



## ЛЕКЦІЯ 6

### ТЕМА: Білки та вуглеводи

#### План:

1. Білки та пептиди
2. Класифікація білків за функціями
3. Характеристика деяких представників білків та пептидів
4. Вуглеводи. Моносахариди
5. Похідні моносахаридів
6. Олігосахариди
7. Полісахариди

#### 1. Білки та пептиди

**Пептиди і білки** - речовини, які утворені α-амінокислотами, пов'язаними між собою пептидними зв'язками  $-C(O)-NH-$ . Умовно вважають, що в пептидах міститься до 100 амінокислотних залишків, а в білках - більше. Це відповідає молекулярній масі пептидів до 10 тис., а білків - від десятків тисяч до 1 мільйона і вище. Пептиди, які містять від 2 до 10 амінокислотних залишків, називають **олігопептиди**, понад 10 - **поліпептиди**. Олігопептиди за своїми властивостями подібні до амінокислот, а поліпептиди - до білків.

У живих організмах пептиди можуть знаходитися у вільному стані, наприклад, глутатіон, карнозін. Багато з них мають специфічну біологічну активність. Серед пептидів є гормони, антибіотики, вітаміни, токсини, інгібітори та активатори ферментів та їх похідні.

**Білки** є основою структури організму і беруть участь в його функціонуванні. Білки входять в складні клітинні структури.

За хімічною будовою білки класифікують на **прості і складні**. Прості білки - протеїни (альбуміни, глобуліни; гістони, глутеліни, проламіни, протеноїди), складаються тільки з амінокислот. Складні, крім білкової частини, містять небілковий компонент, так звану простетичну групу. Складні білки включають такі типи: глікопротеїни, що містять вуглеводи, ліпопротеїди, що містять ліпіди, хромопротеїни, що містять пігменти, фосфопротеїди, що містять фосфорну

## ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ



кислоту, нуклеопротеїни, що містять нуклеїнові кислоти, металопротеїни, що містять метали.

### 2. Класифікація білків за функціями

За біологічними функціями в рослинах і тваринах білки поділяють на:

- ✓ **ферменти** – високоспецифічні каталізатори біохімічних реакцій;
- ✓ **структурні білки** – основа кісткової та сполучної тканини, вовни тощо (наприклад, колаген);
- ✓ **регуляторні білки** – ті, що контролюють біосинтез білків і нуклеїнових кислот, а також гормони;
- ✓ **рецепторні білки** – розташовані на зовнішній поверхні плазматичних мембран і приймають інформацію про стан навколишнього середовища;
- ✓ **транспортні**, або білки-переносники – беруть участь в активному транспортуванні іонів, ліпідів, сахарів та амінокислот крізь біологічні мембрани; також транспортні функції виконують гемоглобін та міоглобін, які переносять кисень;
- ✓ **біоенергетичні** – перетворюють і утилізують енергію з продуктів харчування та сонячного випромінювання (наприклад, родопсин, цитохроми);
- ✓ **харчові та запасні** – відіграють важливу роль у розвитку та функціонуванні організму;
- ✓ **захисні** – виконують захисні функції у вищих організмах: імуноглобуліни відповідають за імунітет, білки комплементу відповідають за лізис чужорідних клітин і активізацію імунологічних функцій, білки системи зсідання крові (тромбін, фібрин), противірусні (інтерферон).

### 3. Характеристика деяких представників білків та пептидів

Застосування в медицині і фармації знаходять ферменти, лектини, токсини пептидної і білкової природи.

**Ферменти, або ензими** - біологічні каталізатори білкової природи, які присутні у всіх живих клітинах. Вони беруть



## ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

участь в біохімічних перетвореннях в організмі, направляючи і регулюючи обмін речовин.

Ферменти класифікують за типами реакцій, які вони каталізують:

- ✓ **оксидоредуктази** каталізують окислювально-відновні реакції й переносять електрони;
- ✓ **трансферази** каталізують реакції перенесення різних функціональних груп від субстрата-донора до субстрата-акцептора;
- ✓ **гідролази** каталізують розщеплення внутрішньомолекулярних зв'язків у субстратах з приєднанням води;
- ✓ **ліази** каталізують розщеплення зв'язків, у тому числі подвійних, без приєднання води;
- ✓ **ізомерази** каталізують реакції ізомеризації;
- ✓ **лігази** (синтетази) каталізують біосинтетичні процеси з'єднання молекул з використанням енергії АТФ.

Прикладом простих ферментів є гідролітичні ферменти, зокрема пепсин, трипсин, папаїн, уреаза, лізоцим та ін. Більшість ензимів відноситься до класу складних білків, що містять і небілковий компонент (кофактор). Лікування захворювань ферментами здійснюється шляхом замісної терапії або при безпосередньому впливі ферментів на патологічний процес.

**Лектини** – протеїни або глікопротеїни, що здатні зв'язувати цукри й забезпечувати таким чином можливість аглютинувати клітини й преципітувати глікокон'югати. Лектини містять як мінімум дві ділянки, які реагують з вільними моно- й олігосахаридами, а також із залишками цукрів у складі полісахаридів, глікопротеїнів, гліколіпідів. У найпростішій формі взаємодія лектинів з вуглеводами проявляється у вигляді реакції аглютинації часток і клітин, наприклад, еритроцитів або преципітації полісахаридів і глікопротеїнів.

Лектини, завдяки їх специфічній взаємодії з вуглеводами, використовують як реагенти:

- ✓ у дослідженні структури та функцій клітинних мембран як у нормальних, так і в патологічних умовах (наприклад, злоякісно трансформовані клітини);

## ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ



- ✓ при дослідженні впливу взаємодії лектину з мембраною клітини на клітинний метаболізм, включаючи мітогенну та антимітогенну дію лектинів на Т- і В-лімфоцити;
- ✓ для швидкого визначення груп крові;
- ✓ для очищення глікопротеїнів у рамках афінної хроматографії на іммобілізованих лектинах;
- ✓ для ідентифікації бактерій та вірусів.

Крім того, встановлено протипухлинну активність деяких токсичних лектинів, здатних блокувати синтез білка, у першу чергу в пухлинних клітинах, які більш чутливі до їхньої дії, ніж нормальні. До таких рослинних лектинів належать рицин, лектини білої поганки, омели та ін.

Використання лектинів для діагностики на живих об'єктах, а також як лікарських засобів обмежується у зв'язку з їх високою токсичністю, кумуляцією в організмі, невеликою терапевтичною широтою, а також складністю визначення концентрації цих речовин у крові.

**Глутатіон** — один з найпоширеніших представників трипептидів, міститься в рослинах, бактеріях, у тварин.

Його внутрішньоклітинна концентрація становить 0,5–10 мм, що значно перевищує концентрацію цистеїну. Наявність SH-групи зумовлює можливість існування глутатіону у відновленій і окисненій формах. Його біологічна функція полягає у захисті SH-груп ферментів та інших білків від окислення. Глутатіон відновлює  $H_2O_2$  та інші пероксиди, зв'язує вільні радикали, здійснює перенесення амінокислот крізь клітинні мембрани; він є кофактором ряду ферментів.

**Пептиди грибів.** З грибів роду мухомор (*Amanita*) виділені отруйні поліпептиди; вони відносяться до фітотоксинів і будуть розглянуті нижче. Пептидний фрагмент містять декілька алкалоїдів маткових ріжків. Циклоспорин А — пептид, побудований з дев'яти амінокислот, виділений з грибів родів *Tolypocladium* і *Cylindrocarpon*. Імуносупресивні властивості циклоспорину А використовуються при пересадженні органів. На відміну від інших імуносупресантів він нетоксичний для клітин кісткового мозку і лімфоцитів.

Деякі пептиди мають антибактеріальну активність і використовуються як лікарські засоби.

## ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ



**Спіруліна** (*Spirulina* Turn.) рід багатоклітинних ниткоподібних організмів з род. Гормогонієві – *Hormogoniophyceae*, відділу ціанобактерій – *Cyanobacteria*.

Спіруліна – природний компонент планктону водоймищ Африки (оз. Чад) і Центральної Америки. У багатьох країнах культивується методом біотехнології як цінне джерело білка, частіше два види – *Spirulina platensis* і *S. maxima*.

Кількість білка в біомасі спіруліни досягає 60–70 %, при харчуванні він засвоюється на 80–90 %. Склад білка характеризується збалансованим і великим вмістом незамінних амінокислот. Крім того, містить вуглеводи (10–20 %), жирні кислоти (5–5,7 %), серед яких  $\gamma$ -ліноленова, пальмітинова та ін.; каротиноїди (0,22–0,34 %), хлорофіл, фікоціанін, поліфосфати; нуклеїнові кислоти.

Біомаса спіруліни багата на вітаміни групи В (В1, В2, В5, В6, В12), РР, Е,  $\beta$ -каротин, фолієву кислоту, інозитол. З важливих мікроелементів присутні йод і залізо.

Спіруліна знайшла широке застосування у вигляді біологічно активної харчової добавки, багатої на білок, вітаміни та мікроелементи.

### 4. Вуглеводи. Моносахариди

**Вуглеводи** – група первинних продуктів фотосинтезу, що складаються з вуглецю, водню й кисню. До них належать альдегіди або кетони багатоатомних спиртів, їхні похідні та продукти конденсації. Вуглеводи у відповідності з розміром молекули, властивістю гідролізуватися з утворенням різної кількості мономерів поділяються на моносахариди, олігосахариди та полісахариди.

**Моносахариди** (монози, цукри). За наявністю альдегідних або кетонних груп поділяються на **альдози** та **кетози**. За кількістю атомів вуглецю поділяються на **тріози, тетрози, пентози, гексози**. Моносахариди зустрічаються у вільному стані або входять до складу олігосахаридів, полісахаридів або змішаних сполук, що містять вуглеводи, наприклад, глікозидів, глюкопротеїнів. Вони беруть участь у вторинному біосинтезі глікозидів, амінокислот, поліфенолів та ін.

Більшість моносахаридів містить прямий ланцюг вуглецевих атомів, але відомі і «розгалужені» сахари, наприклад, у глікозиді апіїні, з коренів і листків петрушки

## ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ



(*Petroselinum sativum*, *Apiaceae*); в морських водоростях знайдена апіоза, а у складі антибіотика стрептоміцина – стрептоза.

У рослинах моносахариди містяться у вільному стані та у вигляді високомолекулярних полісахаридів – пентозанів і гексозанів. Найважливіші представники пентоз – D-ксилоза, L-арабіноза, D-арабіноза і D-рибоза, метилпентоз – L-рамноза, L-фукоза.

**D-Ксилоза** (деревний сахар) є складовою частиною поширеного дисахариду примверози, бере участь у синтезі полісахаридів (ксиланів), камедей, пектинів і геміцелюлоз.

**L-Арабіноза** входить до складу природних камедей, глікозидів (арабінозиди) і полісахаридів (арабани, слизи).

**D-Арабіноза** в природі зустрічається рідко.

**D-Рибоза** бере участь у синтезі нуклеїнових кислот і вітаміну B12.

Метилпентози можна розглядати як 6-дезоксигексози.

**L-Рамноза** входить до складу глікозидів, полісахаридів.

**L-Фукоза** утворює олігосахариди молока, рослинні і тваринні полісахариди.

Медичне застосування у вигляді допоміжних речовин або самостійних лікарських засобів мають гексози — глюкоза та фруктоза.

**D-Глюкоза** (декстроза, виноградний цукор),  $C_6H_{12}O_6$  – вуглевод групи моносахаридів, що відноситься до альдоз. У вільному стані міститься у цитоплазмі клітин рослин та крові тварин; у зв'язаному – є складовою частиною сахарози, крохмалю, клітковини, глікогену, декстринів, багатьох глікозидів; головне джерело енергії для більшості організмів.

**D-Фруктоза** (левульоза, фруктовий сахар, плодовий сахар) – вуглевод з групи моносахаридів, що належить до кетогексоз. Фруктоза – найсолодший сахар; вона в 2,5–3 рази солодша за глюкозу і в 1,5 рази солодша за сахарозу. Міститься разом з глюкозою у фруктах, нектарі квітів, зелених частинах рослин, є основною складовою бджолиного меду.

Фруктоза у вигляді **D-фруктофуранози** є складовою частиною дисахаридів сахарози і рафінози, а також багатьох полісахаридів, що отримали назву **фруктанів**. Найвідоміший фруктан – інулін.

Фруктоза бере участь у вуглеводневому обміні; може перетворюватися на глюкозу. Вона краще, ніж глюкоза,

## ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ



засвоюється хворими на цукровий діабет, тому її застосовують як замітник цукру у лікувальному харчуванні. Фруктоза становить більш як третину складу меду.

Мед – солодкий продукт, який виробляється у слинних залозах бджіл медоносних (*Apis mellifera*, родина апіди — *Apidae*) з нектару квіток або паді.

### 5. Похідні моносахаридів

**Уронові кислоти.** Дуже поширені продукти обміну речовин. З природних джерел виділено вісім уронових кислот. Найпоширеніша з них D-галактуронова кислота бере участь у будові пектинових речовин. D-Мануронова і L-гулууронова кислоти містяться в полісахаридах водоростей (альгинова кислота). До складу глікозидів, ксиланів, камедей, а також крові і сечі входить D-глюкуронова кислота. Токсичні речовини знешкоджуються в організмі і виводяться у вигляді глюкуронидів.

#### **Багатоатомні спирти**

**D-Сорбіт** (D-глюцит) у вигляді 20 % розчинів використовується як субстрат для енергозабезпечення хворих. Його отримують гідруванням глюкози. До 7 % сорбітолу накопичується в плодах горобини *Sorbus aucuparia*, значна кількість – у плодах глоду *Crataegus oxyacantha* та інших плодах рослин з родини *Rosaceae*.

**D-Маніт** (манітол) отримують відновленням глюкози. В природі зустрічається у так званій манні – застиглому ексудаті ясена та платана (30–50 та 80–90 % відповідно), в грибах, водоростях, плодах і овочах (ананас, морква, цибуля, маслина). Маніт діє як діуретик. Його включають до лікарських та косметичних засобів.

#### **Аміносахариди**

**D-Глюкозамін** (2-аміно-2-дезоксиглюкоза, хітозамін) – найпоширеніший в природі аміносахар, є структурним елементом глюкопротеїнів, гіалууронової кислоти, гепарину, гангліозидів, деяких олігозидів молока і полісахаридів бактерій. N-метил-L-глюкозамін виступає як структурна одиниця хітину, гідролізом якого отримують глюкозамін. Хітин — це природний полісахарид, з якого побудований скелет членистоногих та оболонки клітин деяких грибів. У природі перебуває у сполучі з



## ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

білками. Речовини, які містять глюкозамін, знайдені й у вищих рослинах. Крім нього, у природі зустрічається галактозамін.

### **Дезоксисахариди**

До цих сполук належать моносахариди, у яких одна або декілька гідроксильних груп заміщені атомами водню. Існують монодезокси, дидезокси- і тридезоксисахариди. Вони поширені в природі, входять до складу оліго- та полісахаридів. Найважливіший представник цієї групи 2-дезокси-D-рибоза, яка бере участь у побудові ДНК. Дезоксисахара – складова частина серцевих глікозидів, антибіотиків, ліпополісахаридів. Характерною властивістю 2-дезоксисахаридів є легке утворення O-глікозидів, гідроліз яких іде у 100 разів швидше, ніж звичайних глікозидів.

**Циклітоли (цикліти).** До цієї групи похідних моносахаридів належать гексагідроксициклогексани (інозити, інозитоли) з брутто-формулою  $C_6H_{12}O_6$  та деякі їх похідні. Застосування у фармації знаходить циклітол інозитол. Він має 8 ізомерних форм, і всі вони знайдені у природі. В рослинах поширений міоінозитол, який ще називають мезоінозитол, або просто інозит.

## 6. Олігосахариди

**Олігосахариди** (олігозиди) – полімерні низькомолекулярні вуглеводи. Залежно від числа залишків моносахаридів, що входять до складу молекули, розрізняють **біози, триози, тетрози, пентози, гексози, гептози, октози, нонози та декози**. Сполуки, що містять більше 10 моносахаридів, відносять до полісахаридів. Олігосахариди, переважно у вигляді ди- й трисахаридів, дуже поширені у вільному стані та у вигляді структурних компонентів складних білків, мукополісахаридів, гліколіпідів, глікозидів та інших речовин мікроорганізмів, рослин, тварин, які мають велике біологічне значення. Властивості олігосахаридів залежать від властивостей моносахаридів, що входять до їх складу. Більшість олігосахаридів є джерелом енергії. Деякі з них одержують у великих кількостях, наприклад, сахарозу – з цукрових буряків, цукрової тростини, лактозу – з молока тощо.

**Сахароза** (буряковий цукор, тростинний цукор, 4-O- $\alpha$ -D-глюкопіранозил- $\beta$ -D-фруктофуранозид),  $C_{12}H_{22}O_{11}$  – вуглевод групи дисахаридів, найпоширеніший цукор рослинного



## ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

походження. Сахароза утворюється в листках рослин внаслідок фотосинтезу з D-глюкопіранози і D-фруктофуранози. Найбагатші на сахарозу корені цукрових буряків (до 24 %) та стебла цукрової тростини (до 20%).

Сахароза добре засвоюється організмом, є цінним харчовим продуктом. Для виготовлення ліків використовують цукровий сироп як коригуючий засіб та цукрову пудру — при виготовленні таблеток.

**Мальтоза** (солодовий цукор, 4-O- $\alpha$ -D-глюкопіранозил- $\alpha$ -D-глюкопіраноза). Залишки глюкози з'єднані по місцю 1  $\rightarrow$  4 вуглецевих атомів. Альдегідна група другого залишку залишається вільною, тому мальтоза вступає у всі реакції, властиві відновлюючим моносахаридам. Мальтозу виробляють гідролізом крохмалю у вигляді патоки (меяси), яка використовується в харчовій промисловості та для технічних потреб.

**Целобіоза** (4-O- $\beta$ -D-глюкопіранозил- $\alpha$ -D-глюкопіраноза) відрізняється від мальтози  $\beta$ -глікозидним зв'язком між молекулами глюкози. Отримують її з целюлози.

Відомі інші гомодисахариди, які побудовані з залишків D-глюкози, але з різним типом зв'язку, наприклад, софороза (1  $\rightarrow$  2), генціобіоза (1  $\rightarrow$  6). Вони часто містяться у складі флавоноїдних глікозидів.

**Рутиноза** (6-O- $\alpha$ -L-рамнопіранозил-D-глюкопіраноза) — дисахарид, який утворює сахарну частину відомого і поширеного в рослинах флавонола рутину.

**Примвероза** (6-O- $\beta$ -D-ксилопіранозил-D-глюкопіраноза) — дисахарид, який виділений з продуктів гідролізу багатьох фенольних глікозидів (примверозид, примулаверозид, монотропитозид та ін.).

### 7. Полісахариди

**Полісахариди** – природні полімерні високомолекулярні вуглеводи, побудовані з моносахаридів, що з'єднані глікозидними зв'язками й утворюють лінійні або розгалужені ланцюги. Полісахариди поділяють на **гомополісахариди** (побудовані з цукрів одного виду) та **гетерополісахариди** (до складу яких входять залишки різних моносахаридів, від двох до шести). Гідроксил цукру може приєднувати метильний радикал, аміногрупу, окислюватися до карбоксилу (уронові

## ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ



кислоти), утворювати ефіри з сірчаною кислотою, з ліпідами, білками. Полісахариди в рослинах або виконують опірну функцію, або є енергетичним резервом, а ті, що набухають, – резервуар води.

Деякі полісахариди нерозчинні у воді, інші утворюють гелі більшої чи меншої щільності. Лише невелика частина рослинних вуглеводів перетравлюється в організмі людини та слугує харчовим матеріалом. Полісахариди, що не піддаються достатньо повному розщепленню амілазами травного соку, не всмоктуються в шлунково-кишковому тракті.

Полісахариди входять до складу тканин усіх живих організмів.

За фізіологічною роллю в життєдіяльності рослин полісахариди поділяють на:

- ✓ **метаболіти** – моносахариди та олігосахариди, що беруть участь у біохімічних процесах і є похідними речовинами вторинного синтезу;
- ✓ **запасні речовини** – групи полісахаридів, що виконують резервну функцію (крохмаль, інουλін, деякі галактоманани, пектинові речовини, іноді моно- і олігосахариди);
- ✓ **структурні, або скелетні речовини** – целюлоза, геміцелюлоза та пектин, які є опорним матеріалом клітинних оболонок у вищих рослин; клітинна оболонка грибів побудована з хітину.

Біологічні функції полісахаридів різноманітні:

- ✓ **енергетичний резерв клітин** – крохмаль, глікоген, ламінарин, інουλін, деякі рослинні слизи;
- ✓ **захисна** – капсульні полісахариди мікроорганізмів, гіалуронова кислота і гепарин – в тканинах тварин, камеді – у рослин;
- ✓ **підтримання водного балансу** відбувається завдяки аніонним сполукам (слизи, пектин, полісахариди водоростей), а також вибірковій іонній проникності клітин;
- ✓ **забезпечення специфічних міжклітинних взаємодій та імунологічних реакцій:** складні полісахариди утворюють клітинні поверхні і мембрани; гліколіпіди – найважливіші компоненти мембран нервових клітин і оболонок еритроцитів;

## ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ



вуглеводи клітинної поверхні часто зумовляють взаємодію клітин з вірусами.

**Клітковина (целюлоза).** Клітковина є основним будівельним матеріалом рослин. Вона складається з багатьох димерів глюкози – целобіози, молекули якої з'єднані в нитчасту структуру. Ниті за допомогою водневих зв'язків об'єднуються в міцели, вільний простір заповнений фенольним полімером – лігніном. Клітковина в організмі не перетравлюється ані ферментами соків, ані бактеріями. Її використовують в основному як перев'язувальний матеріал, тому що вона має здатність сорбувати невелику кількість води та набухати. У кишечнику клітковина формує масу з помірними сорбційними властивостями, підтримує моторику й механічно (завдяки об'єму) подразнює рецептори. Клітковина потрапляє в організм в основному з «грубими» овочами – буряком, брюквою, ріпою, редькою, морквою та іншими, які мають займати велике місце в харчовому раціоні хворих на хронічні запори.

**Пектинові речовини.** Пектинові речовини – полісахариди, побудовані в основному з метильованих похідних галактуронової (пектинової) кислоти, невеликої кількості інших моносахарів та їх олігосахарів. У нестиглих фруктах та овочах вони містяться, перш за все у формі нерозчинних протопектинів, а в міру досягання переходять у розчинну форму. Останні можуть сорбувати воду та давати густий гель, що широко використовують у харчовій промисловості. У рослинах вони беруть участь у будівництві клітинних стінок та формують міжклітинну склеювальну речовину – резерв води. Пектинові речовини мають високі сорбційні властивості та в кишечнику можуть накопичувати та утримувати іони важких металів (цинку, свинцю, кобальту, міді, радіонуклідів), холестерину та інших шкідливих речовин основного характеру. У шлунково-кишковому тракті вони не розщеплюються до моносахарів і не всмоктуються. Тому кишечник виводить усі сорбовані пектинами речовини. Завдяки набуханню вони створюють у шлунково-кишковому тракті масу, що підтримує моторику. Найбільшу кількість пектинів містять фрукти та ягоди (яблука, сливи, абрикос, смородина, журавлина та ін.), а також коренеплоди (цукровий буряк, морква та ін.).

Близькі до пектинів речовини містяться у червоно-бурих водоростях, у яких полісахарид побудований з альгінових



## ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

кислот, що складаються з молекул мануронової кислоти, з'єднаних вуглеводними зв'язками, та їх солей. З ламінарії (морської капусти) отримують ламінарид, здатність до набухання та сорбційні властивості якого вищі, ніж у пектинів. З іншої водорості – анельції – отримують агар-агар, у якому ланцюжки полісахариду побудовані з галактопіранози, частково етерифікованої сірчаною кислотою.

**Слизи.** Слизові речовини – група полісахаридів, побудованих з різних гексоз та їх олігосахаридів (від двох до десяти залишків моносахарів, частіше – галактози, манози, глюкози), їх уронових кислот, пентоз (пентозани – частіше з залишків арабінози, ксилози) та їх уронових кислот, а також більш складних полісахаридів з тих же складових та їх похідних. Слизові речовини дуже гідрофільні. Відвари та настої з цих рослин мають обволікаючу та пом'якшувальну дію на слизові оболонки, захищають від подразливого та шкідливого впливу хімічних та фізичних чинників, зменшують інтенсивність запального процесу та больового синдрому. Такий ефект спостерігається при безпосередньому впливі на ушкоджені тканини.

**Камеді** – продукти більш або менш повного переродження клітинних стінок, вмісту клітини або міжклітинної речовини, іноді й цілих ділянок тканин. Причини переродження можуть бути різні: патологічні (викликані пораненням рослини); фізіологічні (у засушливих місцях камеді сприяють нагромадженню і утриманню вологи). Камеді виділяються із природних тріщин або надрізів стовбурів рослин; вони виступають густою масою, яка поступово висихає на повітрі і перетворюється на більш або менш прозорі шматки. До складу камедей входять як гексозани, так і пентозани, а також кальцієві, магнієві і калієві солі поліуронових кислот. Камеді часто утворюють складні суміші з дубильними речовинами (танокамеді), смолами (камеді-смоли), смолами і ефірними оліями (ароматні камеді-смоли).

Хімічний склад камедей неоднорідний, у зв'язку з цим їх ділять на **кислі і нейтральні** камеді:

Кислі камеді: кислотність їх обумовлена глюкуроновою і галактуроновою кислотами або наявністю сульфатних груп (водорості, мохи). Нейтральні камеді складаються з пентозанів і гексозанів.

## ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ



На відміну від смол камеді не розчиняються в спирті, ефірі, хлороформі та інших органічних розчинниках. За розчинністю у воді камеді ділять на арабінові – розчинні у воді (аравійська, абрикосова камеді); басоринові – частково розчинні (та частка, що не розчинилася, набухає, утворюючи желеподібну масу – трагакантова камедь); церазинові – нерозчинні у воді і мало набухають (вишнева камедь).

**Декстрини** – це низькомолекулярні глюкози, що утворюються внаслідок часткового розщеплення крохмалю або глікогену під впливом ферментів (амілаз, фосфорилаз), кислот або нагрівання до 180–200 °С. Вони мають змінний склад. Термоліз і гліколіз призводять до випадкової деполімеризації полісахаридів з утворенням широкого набору сполук. Ендоферменти ( $\alpha$ -амілаза) переважно розщеплюють  $\alpha$ -1  $\rightarrow$  4 зв'язки в крохмалі і глікогені з утворенням крім мальтози і мальтотриози  $\alpha$ -декстрину. Це більш-менш низькомолекулярні лінійні або розгалужені олігосахариди, що містять поряд з  $\alpha$ -1  $\rightarrow$  4 зв'язками один-два зв'язки  $\alpha$ -1  $\rightarrow$  6 між залишками глюкози. Амілаза із *Bacillus macerans* перетворює крохмаль на циклічні олігосахариди з 6, 7 і 8 залишками D-глюкопіранози, з'єднані  $\alpha$ -1  $\rightarrow$  4 зв'язками, що отримали назву відповідно  $\alpha$ ,  $\beta$  і  $\gamma$ -циклодекстринів, або декстрини Шардингера.

Декстрин – білий або жовтуватий порошок, солодкуватий за смаком, розчинний у холодній воді, важкорозчинний у розведеному спирті, нерозчинний в абсолютному алкоголі. Водні розчини відхиляють площину поляризованого світла праворуч, звідки й походить їхня назва (dexter — правий). Декстрини розчиняються у лугах при нагріванні. При цьому вони набувають жовтого забарвлення.

**Амілодекстрини**, продукти початкових стадій гідролізу крохмалю, з йодом стають синіми, а декстрини з середньою молекулярною масою — червоними. Подальший розклад декстрину призводить до появи дисахаридів, головним чином мальтози, а згодом — глюкози. Декстрини утворюються в організмах тварин і рослин під час ферментативного розпаду запасних вуглеводів.

Подібні до декстринів полісахариди синтезуються бактеріями *Leuconostoc mesenteroides* із сахарози. Їх називають **декстрани**. Ці полімери глюкози, що мають молекулярну масу 107–108, побудовані із залишків  $\alpha$ -D-глюкопіранози з 1  $\rightarrow$  6 зв'язками на лінійних ділянках і зв'язками 1  $\rightarrow$  3 або 1  $\rightarrow$  4 —

## ЛІКАРСЬКІ РОСЛИНИ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ



на розгалужених. Частково гідролізовані декстриани з молекулярною масою 40 000–80 000 використовують як кровозамінники, а зшиті декстриани (сефадекси) – як сорбенти для гелі-фільтрації. Суміш глюканів амілози та амілопектину містить крохмаль.

**Крохмаль.** Крохмаль є резервним поживним матеріалом рослин важливим джерелом вуглеводів для людини. На нього багаті картопля, плоди зернових, бобові культури та ін. В основі будь-якого крохмалю лежить глюкоза в пірановій формі (глюкопіраноза), яка завдяки глікозидному зв'язку формує два полісахариди ÷ амілозу (лінійний полімер), що добре розчиняється у теплій воді з утворенням розчинів низької густини, та розгалужені ланцюжки амілопектину. Останній становить близько 80% усієї маси й утворює у воді в'язкі гелі. Крохмалі відкладаються у рослинах у вигляді зернин, дрібних – у рису та гречки, великих – у картоплі.

В кишечнику вони легко гідролізуються за допомогою амілази та панкреатичного соку до глюкози та дисахаридів, які потім розщеплюються дисахаразами кишкових залоз.

У деяких рослинах як резервний вуглевод синтезується не крохмаль, а менший полісахарид – **инулін**, що має молекулярну масу 5000–6000. На відміну від крохмалю, він побудований із залишків фруктози та використовується в промисловості для її отримання. Інулін присутній в коренеплодах топінамбуру, артишоках, коренях кульбаби та деяких інших рослинах.