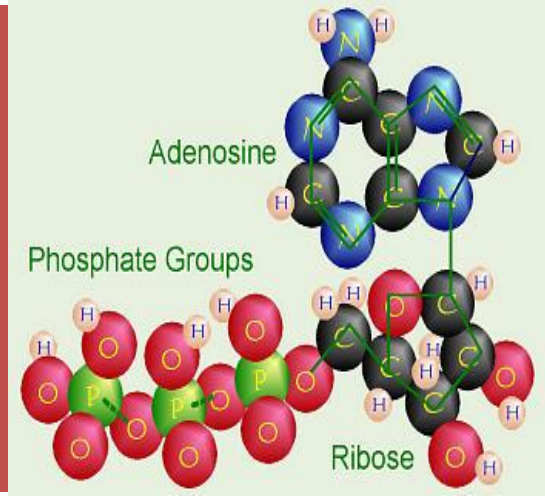
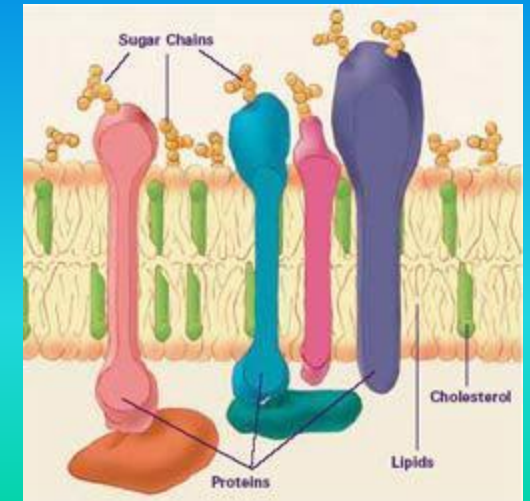
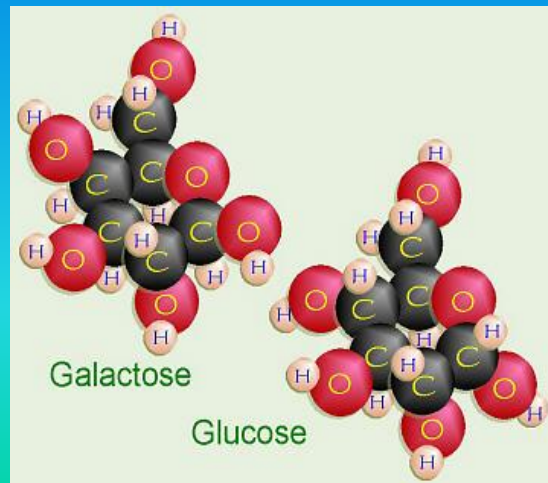


Біохімія рослин



Будова, роль та значення полісахаридів у метаболізмі рослинної клітини



План

1. Характеристика окремих моносахаридів:

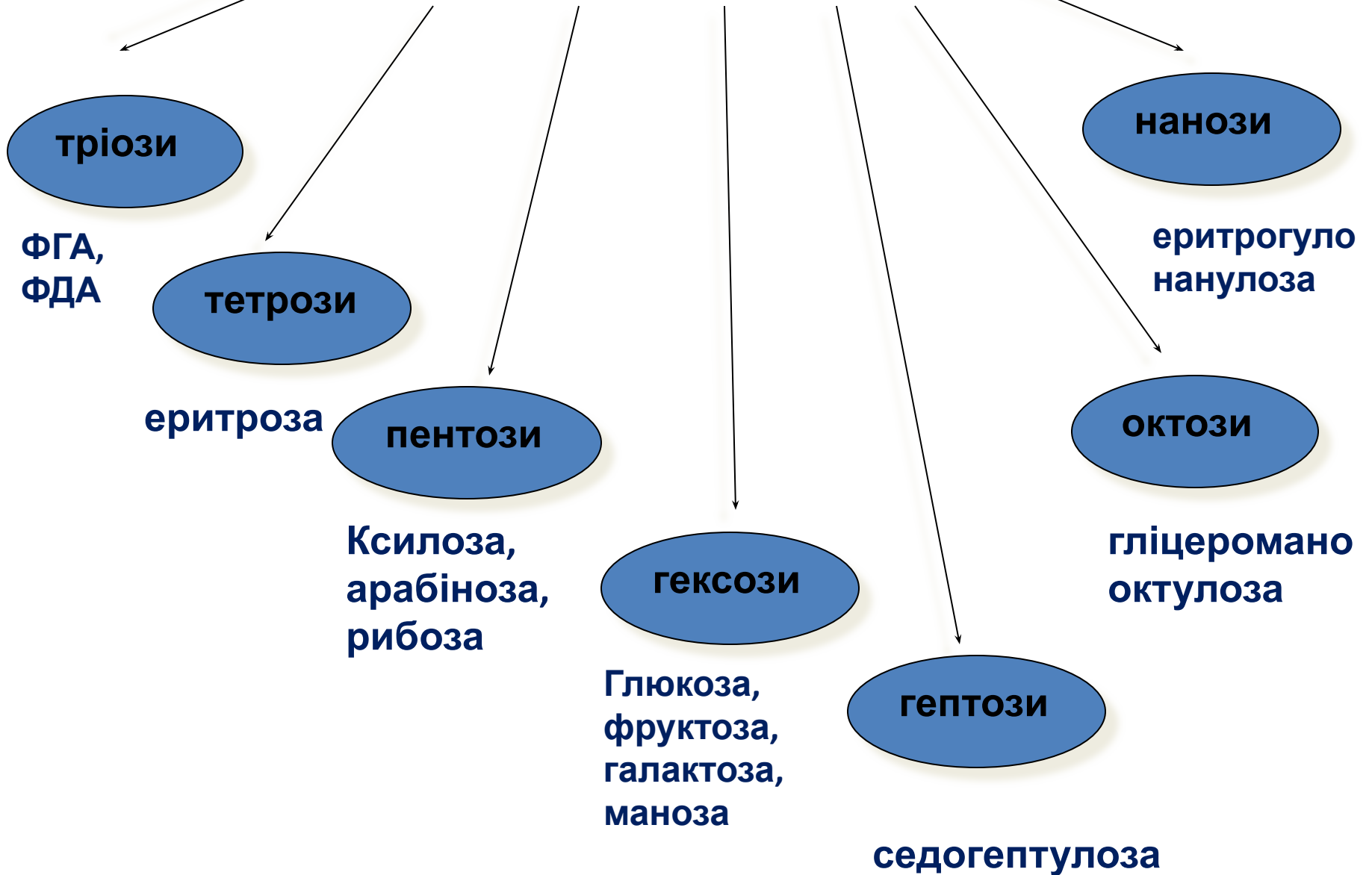
- тріоз
- тетроз
- пентоз
- гексоз
- октоз
- наноз

2. Незвичайні рослинні моносахариди:

- моносахариди з розгалуженим ланцюгом;
- дезоксицукри;
- аміноцукри;
- похідні моносахаридів (кислоти та багатоатомні спирти)

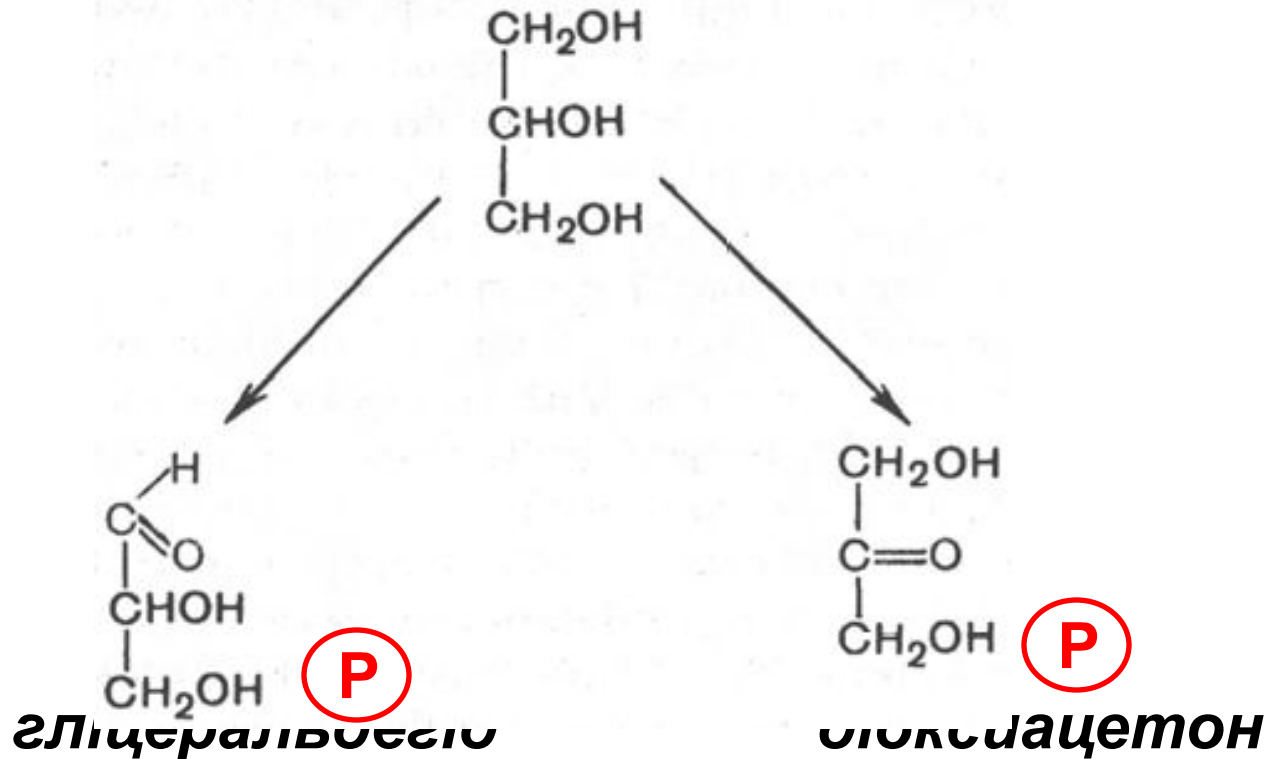
3. Будова та функції олігосахаридів. Основні представники.

МОНОСАХАРИДИ



ТРІОЗИ

Гліцерин

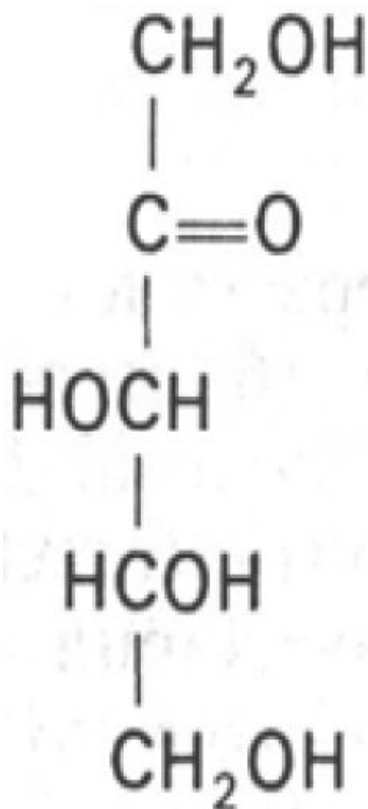


- зустрічаються тільки у вигляді фосфорних ефірів (ФГА і ФДА)
- проміжні метаболіти основних вуглеводневих циклів під час фотосинтезу, дихання і бродіння

ПЕНТОЗИ

Ксилулоза

(деревний
цукор)



Ксилоза входить до:

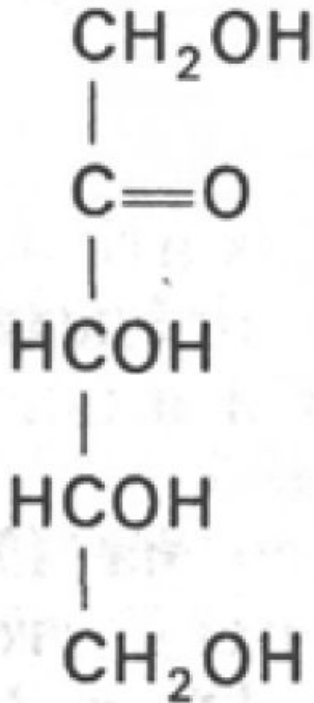
- складу полісахаридів (геміцелюлози, гумі, слизи);
- глікозидів;
- бере участь в обміні вуглеводів ;
- не зброджується дріжджами;
- не засвоюється людським організмом.

Ксилоза використовується:

- для вирощування мікроорганізмів з метою одержання кормового білка;
- у кондитерській промисловості.

ПЕНТОЗИ

Рибулоза

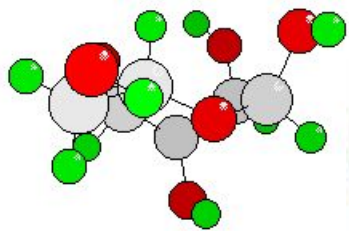


Рибоза входить до складу:

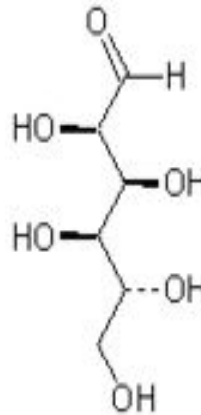
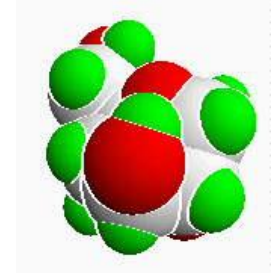
- РНК
- Нуклеотидів
- Вітамінів
- Коферментів

Рибулоза

- бере участь у обміні вуглеводів
- акцептор CO_2 при фотосинтезі



Гексози

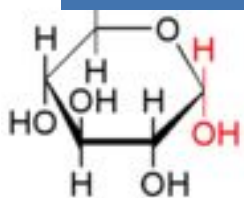
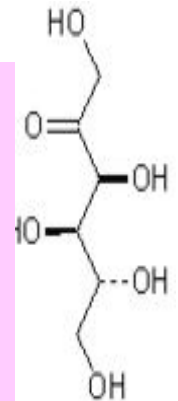


Глюкоза
(декстроза,
виноградний цукор)

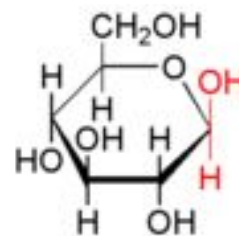
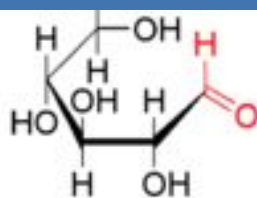
-входить до складу
оліго- та полісахаридів,
глікопротеїнів, ліпоїдів,
глікозидів;
-універсальний
метаболіт вуглеводів;
-осмотично активна;

Фруктоза
(Левулоза, плодовий
цукор)

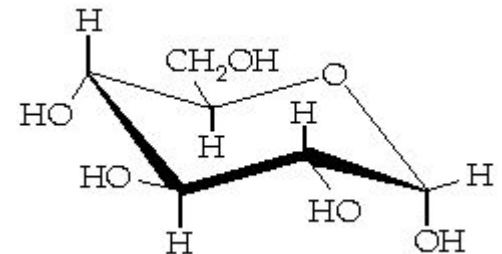
-входить до складу
оліго- та полісахаридів,
глікопротеїнів, ліпоїдів,
глікозидів;
-фуранозна форма;
-найсолодший цукор;
-обмін вуглеводів;



α -glucose



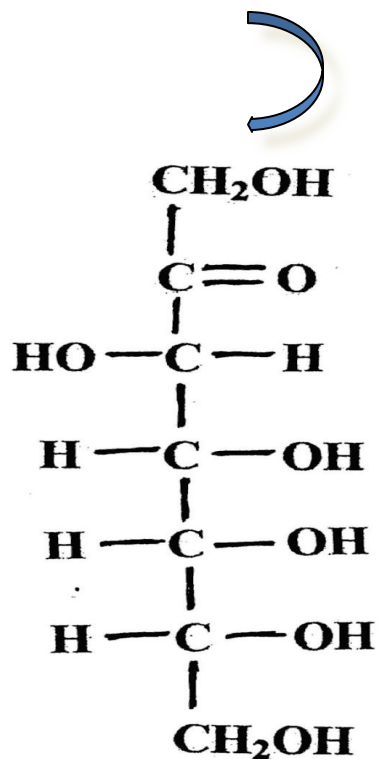
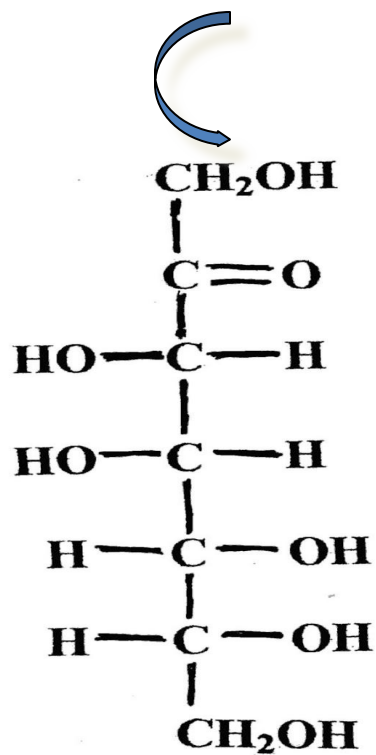
β -glucose



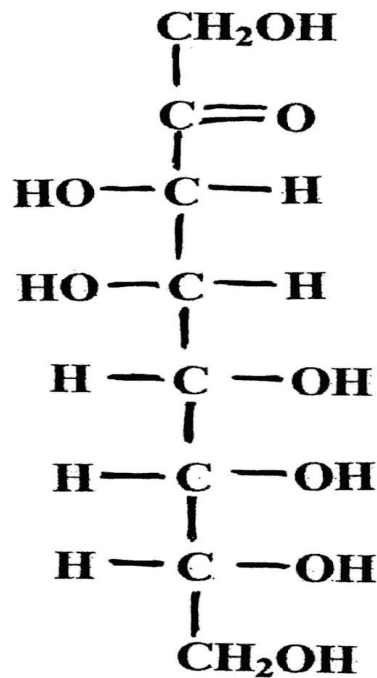
НЕЗВИЧАЙНІ МОНОСАХАРИДИ, ЩО МІСТЯТЬСЯ ТІЛЬКИ В РОСЛИНАХ:

- гептози, октози, нанози;**
- моносахариди з розгалуженим ланцюгом;**
- дезоксицукри;**
- аміноцукри;**
- похідні моносахаридів (кислоти та багатоатомні спирти).**

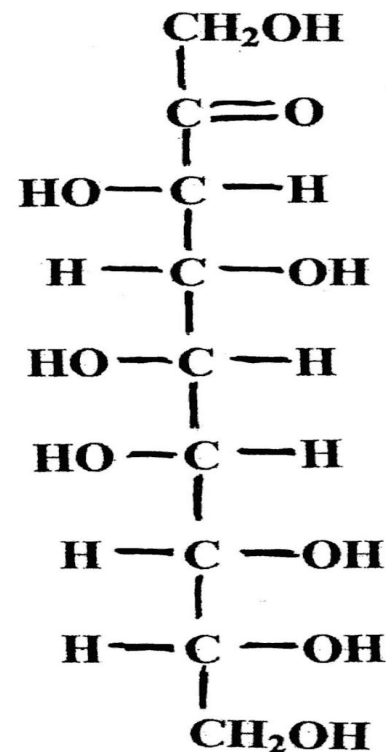
гептози



ОКТОЗИ



НАНОЗИ



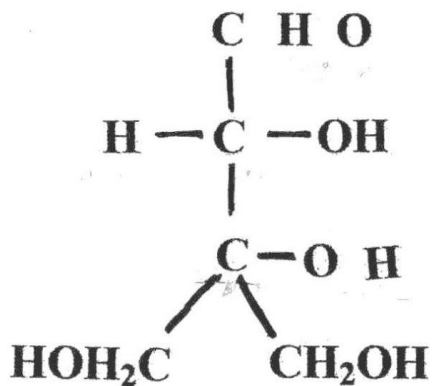
D-манногептулоза

D-седогептулоза

**Гліцероманно-
октулоза**

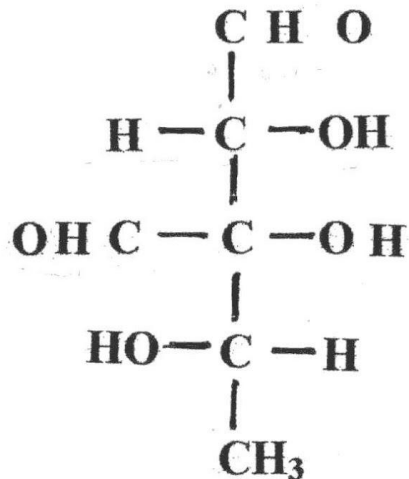
**Еритрогуло-
наннулоза**

Моносахариди з розгалуженим ланцюгом



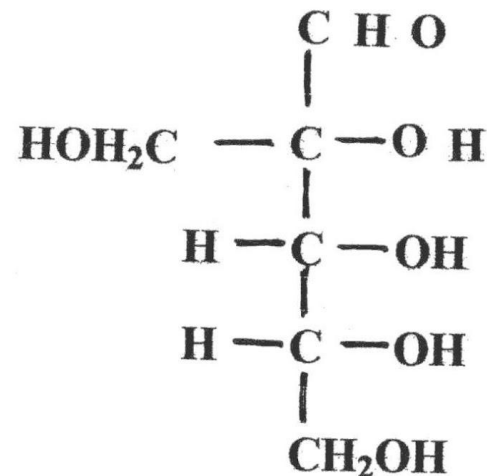
Апіоза

Глікозид
петрушки -
апіїн



L-стрептоза

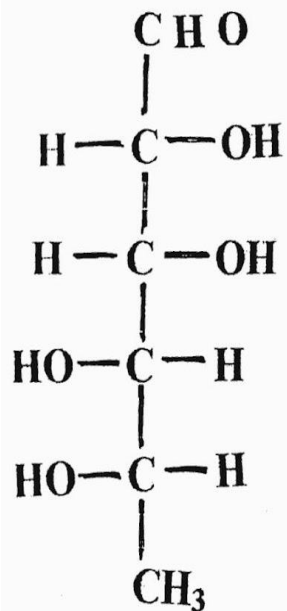
Антибіотик
стрептоміцин



Гамамелоза

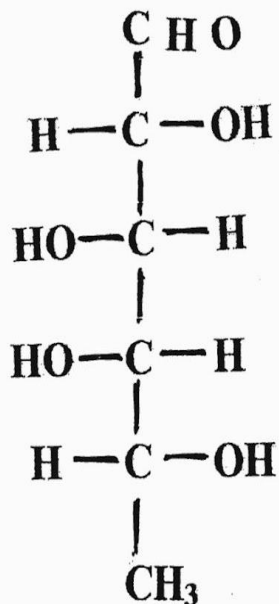
Дубильні
речовини

РОСЛИННІ ДЕЗОКСИ- ТА АМІНОЦУКРИ



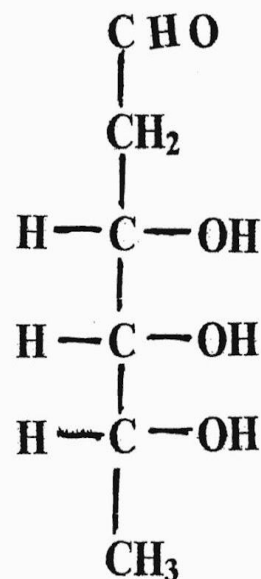
L-рамноза

-глікозиди
-слизи
-камеді
-пектинові речовини



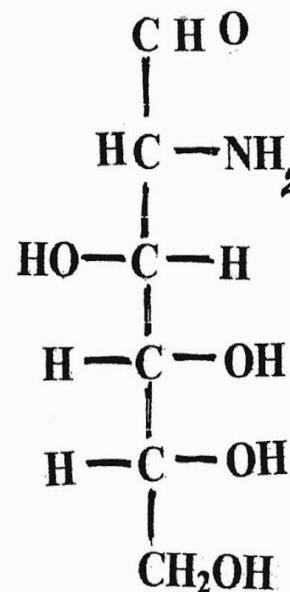
Фукоза

-глікозиди,
геміцелюлози
бурих водоростей



Дигитоза

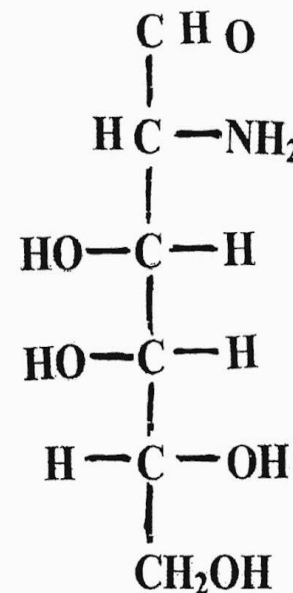
Глікозиди
наперстянки



Глюкозамін

Галактозамін

Глікопротеїни,
глікозиди

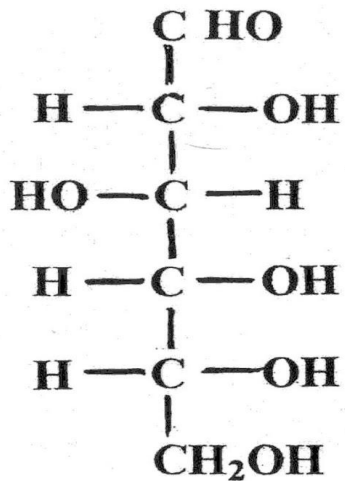


ПОХІДНІ МОНОСАХАРИДІВ – КИСЛОТИ

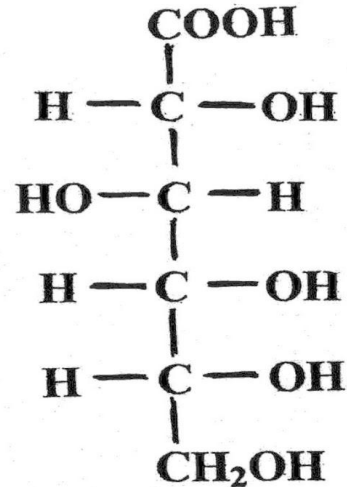
А) при окисненні альдегідної групи до карбоксильної – **АЛЬДОНОВІ**;

Б) при одночасному окисненні альдегідної та первинної спиртової груп – дикарбонові **АЛЬДАРОВІ**;

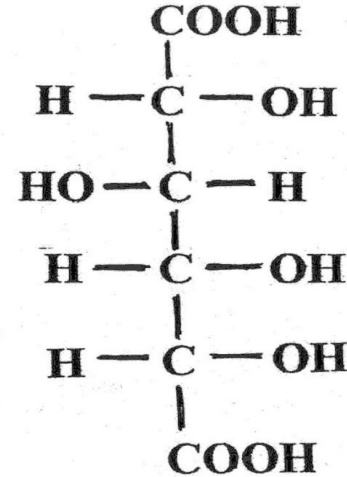
В) при окисненні тільки первинної спиртової групи – **УРОНОВІ**.



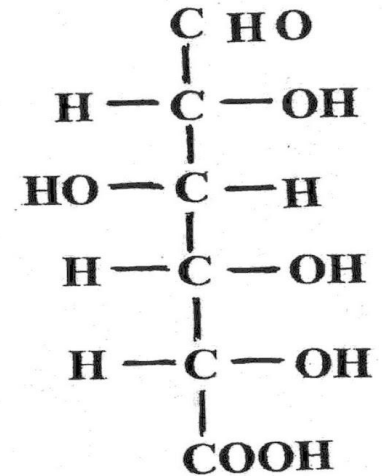
D-глюкоза



Глюконова
кислота

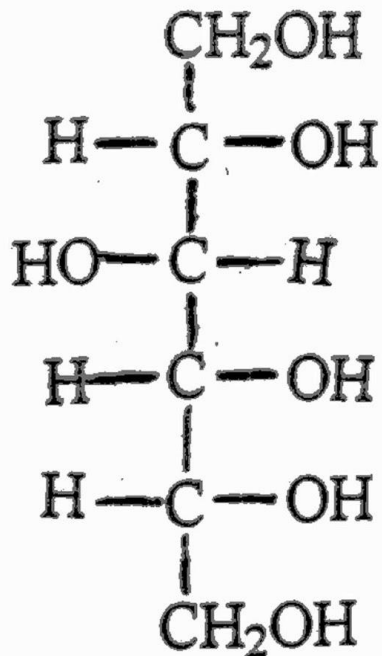


Глюкарова
кислота



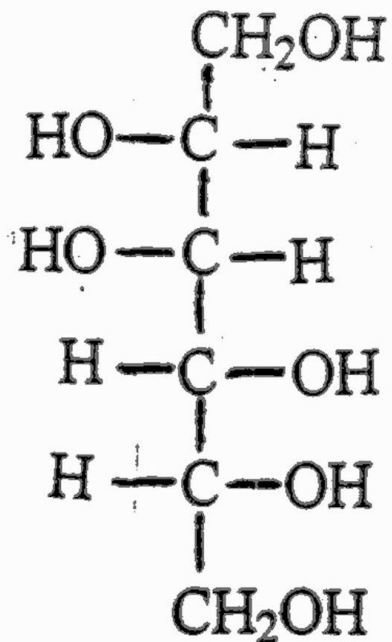
Глюкуронова
кислота

ПОХІДНІ МОНОСАХАРИДІВ – БАГАТОАТОМНІ СПИРТИ



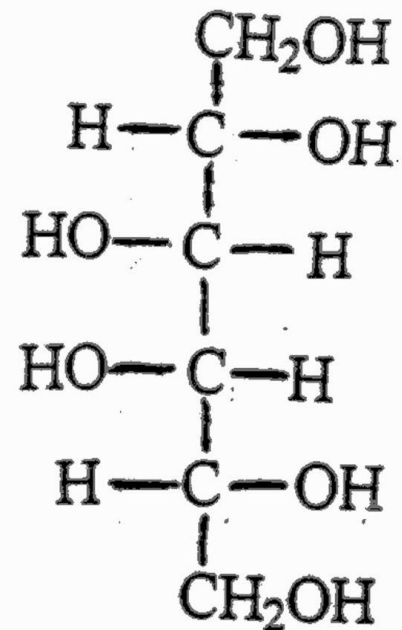
D-сорбіт

Фрукти,
Плоди,
Горобина-7%



Манніт

Плоди, овочі,
гриби,
Бурі водорості



Дульцит

Виділення на корі
та листках

ОЛІГОСАХАРИДИ

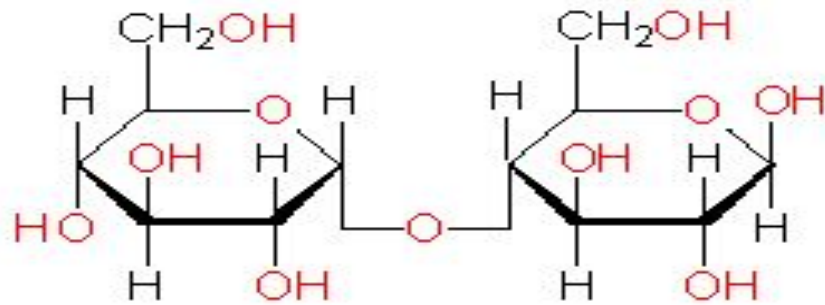
За числом залишків олігосахариди поділяють на ди-, три-, тетра- та пентасахариди.

Дисахариди поділяють на 2 групи: відновлюючі та невідновлюючі.

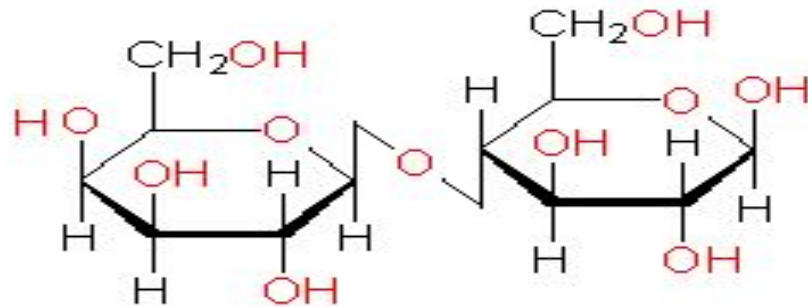
Дисахариди, збудовані по типу **мальтози** (відновлюють рідину Фелінга): лактоза, целобіоза.

Дисахариди, збудовані по типу **трегалози** (не відновлюють рідину Фелінга) – сахароза

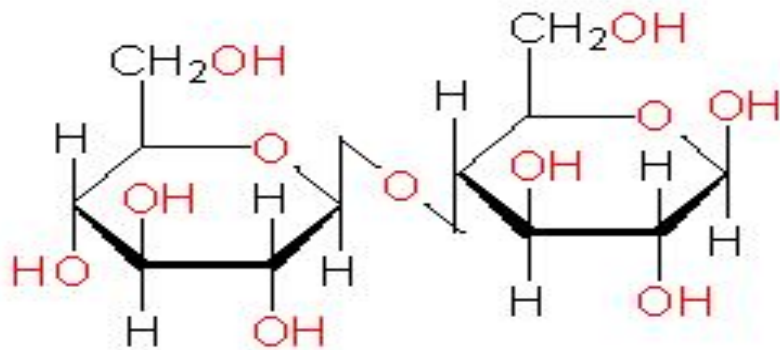
ВІДНОВЛЮЮЧІ ЦУКРИ



maltose

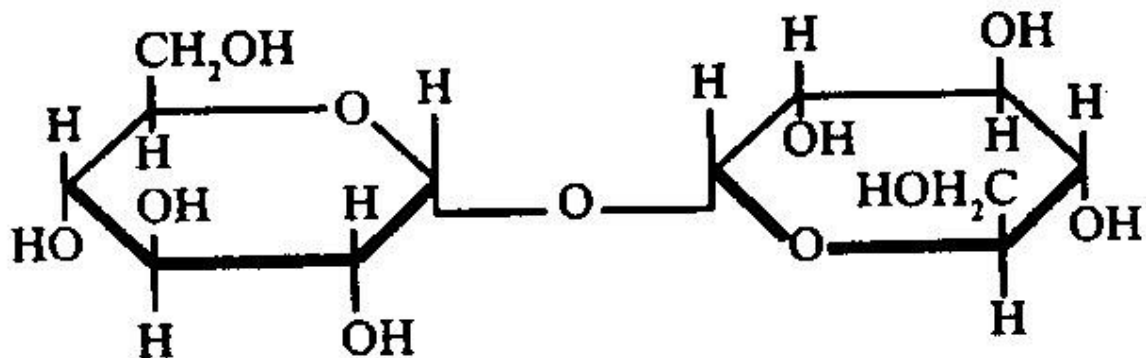


lactose



cellobiose

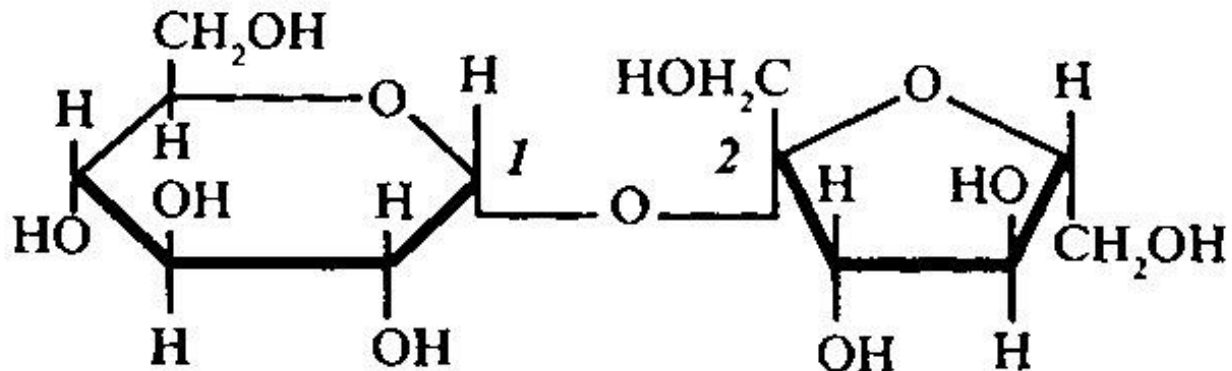
НЕВІДНОВЛЮЮЧІ ЦУКРИ



α -ГЛЮКОЗА

α -ГЛЮКОЗА (α 1-1-зв'язок)

ТРЕГАЛОЗА



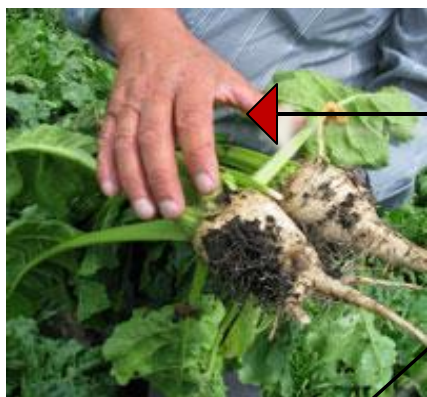
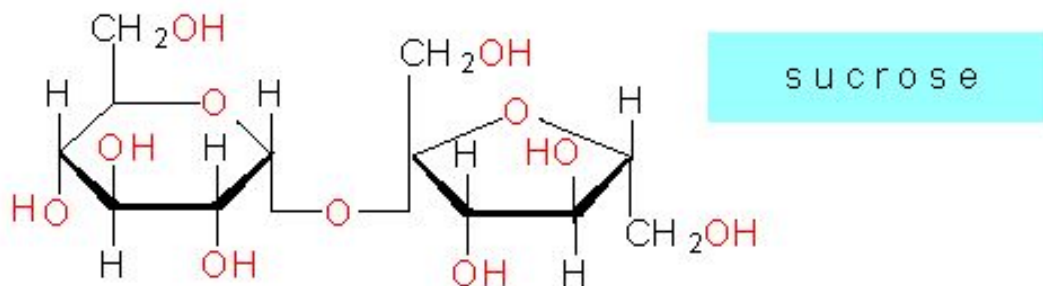
α -ГЛЮКОЗА

β -ФРУКТОЗА

САХАРОЗА

Сахароза (буряковий або тростинний цукор)

- *Основний транспортний цукор*
- *Запасаючий вуглевод*
- *Стандарт солодкості*



В коренеплодах **цукрового буряка** міститься 14-20%, в соку **цукрової тростини** – 14-25% сахарози. **Цукрова кукурудза** та **цукрове сорго** містять в стеблах 10-12% сахарози.

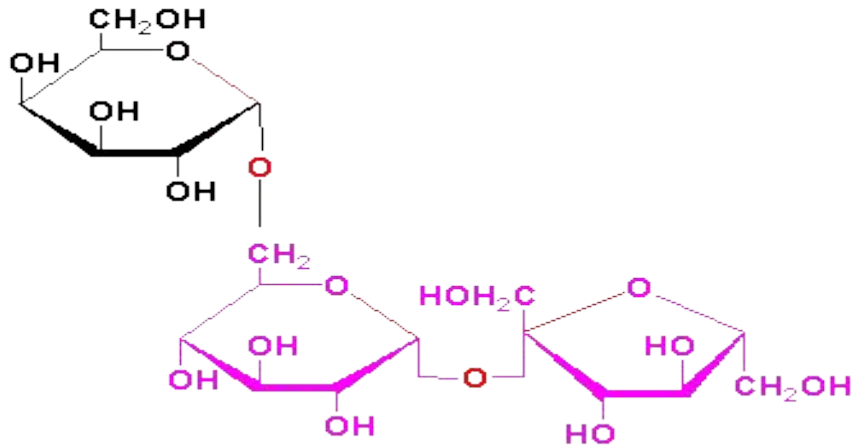


Сахарозу отримують з **цукрової тростини** (65% від світової потреби) та з **цукрового буряку** (30-35%). У Північній Америці цукор отримують також з **цукрового клену**, що містить до 4% цукру.



трисахариди

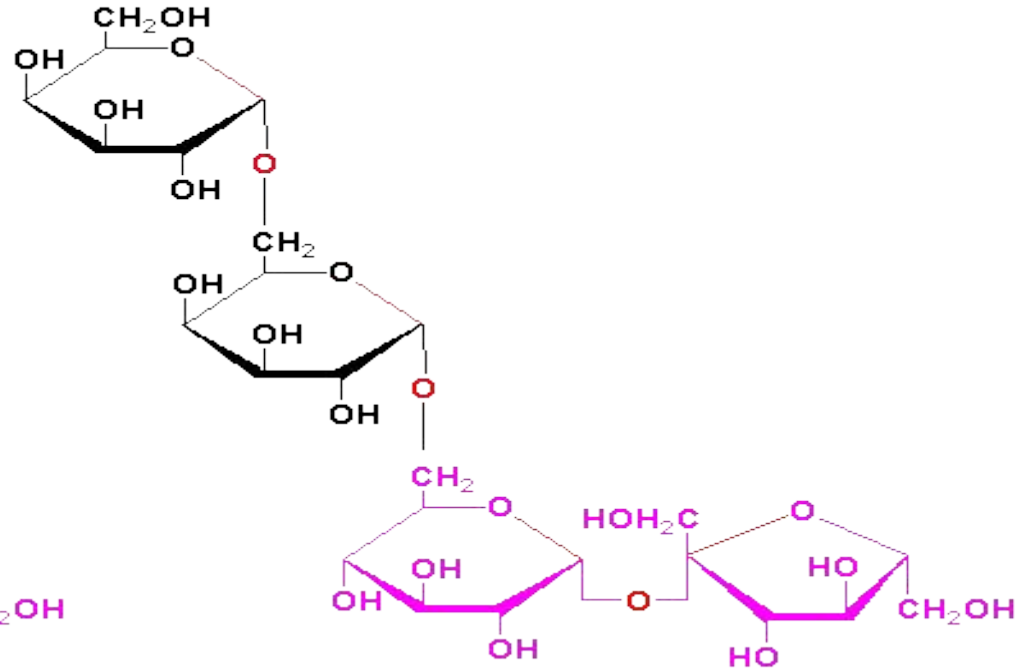
рафіноза



-транспортний цукор (2),
-у невеликій кількості у
вільному стані
зустрічається у цукровому
буряку, насінні бавовнику

тетрасахариди

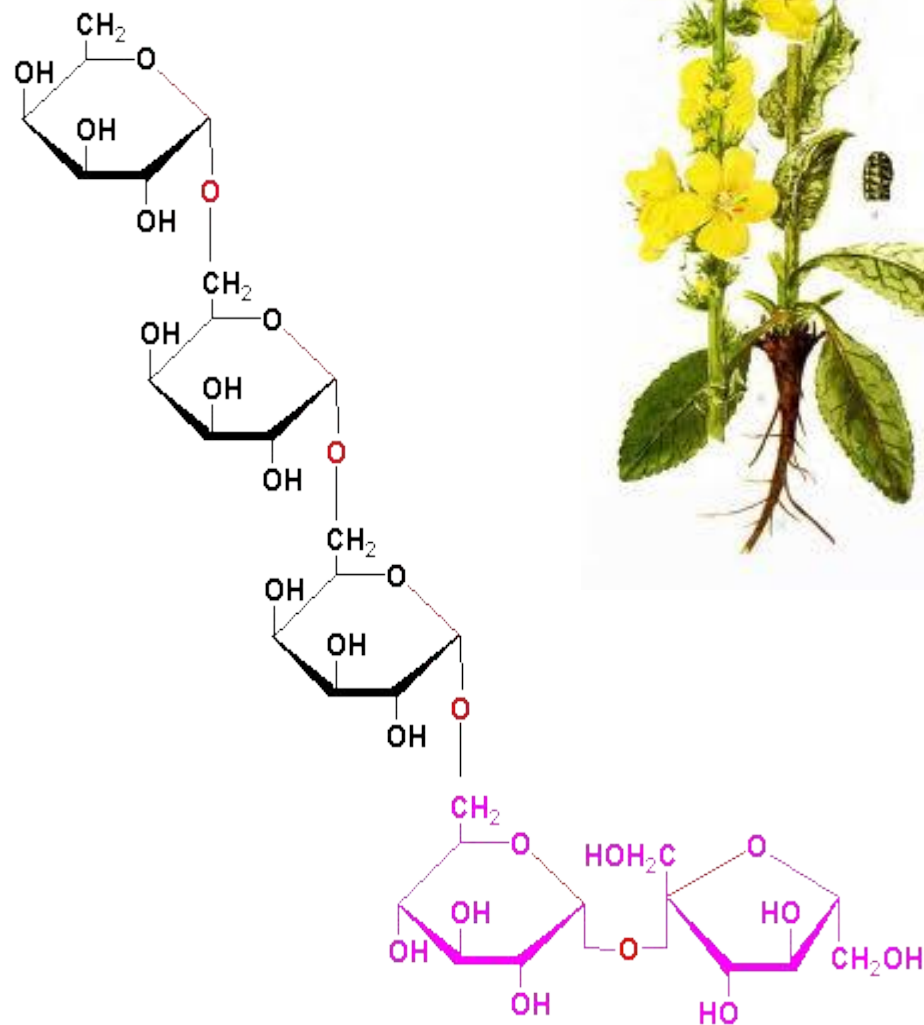
стахіоза



-транспортний
цукор (3),
-міститься в
бобових, у зерні
жита (1-1,5%)
Чистець (*Stachys*)

пентасахариди

-транспортний цукор (4),
-в дуже незначних кількостях
міститься в ситовидних трубках
коров'як (Verbascum)



ПОЛІСАХАРИДИ

ГОМОПОЛІСАХАРИДИ – побудовані лише з залишків одного цукру

а) глюкани (крохмаль, глікоген, клітковина, декстран), які складаються із глюкозних залишків;

б) поліфруктозани (інулін, фруктозани злакових трав), до складу яких входять залишки фруктози;

в) маннани, які складаються із залишків маннози;

г) галактани, до складу яких входять тільки залишки галактози;

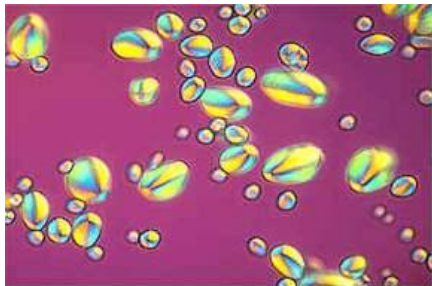
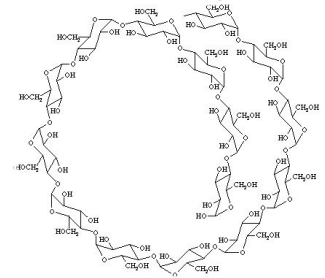
д) арабани,

е) ксилани

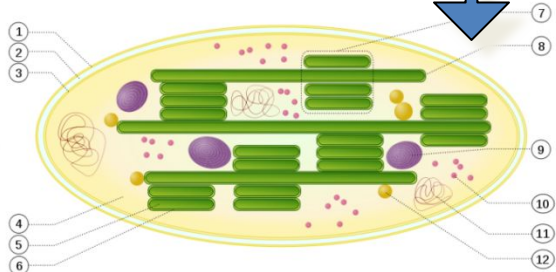
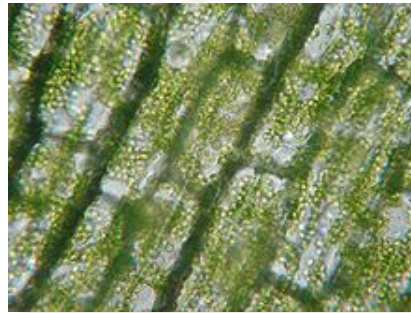
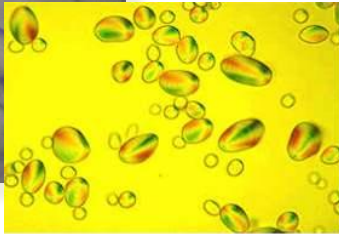
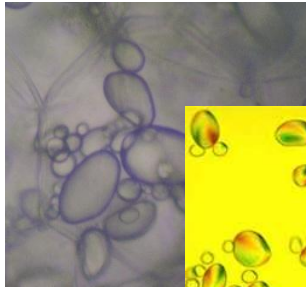
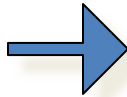
ГЕТЕРОПОЛІСАХАРИДИ – містять залишки різноманітних моносахаридів та їх похідних (*геміцелюлози, мукополісахариди, слизи*).

ФУНКЦІЇ ПОЛІСАХАРИДІВ

- **запасаюча** (крохмаль, глікоген, інулін)
- **структурна** (клітковина, геміцелюлози, пектинові речовини)
- **захисна** (слизи, камеді)

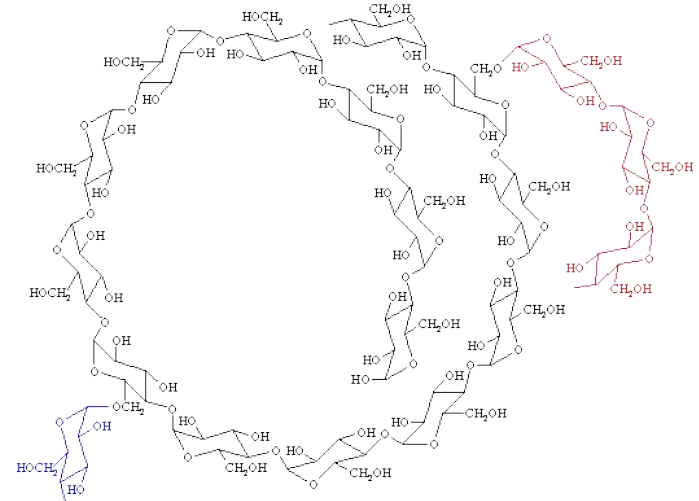


КРОХМАЛЬ

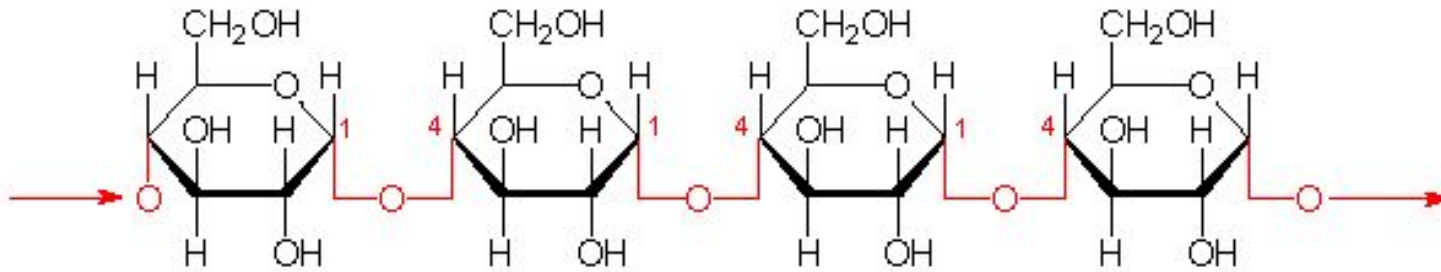


- продукт фотосинтезу
- нерозчинний у воді
- головний резервний вуглевод вищих рослин;
- накопичується у насінні та бульбах рослин
- у клітинах рослин знаходиться у вигляді зерен, форма і розмір яких специфічні для кожного роду рослин

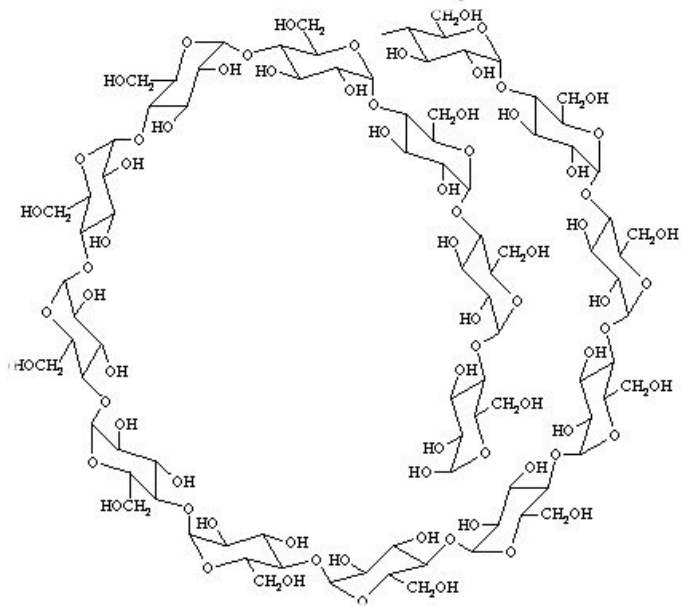
Крохмаль складається з двох компонентів - *амілози* і *амілопектину*.



БУДОВА КРОХМАЛЮ



α -amylose



Амілоза складається із залишків **α -глюкози**, з'єднаних глікозидним зв'язком (у стані 1,4) в нерозгалужений ланцюг. Утворює спіраль, кожний виток якої має 6 залишків.

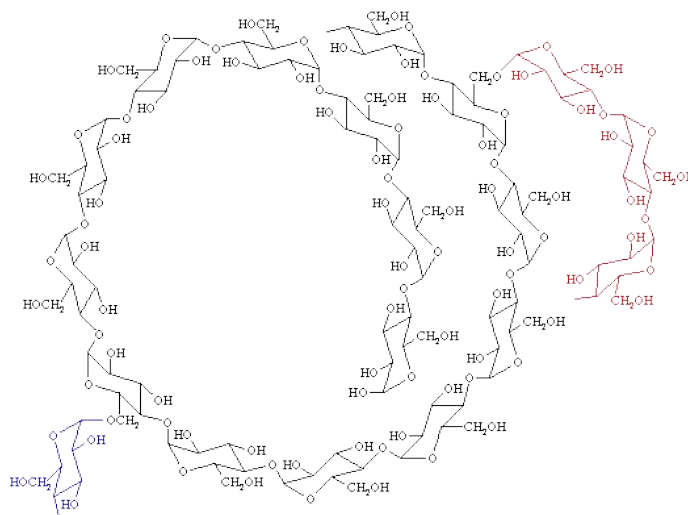
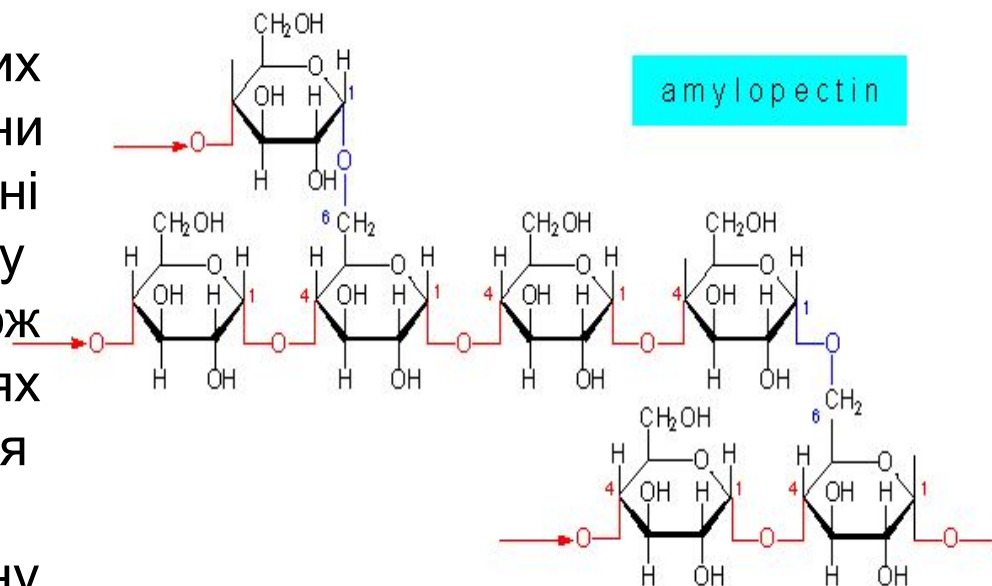
Молекулярна маса амілози – 100000-1000000.

Амілоза розчиняється у гарячій воді.

Амілоза дає з йодом синє забарвлення.

БУДОВА КРОХМАЛЮ

- **Амілопектин** складається з тих же залишків **α -глюкози**, але вони утворюють дуже розгалужені ланцюги. Залишки глюкози у ланцюгу амілопектину також з'єднані у стані 1,4, але у місцях розгалуження спостерігається інший тип зв'язку -1,6.
- Молекулярна маса амілопектину -50000-1000000.
- Амілопектин утворює у гарячій воді клейстер.
- Амілопектин за дії йоду забарвлюється в червоно-фіолетовий колір.



ХІМІЧНИЙ СКЛАД ПРОДУКТІВ ПОМОЛУ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ

Продукт помолу	Вміст крохмалю, % на суху речовину
Борошно вищого сорту	69,4
Борошно 1 сорту	68,5
Борошно 2 сорту	62,7
Борошно 3 сорту	55,7
Висівки	22,0
Зародки (пластівці)	22,6

СПІВВІДНОШЕННЯ АМІЛОЗИ Й АМІЛОПЕКТИНУ В РІЗНИХ КРОХМАЛЯХ

Крохмаль	Вміст, %	
	амілози	амілопектину
Картопляний	19-22	78-81
Пшеничний	24	76
Кукурудзяний	21-23	77-79
Рисовий	17	83
Яблучний	100	0

ІНУЛІНОПОДІБНІ ФРУКТОЗАНИ



- Складаються із залишків β -фруктози, зв'язаних (β 2-1)-зв'язками
- Розчинні у воді
- Містяться у вакуолі
- Відкладаються у кореневищах, бульбах рослин родини айстрових, дзвоникових (*топінамбур, цикорій, артишоки, кульбаба, жоржсини*)

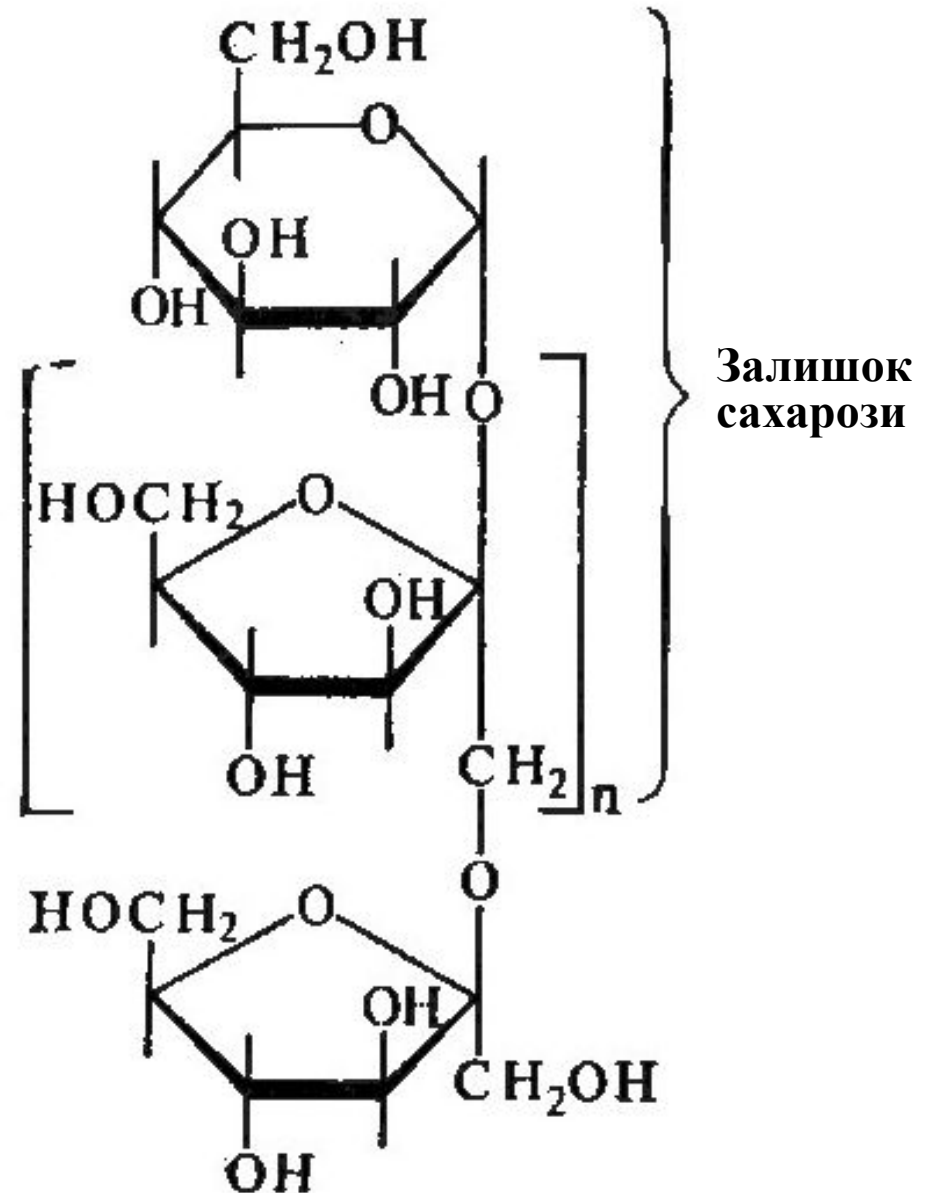


ІНУЛІН

Молекулярна маса інуліну – **5000**

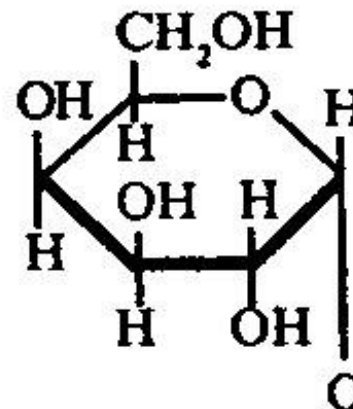
У інуліноподібних фруктозанів залишки фруктози зв'язані (β 2-1)-зв'язками

n = 30-35 залишків фруктози

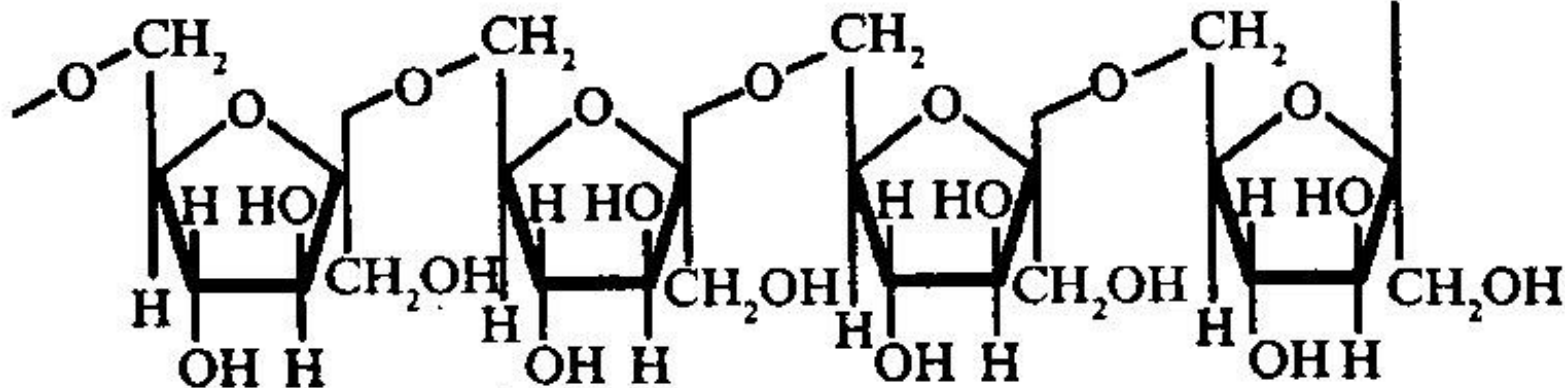


ЛЕВАНОПОДІБНІ ФРУКТОЗАНИ

Левани містять менше залишків фруктози, ніж інулін (від **7-8** до **13-24**). У леваноподібних фруктозанів залишки фруктози зв'язані (**β 2-6**)-зв'язками.



фрагмент молекули левану



У **злаків** (жито) та **лілійних** (еволюційно найстаріші форми) **роль транспортних вуглеводів відіграють левулезани**

ЛЕВАНОПОДІБНІ ФРУКТОЗАНИ

Тимофіївка



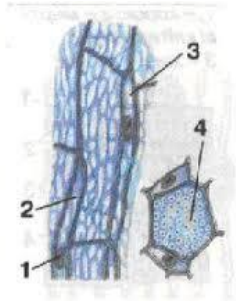
Конюшина



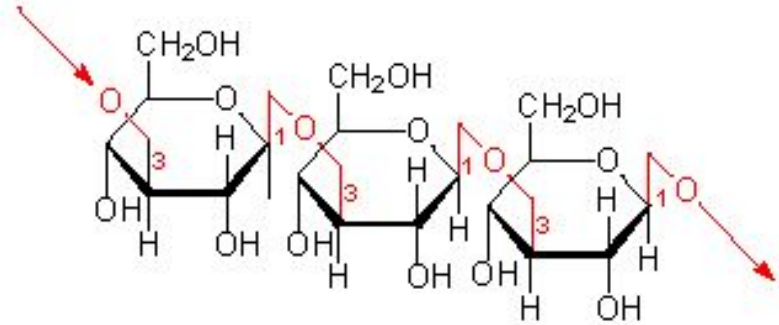
Трави, що відрізняються високим вмістом фруктозанів, є найкращим матеріалом для силосування, завдяки чому складаються умови для розвитку молочнокислого бродіння вуглеводних компонентів рослин.

Силосування – консервування зеленої маси для харчування тварин.

калоза



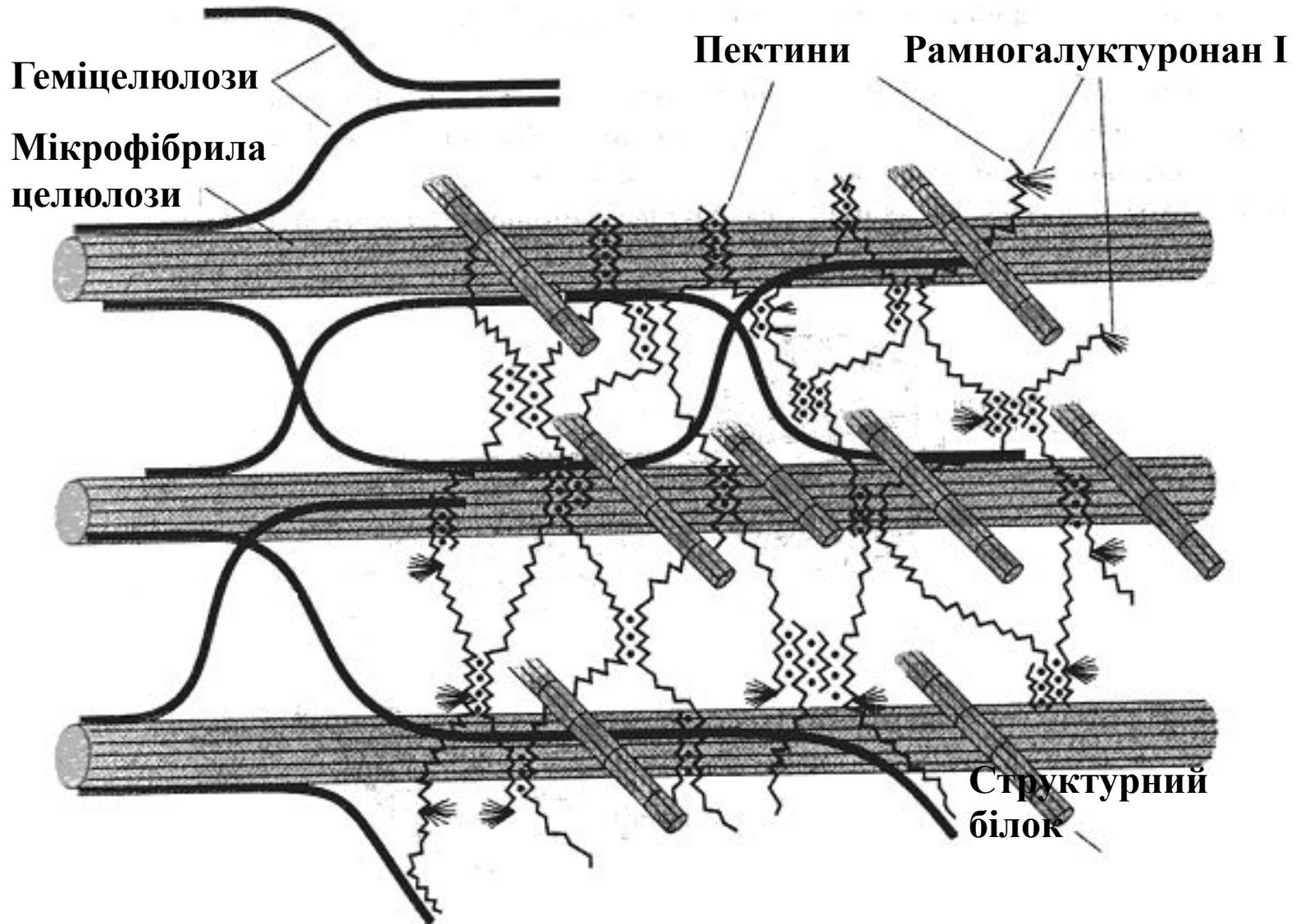
Callose



- Складається із залишків **β -глюкози**, зв'язаних (**β 1-3**)-зв'язками
- Міститься в ситоподібних трубках
- Закупорює провідні елементи
- Відкладається в насінних оболонках і пилкових зернах
- Ізолює і унеможлиблює проростання несумісного пилка
- Виконує захисну і ізолюючу функцію в ушкоджених тканинах



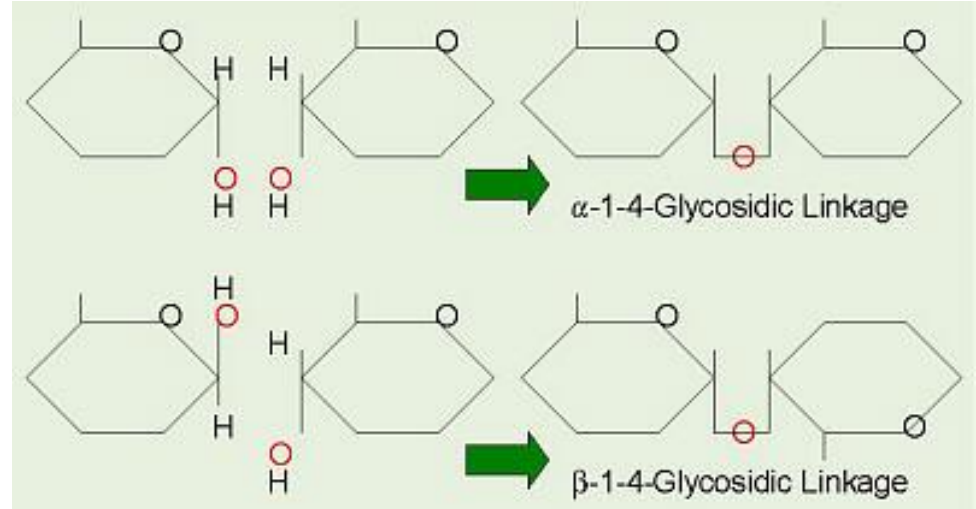
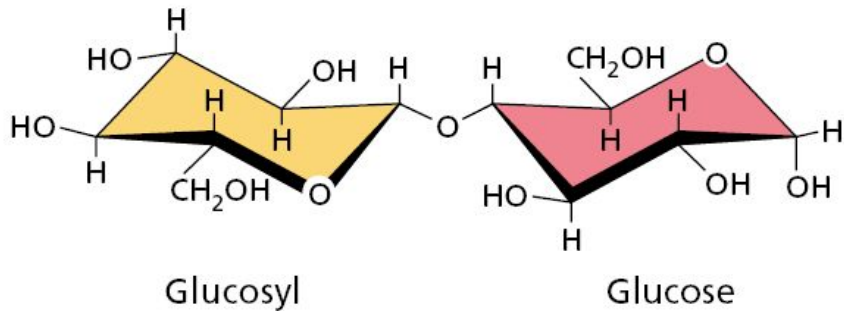
СТРУКТУРНІ ПОЛІСАХАРИДИ



Основні структурні елементи клітинної оболонки рослин

Структурні полісахариди – целюлоза

(E) Cellobiose



- Целюлоза найпоширеніша органічна макромолекула на Землі.
- Целюлоза стійка до дії високих температур (не розкладається навіть при 200 C).
- Стійка до дії ферментів і хімічних реагентів.
- Нерозчинна у воді, спирті, ефірі, кислотах і лугах.

Основний структурний компонент оболонки, представлена довгими нерозгалуженими полімерними молекулами, що складаються з 1000-11000 залишків ***b*-D глюкози**, сполучених між собою **глікозидними** зв'язками. Наявність глікозидних зв'язків забезпечує можливість утворення поперечних сшивок.

Структура целюлозних волокон

- Молекули целюлози об'єднуються в елементарне волокно або **міцелу**.
- Кожна міцела складається з 60-100 паралельно розташованих ланцюгів целюлози.
- Міцели сотнями групуються і утворюють **мікрофібрили** діаметром 10-25 нм.
- Целюлоза володіє кристалічними властивостями завдяки впорядкованому розташуванню міцел в мікрофібрилах.
- Мікрофібрили і об'єднуються в **макрофібрили**. Макрофібрили мають товщину близько 0,5 мкм і можуть досягати в довжину 4 мкм. Їхня міцність така ж як сталевого дроту відповідної товщини.

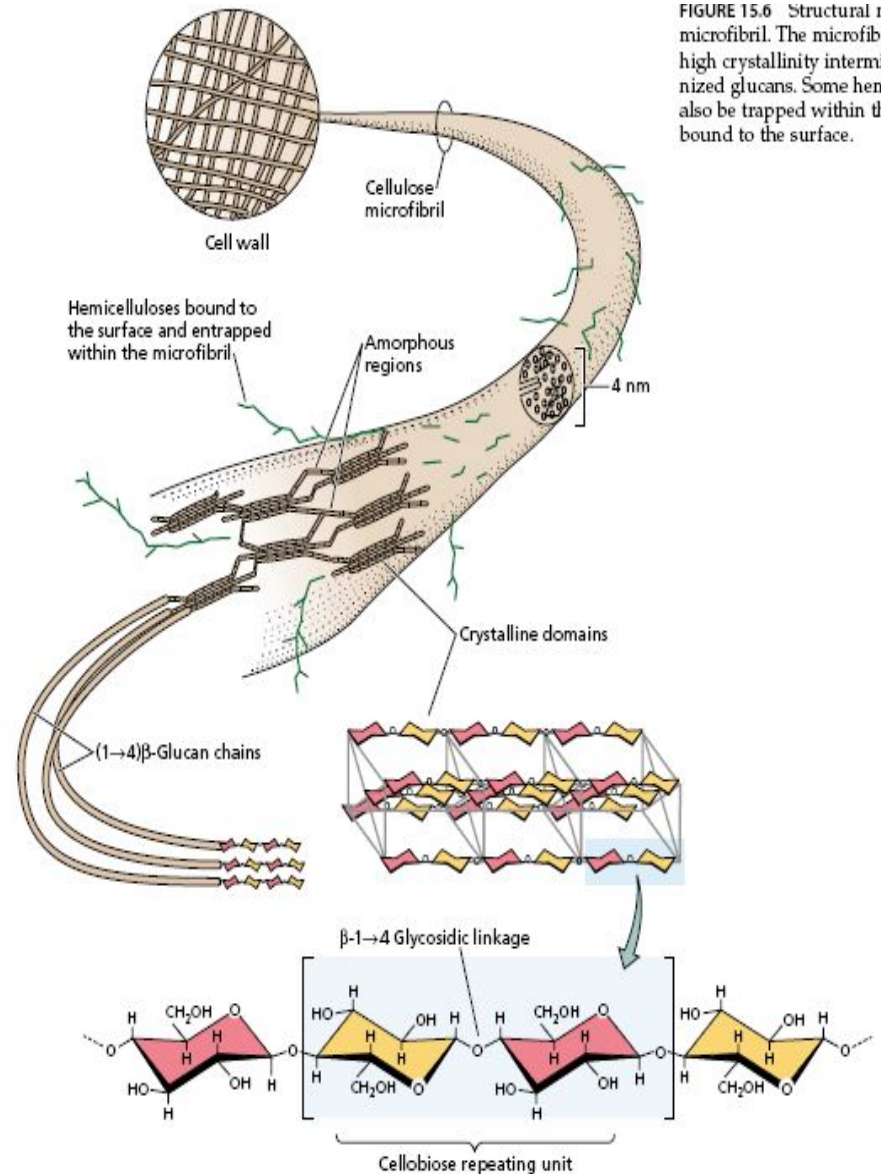
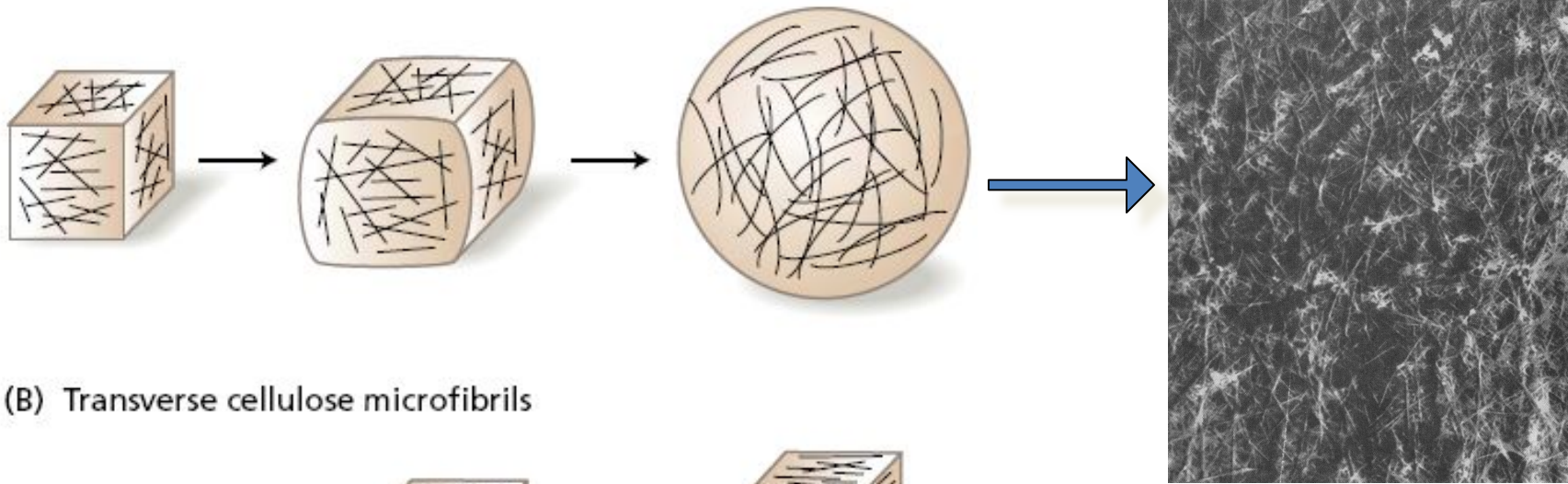
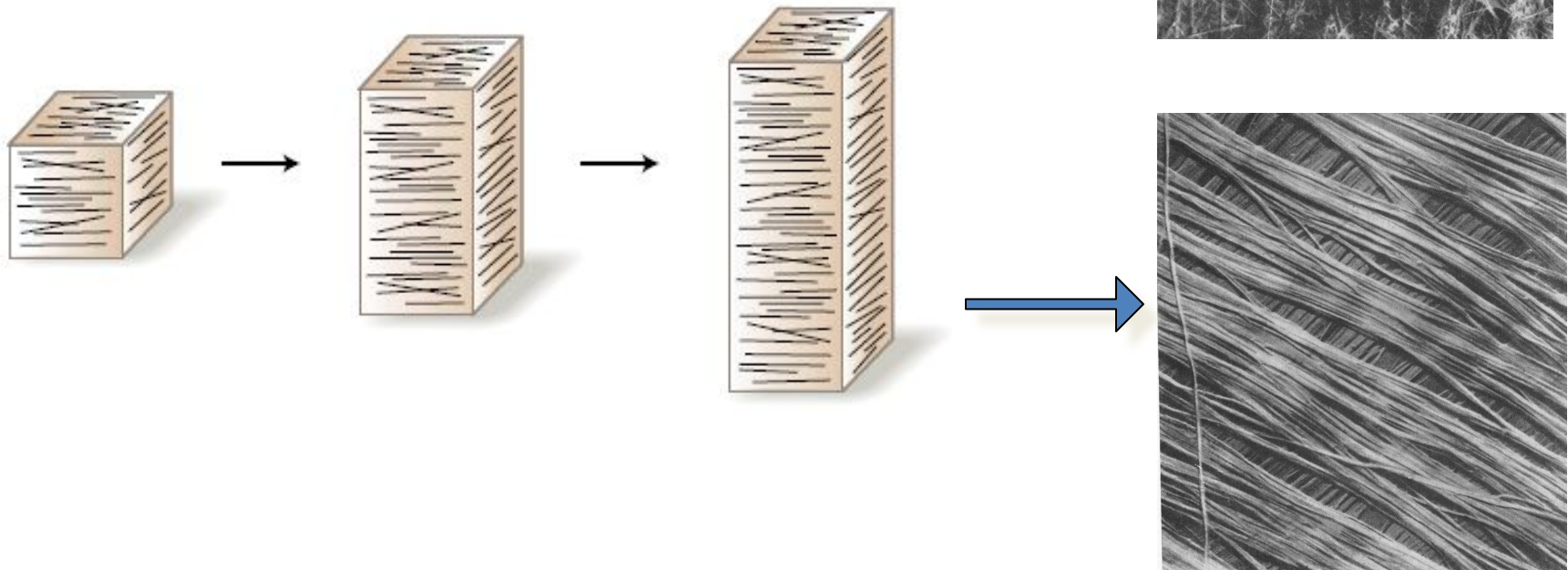


FIGURE 15.6 Structural microfibril. The microfibril has high crystallinity interspersed with amorphous regions. Some hemicelluloses are also trapped within the microfibril.

(A) Randomly oriented cellulose microfibrils



(B) Transverse cellulose microfibrils



Хаотичне (первинна клітинна оболонка) та паралельне (вторинна оболонка) розташування мікрофібрил целюлози у *Valonia* (x 12000)

Матрикс

Матрикс є наповнювачем клітинної стінки. До складу матриксу входять полісахариди: **геміцелюлози** і **пектинові речовини**. На долю геміцелюлоз припадає близько 30-40 % маси сухої речовини клітинних стінок.

Геміцелюлози складаються із залишків **гексоз** або **пентоз**, зв'язаних кисневими містками. Геміцелюлози складаються з 150-300 молекул мономерів. Вони значно коротші. Саме тому геміцелюлози нерідко називають напівклітковиною.

Основними **гексозами** геміцелюлоз є **D-глюкоза** і **D-галактоза**;
пентозами - **L-ксилоза** і **L-арабіноза**.

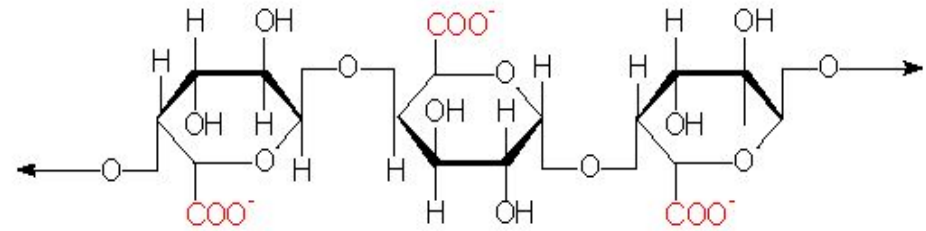
Геміцелюлози менш хімічно стійкі, ніж целюлоза: вони розчиняються в слабких лугах без нагрівання; гідролізуються з утворенням цукрів в слабких розчинах кислот

Роль геміцелюлоз в організмі рослин:

- **механічна роль**. Беруть участь в утворенні клітинних стінок, механічною функцією зазвичай володіють **пентози**.
- **запасаюча роль**. Функцію запасаючого матеріалу відіграють переважно **гексози**; які відкладаються в насінні багатьох рослин, особливо у однодольних, наприклад, в клітинних стінках ендосперму багатьох пальм (зокрема фінікової пальми).

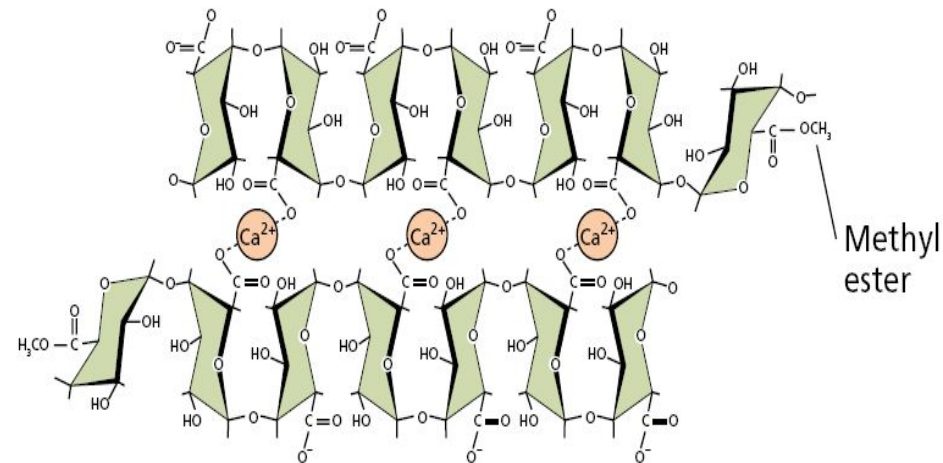
Пектинові речовини

- **Пектинові речовини** – похідні вуглеводів, що складаються з залишків **D-галактуранової кислоти**, сполучених а -1,4-зв'язками, які з'єднані в ланцюги полігалактуранових кислот.
- Високомолекулярні полігалактуранові кислоти називають **пектиновими кислотами**, а їх солі – **пектатами**.
- Характерна особливість: пектинові речовини сильно набухають у воді, а деякі навіть в ній розчиняються. Вони легко руйнуються під дією лугів і кислот.
- Всі клітинні стінки на ранній стадії розвитку майже повністю складаються з пектинових речовин.
- Міжклітинна речовина серединної пластинки цементує оболонки суміжних стінок і складається зазвичай з пектинових речовин, головним чином з **пектату кальцію**.



pectic acid (α - 1 , 4 - galacturonic acid)

Ionic bonding of pectin network by calcium



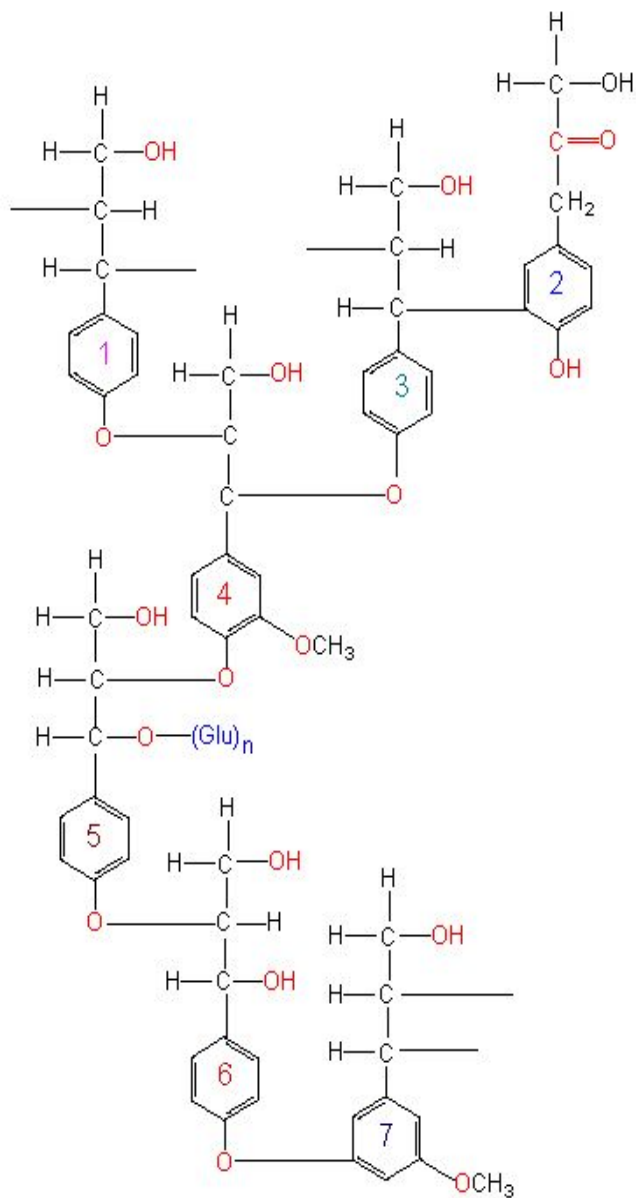
ЛІГНІН

За хімічною природою лігнін – тривимірний полімер фенольної природи.

При окисненні нітробензолом в лужному середовищі лігнін розщеплюється з утворенням *ароматичних альдегідів*:

ваніліну, бузкового альдегіду та *n*-оксибензальдегіду.

Кількість цих компонентів у різних рослин різна: у хвойних переважає ванілін, у листяних – бузковий альдегід, у злакових – *n*-оксибензальдегід за відсутності бузкового альдегіду.





Лігнін міститься в здерев'янілих рослинних тканинах поряд з целюлозою та геміцелюлозами. Він має вигляд **аморфної речовини**, лише **5-10%** якої розчиняється в органічних розчинниках (етиловий спирт, ацетон).

Він **інкрустує целюлозні фібрили** і тим самим бере участь в створенні опорних елементів рослинної тканини.

Розташований лігнін між мікрофібрилами целюлози і протидіє їх стискуванню.

СЛИЗИ і КАМЕДІ



- При ослизненні клітинних стінок відкладаються **слизи** і **камеді**. Ті та інші є високомолекулярними вуглеводами, що складаються переважно з пентоз і їх похідних. Вони нерозчинні в спирті, ефірі, а у воді сильно набухають.
- **Камеді** клейкі і можуть витягуватися в нитки, **слизи** ж сильно розпливаються і в нитки не витягаються.
- Ослизнення притаманне багатьом водоростям,
насінню багатьох рослин (айва, кавун, огірки...)

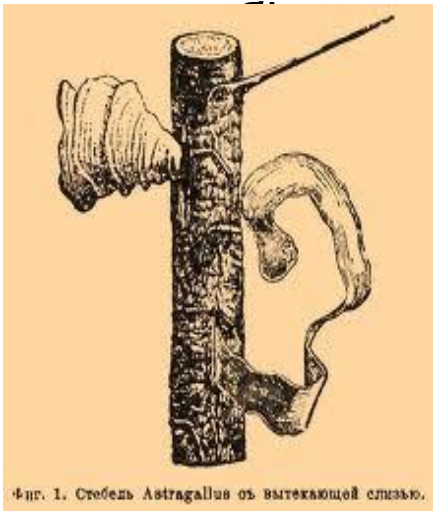


- Ослизнені зовнішні шари клітин насінневої шкірки краще стикуються з ґрунтом. Слиз, завдяки клейкості, закріплює насіння на вологому місці і, поглинаючи воду з ґрунту, покращує водний режим проростка, передаючи йому воду і захищає від висихання.

- При патологічному ослизненні – **гумозі** на камедь перетворюються і стінки, і вміст клітин; процес цей захоплює великі ділянки тканин. Гумоз часто спостерігається у вишні багатьох акацій і астрагалів при природному або штучному пошкодженні рослини, коли з ранки витікає слиз.



Підсихаючи слиз утворює камедь, затуляє ранку, запобігаючи попаданню бактерій і грибів .

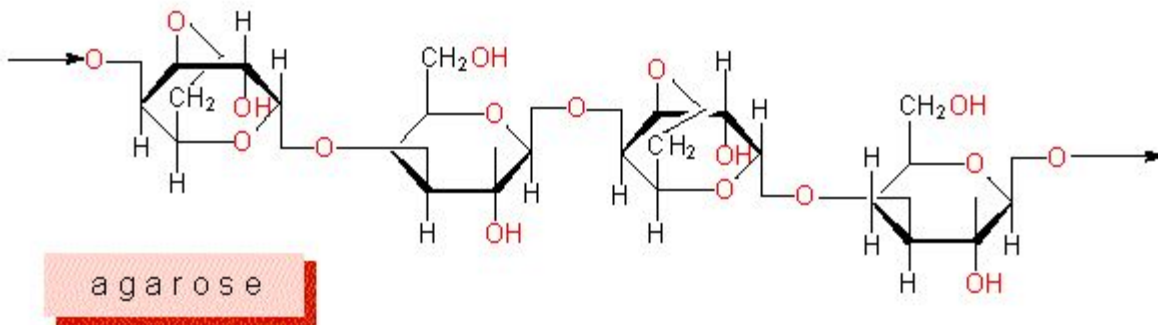
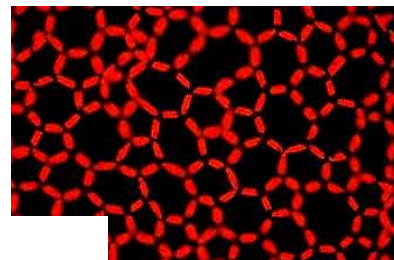


Слиз може використовуватися як запасна поживна речовина.

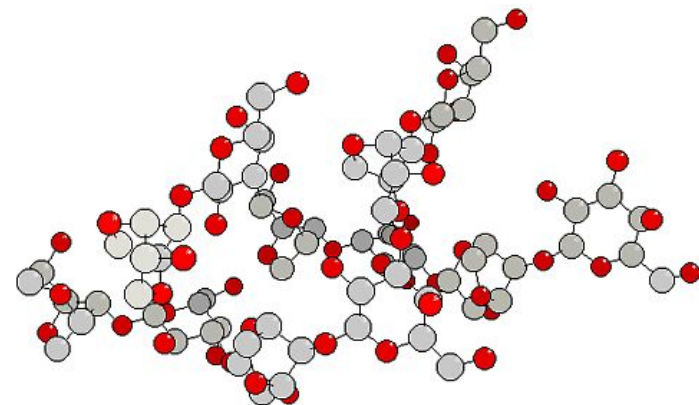
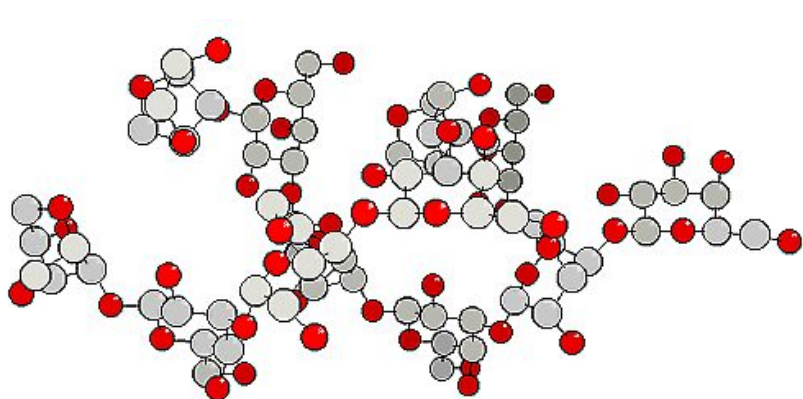
Фиг. 1. Стебель Astragalus с вытекающей слизью.



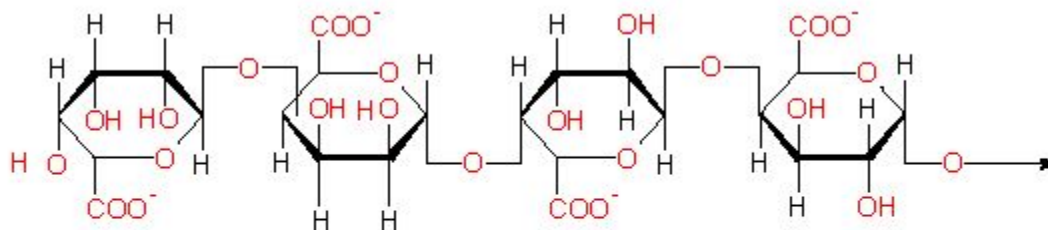
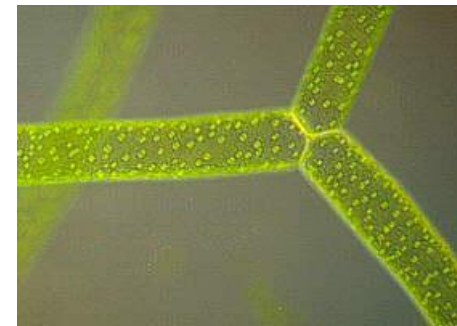
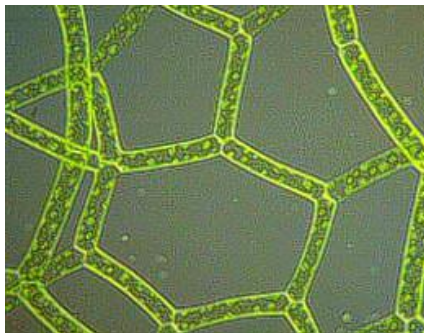
Агароза



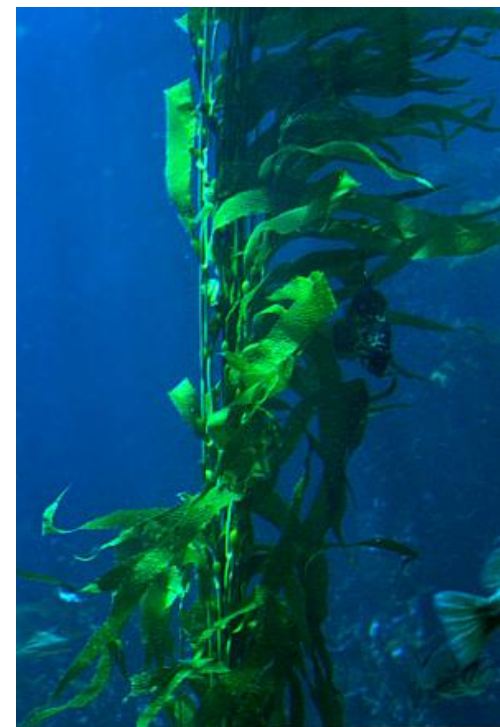
- Міститься в червоних водоростях
- Виготовлення желе, пастили, мармеладу, джемів
- Запобігає швидкому черствінню хліба
- Приготування твердих живильних середовищ



Альгінова кислота



alginic acid



- міститься в бурих водоростях
- Стабілізатори емульсій
- Виготовлення морозива, лаків, фарб