

TEMA 11. GLUCIDELE

- 11.1. Aspecte generale
- 11.2. Monoglucidele
- 11.3. Oligoglucidele
- 11.4. Poliglucidele
- 11.4.1. Poliglucidele omogene
- 11.4.2. Poliglucidele neomogene
- 11.5. Funcțiile glucidelor în celulă

11.1. ASPECTE GENERALE

Glucidele, cunoscute și sub numele de *hidrați de carbon (carbohidrați)*, sunt substanțe organice formate din atomi de carbon, hidrogen și oxigen.

Cea mai veche nomenclatură a glucidelor a fost cea de *hidrați de carbon* propusă de chimistul german Carl Schmidt în 1844. Această nomenclatură s-a adoptat datorită faptului că între atomii de hidrogen și oxigen din molecula glucidelor există, în general, un raport de 2/1, ca în molecula apei. Majoritatea glucidelor corespund formulei generale $C_m(H_2O)_n$. În trecut se considera că glucidele sunt compuși proveniți din combinarea carbonului cu apa, deci ar fi hidrați de carbon. Această nomenclatură este improprie glucidelor deoarece hidrogenul și oxigenul nu se leagă sub formă de molecule de apă de atomul de carbon. Din punct de vedere structural, glucidele sunt compuși organici ce conțin în molecula lor o *grupă carbonilică (aldehidică sau cetonică)* și câteva *grupe hidroxilice (alcoolice)*.

Termenul de *glucide* provine de la cuvântul grecesc *glikis*, care înseamnă dulce. Această denumire, la fel, nu este riguros științifică deoarece sunt substanțe dulci ce nu sunt glucide (*zaharina, glicerolul* etc.) și există glucide, în special cele superioare, care nu au gust dulce (*celuloza, amidonul* etc.). Cu toate acestea, denumirea de glucide s-a adoptat ca denumire oficială. Glucidele, împreună cu proteinele și lipidele reprezintă constituienții de bază ai materiei vii. Glucidele se găsesc în celule sub formă liberă (*pentoze, hexoze*) și sub formă de combinații (*oligoglucide, poliglucide, glicozide, glicoproteine, glicolipide*).

Glucidele formează cea mai mare parte a substanței organice de pe pământ. Sub aspect cantitativ predomină în regnul vegetal. În celula vegetală conținutul de glucide variază într-un diapazon de 85 – 90%, iar în celula animală – 1–5%. Plantele sintetizează glucidele din compuși anorganici și organici. Biosinteza lor din compuși anorganici se realizează prin *fotosinteză*. Animalele nu pot sintetiza glucide din substanțe anorganice, ci numai din cele organice.

După reacția de hidroliză glucidele se împart în două grupe: *monoglucide (glucide simple)* și *poliglucide (glucide complexe)*. Monoglucidele sunt substanțe monomoleculare, care nu hidrolizează cu apa. Poliglucidele sunt substanțe formate prin unirea mai multor molecule de monoglucide, prin eliminare de apă. Acești compuși hidrolizează, transformându-se în substanțele din care s-au format. După structura moleculară poliglucidele se clasifică de asemenea în două grupe: *oligoglucide* sau *poliglucide de ordinul I* și *poliglucide de ordinul II*. Oligoglucidele sunt substanțe complexe solubile în apă, au un gust dulce și conțin 2 – 10 resturi de monoglucide. Poliglucidele de ordinul II sunt substanțe complexe, macromoleculare care conțin mai mult de 10 resturi de monoglucide, sunt insolubile în apă și nu au un gust dulce.

11.2. MONOGLUCIDELE

Monoglucidele sunt substanțe care conțin în molecula lor o *grupă carbonilică* și una sau mai multe grupe *hidroxilice*. Ele sunt substanțe răspândite pe larg în natură, fiind prezente în sucii celulari ai tuturor organismelor vii. La plante monoglucidele se găsesc în cantitate mare în fructe, semințe în stare de germinație, muguri etc., iar la animale – în sânge și limfă.

Monoglucidele au un rol biochimic important în procesul de respirație, ca principalele substanțe furnizoare de energie. Ele constituie de asemenea unitățile structurale de bază (*monomeri*) din care se formează oligoglucidele, poliglucidele și numeroase alte substanțe complexe ce conțin în molecula lor glucide (*acizi nucleici, glicolipide, glicoproteine* etc.).

Monoglucidele de asemenea joacă un rol important în industria alimentară, reprezintă substraturi importante în prelucrarea materiei prime vegetale, a produselor alimentare și în fermentații.

Nomenclatura uzuală a monoglucidelor se formează cu ajutorul sufixului *oză*, care se adaugă la rădăcina cuvântului ce desemnează monoglucida respectivă, spre exemplu, glucoză, fructoză, galactoză etc. Cetozele au sufixul *uloză* (ribuloză, xiluloză) cu excepția fructozei.

Clasificarea monoglucidelor se face după două criterii principale:

a) după tipul grupei carbonilice monoglucidele se împart în *aldoze* (fig. 11.1), cele care conțin gruparea aldehydică $-(H)C=O$ și în *cetoze* (fig. 11.2), cele care au în moleculă gruparea cetonă $>C=O$;

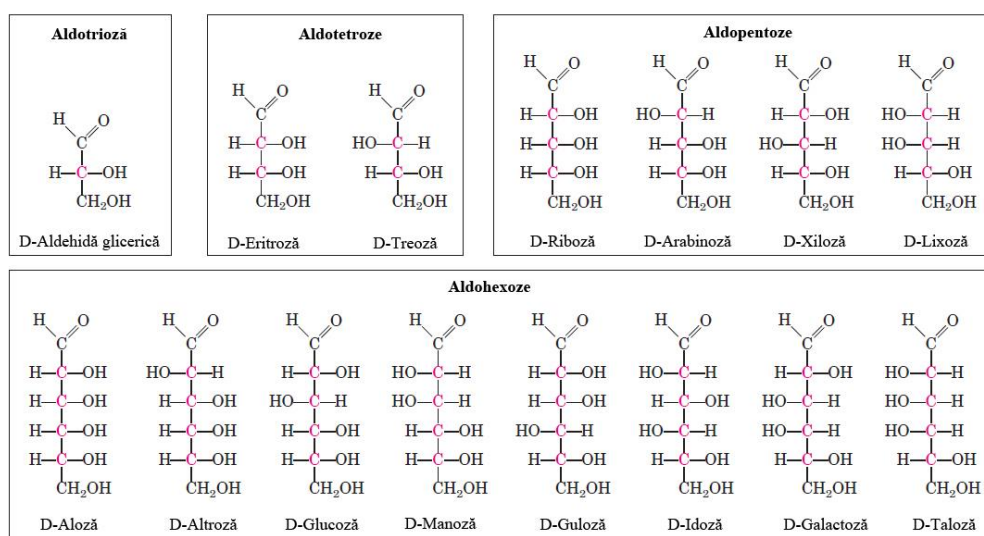


Fig. 11.1. Formulele monoglucidelor aciclice cu grupa aldehydică

b) după numărul atomilor de carbon din moleculă, monoglucidele pot fi: *trioze* ($C_3H_6O_3$), *tetroze* ($C_4H_8O_4$), *pentoze* ($C_5H_{10}O_5$), *hexoze* ($C_6H_{12}O_6$), *heptoze* ($C_7H_{14}O_7$) (fig. 11.1, fig. 11.2).

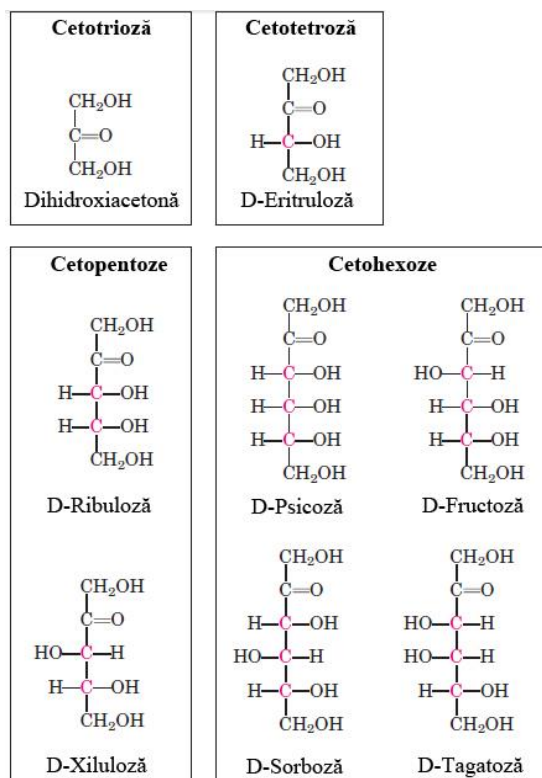


Fig. 11.2. Formulele monoglucidelor aciclice cu grupa cetonică

Cele mai răspândite monogluclide în natură sunt *pentozele* și *hexozele*. Dintre hexoze cele mai importante pentru alimentația omului sunt glucoza, fructoza și galactoza.

Monogluclidele sunt compuși care formează mai multe tipuri de *izomeri*. Izomerii sunt substanțe care au aceeași compoziție, aceeași formulă moleculară, dar au proprietăți fizice și chimice diferite, determinate de structura moleculară diferită. În cadrul monoglucidelor care conțin în moleculă cel puțin patru atomi de carbon se disting câteva tipuri de izomeri.

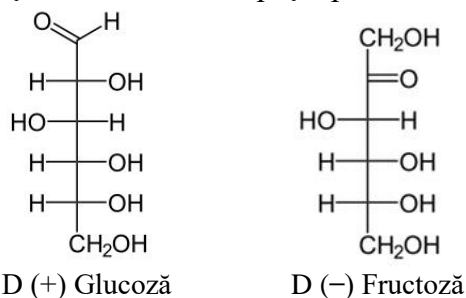


Fig. 11.3. Glucoza și fructoza – izomeri structurali și optici

A. *Izomeri datorită grupării carbonilice* – C=O. Începând de la trioze, în cadrul aceleiași grupe de monogluclide se întâlnesc aldoze și cetoze, care se deosebesc unele de altele prin grupa carbonilică (fig. 11.3). Glucoza este *aldoză*, conține gruparea aldehydică – (H)C=O, iar fructoza este *cetoză*, conține în moleculă gruparea cetonică >C=O.

B. *Izomeri datorită poziției grupării hidroxilice secundare din catena carbonică a monoglucidelor*. Dacă grupa hidroxilică este situată în dreapta față de primul atom de C (lângă grupa alcoolică CH₂OH), atunci monogluclida face parte din configurația (D), dacă grupa hidroxilică este situată la stânga față de primul atom de C, atunci monogluclida se referă la configurația (L).

C. *Izomeri datorită activității optice*. Monogluclidele având în moleculă atomi de carbon asimetrici posedă activitate optică. Ele rotesc planul luminii polarizate spre dreapta sau spre stânga. Monogluclidele care în soluțiile apoase rotesc planul luminii polarizate spre dreapta sunt optic dextrogire și se notează cu (+), iar cele care rotesc unghiul de polarizare spre stânga sunt optic levogire și se notează (-).

Pentru a reda atât forma structurală, cât și cea optică, se utilizează atât literele D și L, cât și semnele (+) și (-) (fig. 11.3).

D. *Izomeri datorită structurii moleculare*. Monogluclidele care au mai mult de patru atomi de carbon prezintă două structuri moleculare: *aciclică (liniară)* sau *ciclică*.

Monoglucidele cu structură moleculară aciclică se întâlnesc rar în natură. Ele au grupa carbonică liberă și sunt caracteristice *triozelor* și *tetrozelor*. Începând de la pentoze predomină formele structurale ciclice. Ciclul format din 4 atomi de carbon și unul de oxigen se numește *ciclu furanic* (fig. 11.4 a), iar molecula de glucoză cu ciclul furanic – *glucofuranoză* (fig. 11.4 b). Ciclul format din 5 atomi de carbon și unul de oxigen se numește *ciclu piranic* (fig. 11.4 a), iar molecula de glucoză care conține ciclul piranic – *glucopiranoză* (11.4 b).

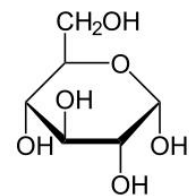
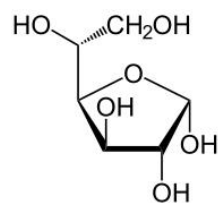
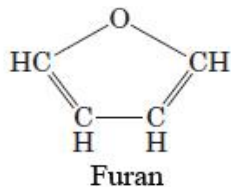
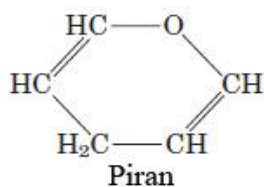


Fig. 11.4 a. Heterocicluri cu 5 și 6 atomi de carbon

Fig. 11.4 b. Izomeri ciclici ai D-glucozei

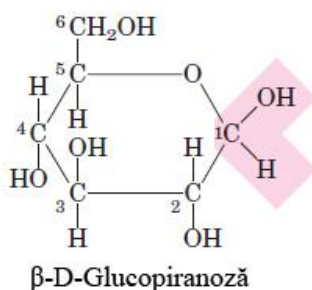
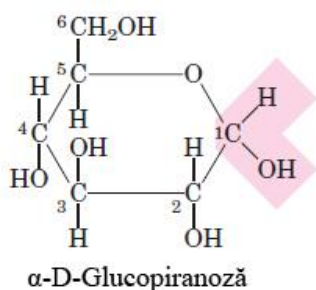


Fig. 11.5. Anomerii α și β ai D-glucozei
planului (fig. 11.5). Cea mai răspândită formă a glucozei este α -D-Glucopiranoza.

E. Izomeri datorită hidroxilului *semiacetalic*. După poziția hidroxilului *semiacetalic* din molecula monoglucidelor ciclice, se cunosc doi stereoisomeri α și β . La α -glucoză grupele hidroxil de la atomii de carbon 1 și 4 se află de aceeași parte a planului ciclului hexagonal, iar la β -glucoza cei doi hidroxili se află de părți diferite ale

11.3. OLIGOGLUCIDELE

Oligoglucide sunt substanțe organice formate dintr-un număr redus de monoglucide (2–10) unite prin legături *glicozidice*. Legătura glicozidică se formează prin eliminarea unei molecule de apă. Numărul acestora va fi egal cu $(n-1)$ din numărul total al monoglucidelor. Monoglucidele din componența oligoglucidelor pot fi identice sau diferite. Toate tipurile de oligoglucide hidrolizează în mediul acid, bazic sau sub acțiunea enzimelor.

Oligoglucidele sunt substanțe solide, cristaline, solubile în apă și insolubile în solvenți organici. Au gust dulce și posedă activitate optică.

Cele mai importante și mai răspândite oligoglucide în natură sunt *diglucidele* – *maltoza*, *lactoza* și *zaharoza*. Predomină în regnul vegetal, dar se întâlnesc și în regnul animal. Diglucidele formate din hexoze au formula moleculară $C_{12}H_{22}O_{11}$ (tab. 11.1).

Tabelul 11.1. Structura chimică a diglucidelor

Diglucidă	Monomer I	Legătura	Monomer II
Maltoză	Glucoză	$\alpha(1 \rightarrow 4)$	Glucoză
Lactoză	Galactoză	$\beta(1 \rightarrow 4)$	Glucoză
Zaharoză	Glucoză	$\alpha(1 \rightarrow 2)\beta$	Fructoză

Maltoza este o diglucidă formată din două resturi de glucoză, unite prin legătură $\alpha(1 \rightarrow 4)$ -*glicozidică* (fig. 11.6). Se găsește în semințele cerealelor în curs de germinare provenind în mare parte prin hidroliza amidonului. În cantitate mai mare se găsește în orzul încolțit (malț) sau extractele de malț și din această cauză se mai numește și zahăr de malț. Maltoza fermentează ușor și sub acțiunea maltazei din drojzii se transformă în glucoză.



În procesul de obținere a berii, maltoza reprezintă unul din componentele principale ale siropului de malț, circa 60 – 70 %.

Lactoza este o diglicidă formată din resturi de β -D-galactoză și α -D-glucoză, unite printr-o legătură $\beta(1\rightarrow4)$ -glicozidică (fig. 11.6). Lactoza se găsește în laptele tuturor mamiferelor. Din această cauză se mai numește și *zahăr lactic*. Sub acțiunea bacteriilor lactice se transformă în acid lactic.

Zaharoza este o substanță solidă, cristalină, solubilă în apă, insolubilă în solvenți organici. În mediu ușor acid și sub acțiunea enzimelor (*invertaza* sau *zaharaza*) zaharoza se descompune în α -D-glucoză și β -D-fructoză (fig. 11.6). Zaharoza se topește la +183°C, iar soluția prin răcire se caramelizează. Procesul de caramelizare a glucidelor este utilizat la colorarea unor băuturi nealcoolice, a berii, a romului și a numeroase produse de cofetărie.

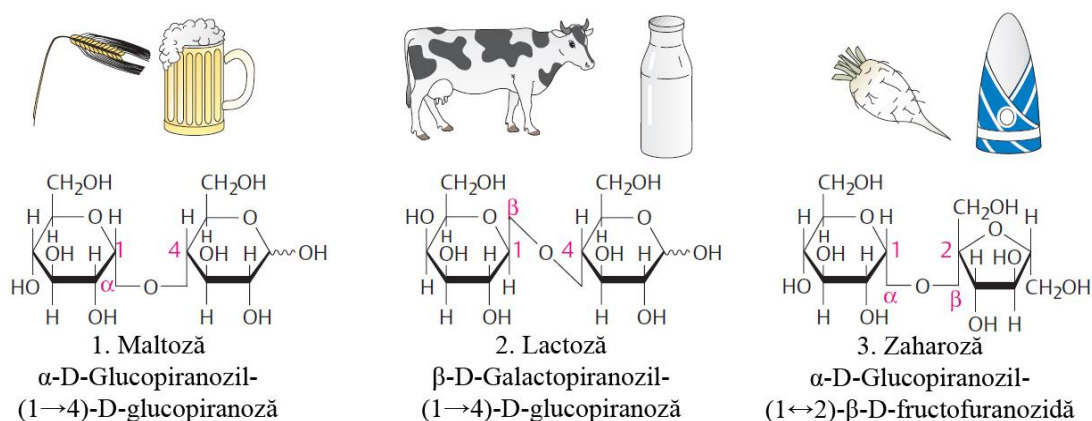


Fig. 11.6. Cele mai răspândite oligoglucide (diglucide) în natură

6.4. POLIGLUCIDELE

Poliglucidele sunt substanțe macromoleculare formate dintr-un număr mare de resturi de monoglucide, unite prin diferite tipuri de legături glicozidice (α și β ; 1 \rightarrow 4, 1 \rightarrow 6; 1 \rightarrow 3 etc.). Ele se găsesc atât în regnul vegetal unde predomină, cât și în cel animal.

Poliglucidele sunt substanțe solide, microcristaline, cu aspect amorf, insolubile sau greu solubile în apă. Poliglucidele solubile formează soluții coloidale. Având în moleculă atomi de carbon asimetrici, poliglucidele posedă activitate optică. Unitățile structurale de bază ale poliglucidelor sunt formate din diglucide. Prin hidroliza totală a poliglucidelor se obțin monoglucide constituenți.

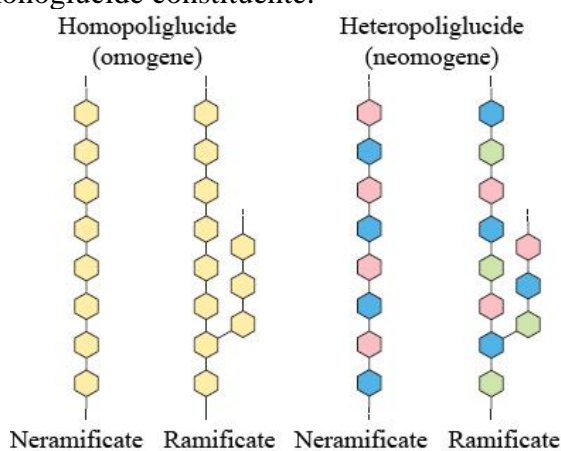


Fig. 11.7. Schema generală a structurii poliglucidelor omogene și neomogene

În funcție de structura chimică, poliglucidele se clasifică în două grupe mari: *poliglucide omogene* și *poliglucide neomogene* (fig. 11.7). Poliglucidele omogene sunt formate din resturi de monoglucide identice sau din derivații ai acestora. Cele neomogene sunt alcătuite din resturi de monoglucide diferite sau din derivații lor. Poliglucidele omogene formate din hexoze sau din derivații lor, poartă numele de *hexozani*, iar cele formate din pentoze se numesc *pentožani*.

Tabelul 11.2. Structura și rolul poliglucidelor omogene și neomogene

Biopolimer	Tipul	Unitatea repetitivă	Numărul monomerilor	Importanța
Amidon				Rezervă de energie: în celule vegetale
Amiloză	Homo-	(α 1→4)Glc, liniară	50 – 5,000	
Amilopectină	Homo-	(α 1→4)Glc; cu ramificații (α 1→6)Glc la fiecare 24–30 resturi	>10 ⁶	
Glicogen	Homo-	(α 1→4)Glc, cu ramificații (α 1→6)Glc la fiecare 8–12 resturi	>50,000	Rezervă de energie: în celule bacteriene și animale
Celuloză	Homo-	(β 1→4)Glc	>15,000	Structurală: la plante, conferă rigiditate și rezistență pereților celulari
Chitină	Homo-	(β 1→4)GlcNAc	Foarte mare	Structurală: la insecte, păianjeni, crustacee, conferă rigiditate și rezistență exoscheletului
Dextran	Homo-	(α 1→6)Glc, cu ramificații (α 1→3)	Diapazon larg	Structurală: la bacterii, asigură adeziunea extracelulară
Inulină	Homo-	β (2→1)Fru	30–35	Rezervă de energie: în celule vegetale
Peptidoglican (mureină)	Hetero-; cu peptide atașate	4)Mur2Ac(β 1→4)GlcNAc(β 1	Foarte mare	Structurală: la bacterii, conferă rigiditate și rezistență capsulei
Agaroză	Hetero-	3)D-Gal(β 1→4)3,6-anhidro-L-Gal(α 1	1,000	Structurală: la alge, component al peretelui celular
Hialuronat (glicozoamino glican)	Hetero-; acidică	4)GlcA(β 1→3)GlcNAc(1 β	>100,000	Structurală: la vertebrate, matrix extracelular; asigură viscozitate și lubrifierea cartilajelor

*(Homo-) – poliglucid omogen, (Hetero-) – poliglucid neomogen.

*La poliglucidele neomogene (peptoglican, agaroză, hialorunat) unitatea repetitivă reprezintă o diglucidă

Poliglucidele reprezintă, de asemenea, materii prime însemnate pentru industria ușoară și cea alimentară.

11.4.1. POLIGLUCIDELE OMOGENE

Din clasa poliglucidelor omogene fac parte: glucani – *amidonul, glicogenul, celuloza, chitina, dextranul*; fructani – *inulina*.

Amidonul este cea mai importantă poliglucidă de rezervă din plantele superioare. Are un rol important în alimentația omului și a animalelor. Formula moleculară a amidonului este (C₆H₁₀O₅)_n. Reacția generală de hidroliză chimică a amidonului în prezența sărurilor minerale este următoarea:



Pentru scopuri industriale amidonul se extrage din cereale și cartofi.

Glicogenul este un biopolimer omogen de origine animală format din resturi de α -D-glucopiranoză (>50 000). Glicogenul are o structură moleculară ramificată, ramificațiile conțin între 8–12 resturi de α -D-glucopiranoză (fig.11.8).

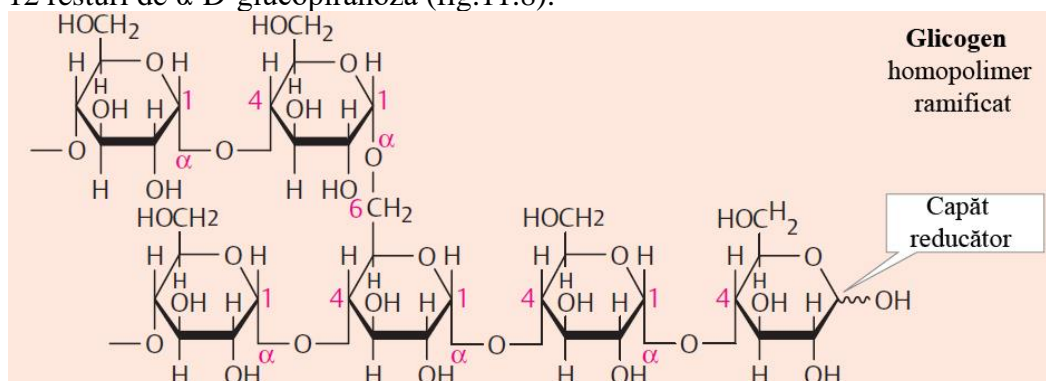


Fig. 11.8. Structura moleculară a glicogenului

Celuloza este o poliglucidă macromoleculară de origine vegetală formată din resturi β -D-glucopiranoză unite prin legături β (1 \rightarrow 4)-glicozidice, cu formula moleculară $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Celuloza este un component structural important al peretelui celular la plantele verzi. Este cea mai răspândită substanță organică din natură.

Inulina este o poliglucidă omogenă nereducătoare formată din molecule de β -D-fructofuranoză unite prin legături β (2 \rightarrow 1)-glicozidice. La scară industrială, cel mai frecvent, inulina se extrage din rădăcinile de cicoare și topinambur. Rădăcina de cicoare este un înlocuitor de cafea foarte popular, iar părțile aeriene sunt folosite în pregătirea unor mâncăruri specifice bucătăriei franceze și italiene.

11.4.2. POLIGLUCIDELE NEOMOGENE

Poliglucidele neomogene sunt substanțe larg răspândite în natură, care predomină în regnul vegetal și au un rol însemnat în sudura țesuturilor, în special ale celor de susținere.

1. *Hemiceluloza* este o poliglucidă care se conține, împreună cu celuloza și lignina, în pereții celulari ai plantelor. Hemicelulozele sunt macromolecule alcătuite din *pentoze* (L-arabinoză, D-xiloză), *hexoze* (D-glucoza, D-galactoza, D-fructoza), precum și din *acizi uronici* (acid D-galacturonic, D-manuronic).

2. *Substanțele pectice (pectine)* sunt substanțe gelifiante amorfe care intră în structura pereților celulari. Pectinele înconjoară microfibrele de celuloză, asigură elasticitatea pereților celulari și starea de turgescență a celulelor vegetale. Elementul structural principal al pectinelor este *acidul D-galacturonic* (fig. 11.9), dar în componența pectinelor se întâlnesc și alte glucide, precum: *D-galactoza, L-ramnoza, L-arabinoza, D-xiloză*.

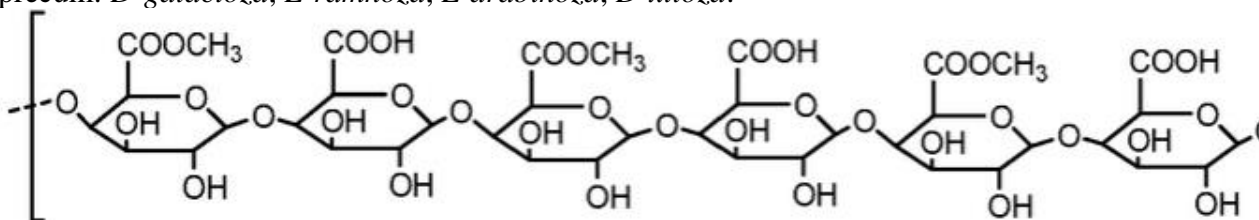


Fig. 11.9. Structura moleculară a pectinei

Cele mai bogate în pectine sunt legumele și fructele. La scară industrială pectina se extrage din citrice (~70%) și mere (~30%). În industria medicală și farmaceutică se folosesc în calitate de substanțe biologic active, la încapsularea medicamentelor. Substanțele pectice reglează activitatea intestinului, participă la detoxificarea metalelor grele.

3. *Glicozoaminoglicanii (mucopoliglucide)* sunt heteropoliglucide extracelulare cu grupări aminice, caracteristice regnului animal. Această clasă reprezintă o familie de polimeri liniari alcătuiți din unități diglucidice repetitive: o *aminoglicidă N-acetilată (glucozoamină sau galactozaamină)* și un *acid uronic (acid D-glucuronic sau acid L-iduronic)*. Mucopoliglucidele contribuie la formarea țesuturilor *conjunctiv*, cartilajinos, *osos*, determină cimentarea celulelor țesutului conjunctiv, asigură viscozitatea, adeziunea și elasticitatea matrixului extracelular. Se găsesc în stare liberă sau legate de proteine sau lipide. Din clasa glicozoaminoglicanilor fac parte *acidul hialuronic, heparina, etc.*

Acidul hialuronic este alcătuit din resturi de *acid D-glucuronic* și *glucozoamină-N-acetilată*. Este prezent în toate țesuturile și fluidele corpului uman, reprezintă un component esențial al matricei extracelulare a cartilajelor și tendoanelor, reprezintă substanța de cimentare a țesutului conjunctiv și are rol în legarea apei din spațiile interstițiale ale celulelor, asigurând astfel legătura dintre celule.

Heparina este o substanță polimeră foarte acidă, datorită conținutului crescut de acid sulfuric. Prin hidroliză, formează *acid glucuronic, glucozamină, acid sulfuric* și *acid acetic*. Este un anticoagulant natural produs de celule *mastocite*, apoi eliberat în sânge unde se asociază cu un factor proteic *antitrombina*. Complexul format inhibă coagularea sângelui și previne formarea trombozelor. Heparina purificată se adaugă în sângele donat pentru transfuzie pentru a evita coagularea acestuia.

6.5. ROLUL BIOLOGIC AL GLUCIDELOR

În organismele vii glucidele îndeplinesc următoarele funcții.

1. *De structură și susținere*. Glucidele sunt componente ale diferitor structuri celulare de susținere. Astfel, *peptoglicanul* conferă rigiditate și rezistență capsulei bacteriene, *dextranul* asigură adeziunea extracelulară la bacterii, *agaroza* este un component al peretelui celular la alge, *celuloza* și *hemiceluloza* sunt componente ale pereților celulari la plante, *chitina* este un component al peretelui celular la ciuperci și al exoscheletului la artropode. Galactoza este un component al galactolipidelor prezente în membranele celulare ale plantelor și ale glicoproteinelor tisulare.

2. *De sinteză*. Glucidele intră în componența unor molecule complexe. De exemplu, pentozele *riboza* și *dezoxiriboza* sunt componente ale moleculelor de ATP, ADN, ARN. *Triozele* sunt produse intermediare în respirație, fotosinteză și în alte procese ale metabolismului glucidic. *Manoza* participă în metabolismul uman, în special la glicozilarea unor proteine.

3. *De rezervă*. Glucidele se acumulează în unele organe vegetale și animale în calitate de substanțe nutritive de rezervă. Bunăoară, *glicogenul* se stochează în ficatul animalelor, iar *amidonul* și *inulină* – în endospermul semințelor la plante. *Trehaloza*, glucida principală a insectelor, este hidrolizată rapid în două molecule de glucoză pentru a susține energetic zborul acestora.

4. *Energetică*. De regulă, *glucoza* este principala sursă de energie în celulă. Astfel, la oxidarea a unui gram de glucoză se degajă 3,9 kcal/mol, a unui gram de amidon se degajă 4,2 kcal/mol.

5. *Osmotică*. Glucidele participă la reglarea presiunii osmotice în organism. Bunăoară, presiunea osmotică a sângelui depinde de concentrația de glucoză.

6. *Receptoare*. Oligoglucidele sunt o parte componentă a receptorilor celulari.

TESTE DE EVALUARE

1. Completați spațiile libere din text.

- 1.1. Monoglucidele cu grupa.....se numesc aldoze, iar cele cu grupa – cetoze.
- 1.2.la plante șila animale sunt poliglucide de rezervă.
- 1.3. Celuloza este un polimerformat prin legături.....
- 1.4. Procesul transformării protopectinei în pectină are loc.....
- 1.5. Pentozele riboza și dezoxiriboza sunt componente ale.....

2. Alegeți răspunsul corect din două variante alternative: Da / Nu.

- 2.1. Prin încălzire monoglucidele se caramelizează.
- 2.2. Amiloza se gelifică.
- 2.3. Poliglucidele de ordinul II sunt dulci și solubile în apă.
- 2.4. Mucopoliglucidele sunt caracteristice regnului animal.
- 2.5. Celuloza este un metabolit în ciclul pentozofosfaților.

3. Alegeți varianta sau variantele de răspuns corecte.

- 3.1. Cel mai răspândit glucid pe Pământ: a) zaharoză; b) amidon; c) celuloză; d) glicogen.
- 3.2. Glucide cu proprietăți reducătoare: a) zaharoză; b) lactoză; c) maltoză; d) celobioză.
- 3.3. Zaharoză:
a) glucoză + glucoză; b) fructoză + glucoză; c) glucoză + galactoză; d) fructoză + fructoză.
- 3.4. Cea mai dulce monoglucidă: a) glucoză; b) fructoză; c) galactoză; d) manoză.
- 3.5. Maltoza poate fi folosită în: a) panificație; b) industria laptelui; c) industria berii

4. Asociați. Clasificarea glucidelor după reacția de hidroliză

1. Monoglucide	A. Fructoză	F. Lactoză
2. Oligoglucide	B. Amidon	G. Rafinoză
3. Poliglucide	C. Hemiceluloză	H. Xiloză
	D. Maltoză	I. Celuloză
	E. Dezoxiriboză	

5. Selectați termenul care nu se încadrează în grupul tematic prezentat și explicați de ce l-ați separat.

- 5.1. Amidon; glicogen; pectină; celuloză; hemiceluloză.
- 5.2. Amidon; inulină; glicogen; celuloză.
- 5.3. Zaharoză; maltoză; galactoză; lactoză.