгалуженої (амілопектин) (мал. 33). У більшості рослин крохмаль містить приблизно 25 % амілози й 75 % амілопектину. Середня молекулярна маса амілози 30 000-160 000,

амілопектину — 100 000-1 000 000. Амілоза розчиняється в гарячій воді, амілопектин лише набухає.



Мал. 33. Схеми будови молекул: а — амілози; б — амілопектину

Якісною реакцією на крохмаль є добре вам відома ще з уроків природознавства взаємодія з йодом.

Якщо на крохмаль чи крохмалевмісний продукт харчування капнути спиртовим розчином йоду, то з'явиться синє забарвлення. Цю властивість використовують для визначення вмісту крохмалю в харчових продуктах.

Крохмаль — цінний харчовий продукт, разом із сахарозою вони є основними джерелами вуглеводів для організму людини. Значна кількість крохмалю міститься в насінинах кукурудзи, пшениці (до 70 %), рису (до 80 %), бульбах картоплі (до 20 %). Високий вміст крохмалю у хлібі, крупах, макаронних і кондитерських виробах.

Целюлоза (клітковина) — біла, тверда, нерозчинна у воді й органічних розчинниках речовина. Молекули целюлози мають лише лінійну (нерозгалужену) будову, тому вона легко утворює волокна. Целюлоза більш поширена в природі, ніж крохмаль. Цей біополімер має велику механічну міцність і служить будівельним матеріалом оболонок рослинних клітин. Волокна бавовни, льону, конопель складаються, головним чином, із целюлози. У деревині її вміст сягає близько 50 %, у траві й зелених листках дерев — до 25 %. Зразками майже чистої целюлози є вата й фільтрувальний папір, отримані з очищеної бавовни.

В організмі людини й багатьох тварин немає ферменту, який би каталізував гідроліз целюлози, тому вона, на відміну від крохмалю, не засвоюється ними й не може бути продуктом харчування. Проте у шлунку жуйних тварин (наприклад, корови, вівці), а також кролів гідроліз целюлози відбувається. Тому влітку їх годують травою, а на зиму заготовляють сіно, силос.

Відмінності в будові молекул крохмалю й целюлози зумовлюють значні відмінності у властивостях цих природних полімерів. Крохмаль — продукт харчування людини, целюлоза для цієї мети не придатна.

ГІДРОЛІЗ ЯК ОСНОВНА ВЛАСТИВІСТЬ ПОЛІСАХАРИДІВ. Крохмаль порівняно легко піддається гідролізу під дією ферментів або під час нагрівання з кислотами. Залежно від умов, гідроліз крохмалю може відбуватися ступінчато, з утворенням різних проміжних продуктів. Целюлоза також піддається гідролізу в присутності розчинів неорганічних кислот і кінцевим продуктом реакції є глюкоза. Сумарне рівняння реакції гідролізу крохмалю й целюлози можна записати так:

$$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \xrightarrow{H^+,\ t^\circ C} nC_6H_{12}O_6.$$

Найважливіша спільна хімічна властивість целюлози й крохмалю — гідроліз, кінцевим продуктом якого є глюкоза, а перебіг у промислових і лабораторних умовах відбувається у присутності розчинів неорганічних кислот (хлоридної, сульфатної) і за нагрівання, а в організмі людини — під дією ферментів.

Для того щоб покращити процес засвоєння крохмалю, харчові продукти піддають тепловій кулінарній обробці, наприклад, варіння й смаження картоплі, випікання хліба тощо.