

3. GLÚCIDS

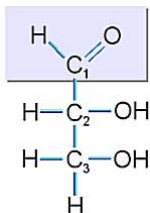
1. CONCEPTE DE GLÚCID

Els glúcids són **biomolècules orgàniques** formades per carboni, hidrogen i oxigen. Les unitats bàsiques (monòmers) per formar glúcids són els **monosacàrids**, de fórmula empírica $(CH_2O)_n$, per la qual cosa es va suposar que eren àtoms de carboni units a molècules d'aigua (carboni hidratat), d'on es va derivar el seu primer nom, "hidrats de carboni".

Des de fa temps se sap que això no es cert, però se segueixen utilitzant els termes inexactes d'**hidrat de carboni** i **carbohidrat** per a designar-los (sobretot en dietètica). També reben el nom de **sucres**, malgrat que no tots són dolços.

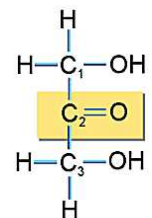


En realitat els monosacàrids estan formats per una curta cadena de carbonis (de tres a set), un dels quals duu un **grup carbonil** i la resta un **grup hidroxil (-OH)** cadascú i **àtoms d'hidrogen** fins a saturar els enllaços. El grup carbonil pot ser un grup aldehyd (-CHO) o un grup cetona (-CO-), per tant, els glúcids són **polihidroxialdehids** o **polihidroxicetones**.



El glúcid de l'esquerra és el més petit que existeix, té tres àtoms de carboni, és una aldosa perquè posseeix un grup aldehyd (-CHO). És el **gliceraldehyd**.

El glúcid de la dreta correspon a una cetosa per tenir un grup cetona (C=O). És la **dihidroxiacetona**.



2. CLASSIFICACIÓ DELS GLÚCIDS

Els glúcids es classifiquen en:

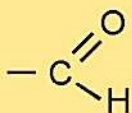
- **Monosacàrids:** glúcids formats per una sola cadena. *Exemples: glucosa i galactosa.*
- **Òsids:** glúcids formats per més d'una cadena de monosacàrids.
 - **Holòsids:** glúcids formats per cadenes de monosacàrids.
 - **Oligosacàrids:** glúcids formats per la unió de dos a deu monosacàrids. Els més importants són els disacàrids (unió de dos monosacàrids). *Exemple: sacarosa.*
 - **Polisacàrids:** glúcids formats per la unió de més de deu monosacàrids. *Exemples: midó i cel·lulosa.*
 - **Heteròsids:** compostos formats per la unió de glúcids amb altres substàncies no glucídiques. *Exemples: peptidoglicans i glucoproteïnes.*

3. MONOSACÀRIDS

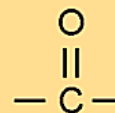
Els monosacàrids són glúcids senzills constituïts per una sola cadena de carbonis (de tres a set); amb un grup carbonil en un d'ells, i grups hidroxil i hidrogen a la resta.

Atenent al grup funcional (aldehid o cetona), es classifiquen en:

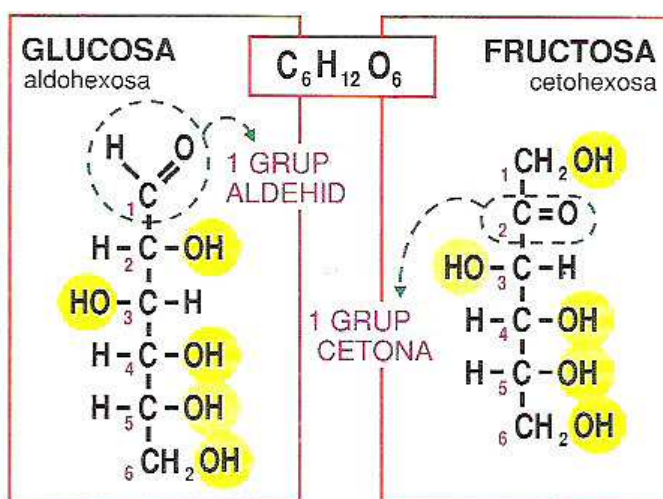
▪ **Aldoses**, amb grup aldehid.



▪ **Cetoses**, amb grup cetona.



De forma general, s'anomenen afegint la terminació **-osa** al nombre de carbonis i afegint el prefix (**aldo-** o **ceto-**) que indiqui el tipus de grup carbonil que té. També es fa servir un "nom propi" per cada un d'ells.



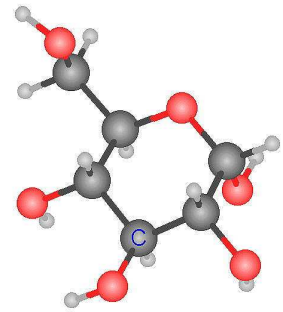
Els monosacàrids de més interès biològic són:

Principals monosacàrids	Tipus de monosacàrid	Funció
Gliceraldehid	Aldotriosa	Intermediaris en la glucòlisi.
Dihidroxiacetona	Cetotriosa	
Eritrosa	Aldotetrosa	Intermediaris en el cicle de Calvin.
Eritrulosa	Cetotetrosa	
Ribosa	Aldopentoses	Constituent de l'ARN.
Desoxiribosa		Constituent de l'ADN.
Ribulosa	Cetopentosa	Acceptador del CO ₂ en la fotosíntesi.
Glucosa	Aldohexoses	Molècules energètiques.
Galactosa		
Fructosa		

PROPIETATS

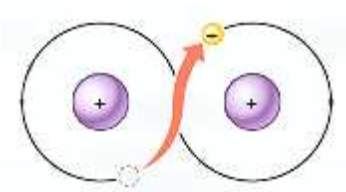
Propietats físiques

- Són sòlids **crystal·lins**.
- **No hidrolitzables**, ja que estan formats per una sola cadena.
- De color **blanc**.
- De gust **dolç**.
- **Hidrosolubles**: la solubilitat en aigua és deguda al fet que tant els radicals hidroxil com el radicals hidrogen presenten una elevada polaritat elèctrica i per això estableixen forces d'atracció elèctrica amb les molècules d'aigua, que també són polars.
- Tenen **activitat òptica**: quan son travessats per llum polaritzada desvien el plànol de vibració d'aquesta.



Propietats químiques

- Tenen **poder reductor**: els monosacàrids son capaços d'oxidar-se, és a dir, de perdre electrons, davant d'altres substàncies que es redueixen (guanyen aquests electrons).
- Una altra propietat química dels monosacàrids és la capacitat per **associar-se amb grups amino** (-NH₂).



Oxidació Reduïció

ISÒMERS

Els isòmers són compostos que tenen la mateixa fórmula molecular, però diferent estructura (i diferents propietats, per tant). Per exemple: glucosa, fructosa i galactosa.

Entre els monosacàrids n'hi ha diversos tipus d'isomeria:

Isòmers espacials o estereoisòmers

La isomeria espacial és deguda a que en una molècula existeixen **carbonis asimètrics**, és a dir, carbonis units a quatre grups diferents.

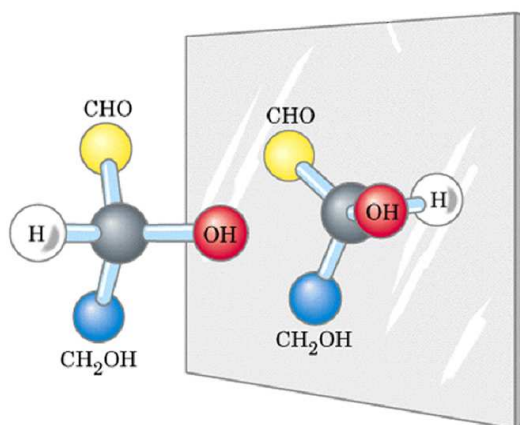


Fixa't en el gliceraldehid... té carbonis asimètrics? I la dihidroxiacetona?

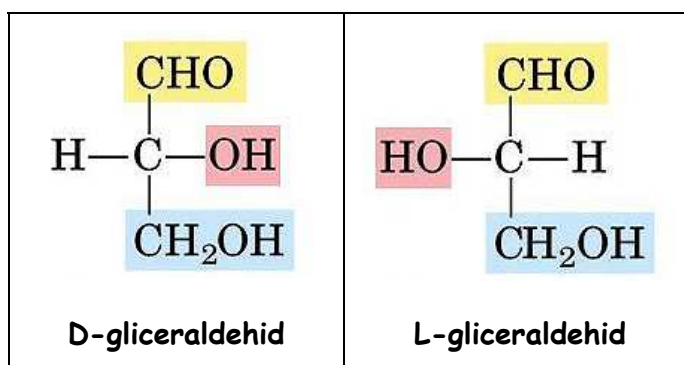
Tots els monosacàrids, excepte la dihidroxiacetona, tenen al menys un carboni asimètric. Això dóna lloc a **estereoisòmers** o **isòmers espacials**. N'hi ha dos tipus d'estereoisòmers:

•• **Enantiòmers**: quan una molècula és la imatge especular de l'altre. És a dir, ambdues són iguals però inverses i no es poden superposar, com les dues mans. Tenen les mateixes propietats excepte l'activitat òptica.

Com diferenciem els diferents enantiòmers?



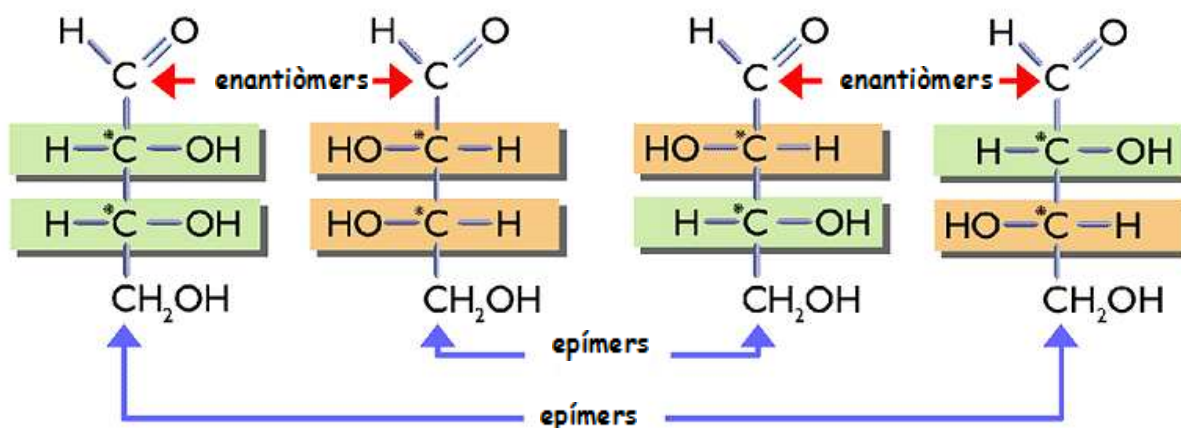
- Si el grup -OH va a la dreta del carboni asimètric, el compost és un **isòmer D**.
- Si el grup -OH va a l'esquerra del carboni asimètric, és un **isòmer L**.



Per determinar els enantiòmers de monosacàrids amb més d'un carboni asimètric, ens fixem en la posició del grup -OH del carboni asimètric més llunyà del grup carbonil.

En la naturalesa la majoria d'aminoàcids són de la forma D.

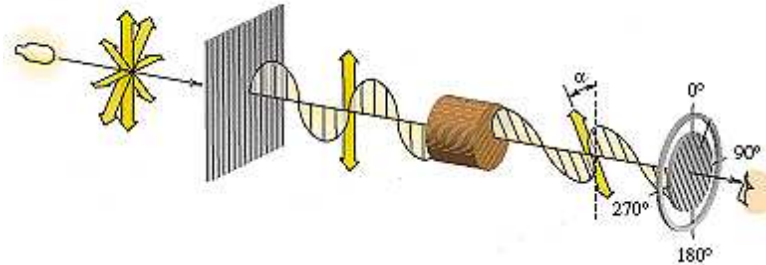
•• **Epímers**: quan les molècules només es diferencien en la posició del grup -OH d'un carboni. Els epímers són substàncies diferents, amb propietats i noms diferents.



El nombre d'estereoisòmers que pot tenir un monosacàrid dependrà del seu nombre de carbonis asimètrics. En total, un monosacàrid tindrà 2^n estereoisòmers (sent n el nombre de carbonis asimètrics).

Isòmers òptics

La presència de carbonis asimètrics dóna als monosacàrids la propietat de l'**activitat òptica**. Quan un raig de llum polaritzada incideix en una dissolució de monosacàrids, es produeix una desviació en el pla de polarització.



Si un monosacàrid desvia el pla de polarització cap a la dreta, s'anomena **dextrògir** i se simbolitza amb el signe (+). Per exemple, com que el D-gliceraldehid és dextrògir, s'anomena D-(+)-gliceraldehid. Si el desvia cap a l'esquerra, s'anomena **levògirs** i se simbolitza amb el signe (-).

No hi ha relació entre tenir estructura D i ser dextrògir o levògir, és a dir, una molècula pot tenir estructura D i ser levògira. Per exemple, la D-glucosa és dextrògira, mentre que la D-fructosa és levògira.

Les estructures enantiomorfes són isòmers òptics. La dihidroxiacetona no té cap carboni asimètric i, per tant, no presenta activitat òptica.

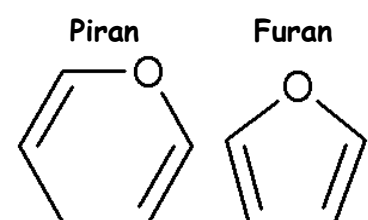
CICLACIÓ DELS MONOSACÀRIDS

En dissolució aquosa, els monosacàrids de cinc i sis àtoms de carboni es tanquen formant anells pentagonals o hexagonals, d'això se'n diu **ciclació**.

El grup carbonil (aldehid o cetònic) d'un monosacàrid pot reaccionar amb un grup hidroxil (-OH) de la mateixa molècula, formant un anell.

Si es tracta d'un aldehid que reacciona amb el -OH, es forma un enllaç anomenat **hemiacetal**. Si és una cetona, es forma un enllaç anomenat **hemicetal**. En tot cas parlem d'enllaços intramoleculars.

L'anell pot ser pentagonal o **furanòsic** (per la seva semblança al furan), o hexagonal o **piranòsic** (per la seva semblança al piran). Una fructosa ciclada serà una fructofuranosa i una glucosa ciclada serà una glucopiranososa.

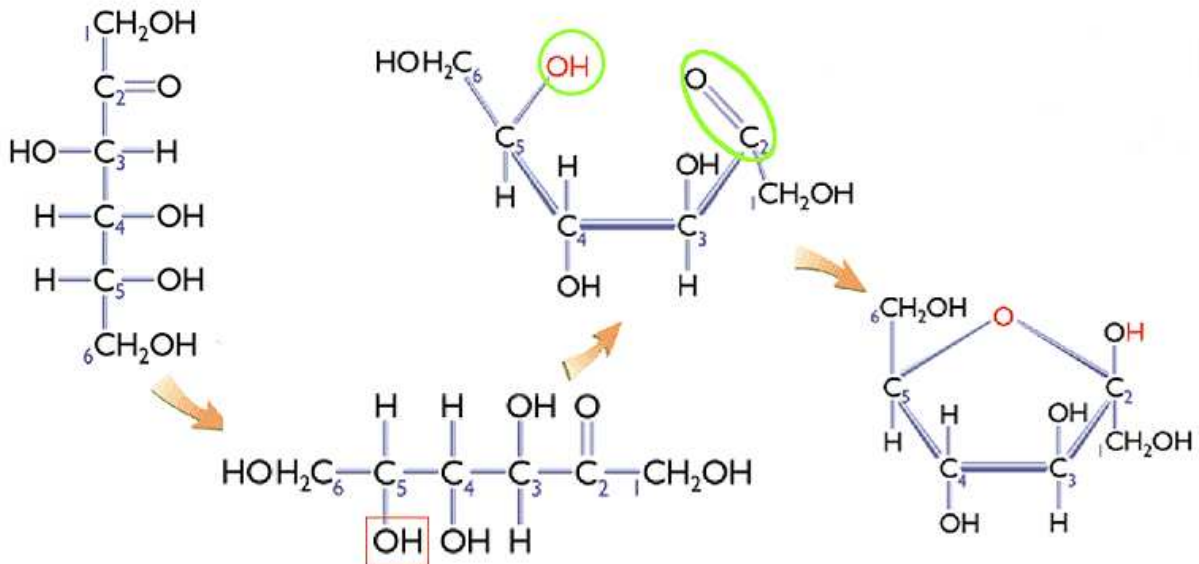


Les formes cícliques poden ser representades donant-les un sentit tridimensional d'acord amb la **formulació de Haworth**. En aquestes fórmules tots els àtoms del polígon estan en el mateix pla i els grups estan cap a la part superior o inferior d'aquest pla.

Ciclació d'una cetosa

En el cas de les cetoses la ciclació es produeix en reaccionar el grup cetònic del C₂ amb el grup -OH del C₅. Es forma un enllaç hemiacetal amb pèrdua d'una molècula d'aigua. La molècula resultant és de tipus furanòsic, per tant, a l'exemple tenim una fructofuranosa.

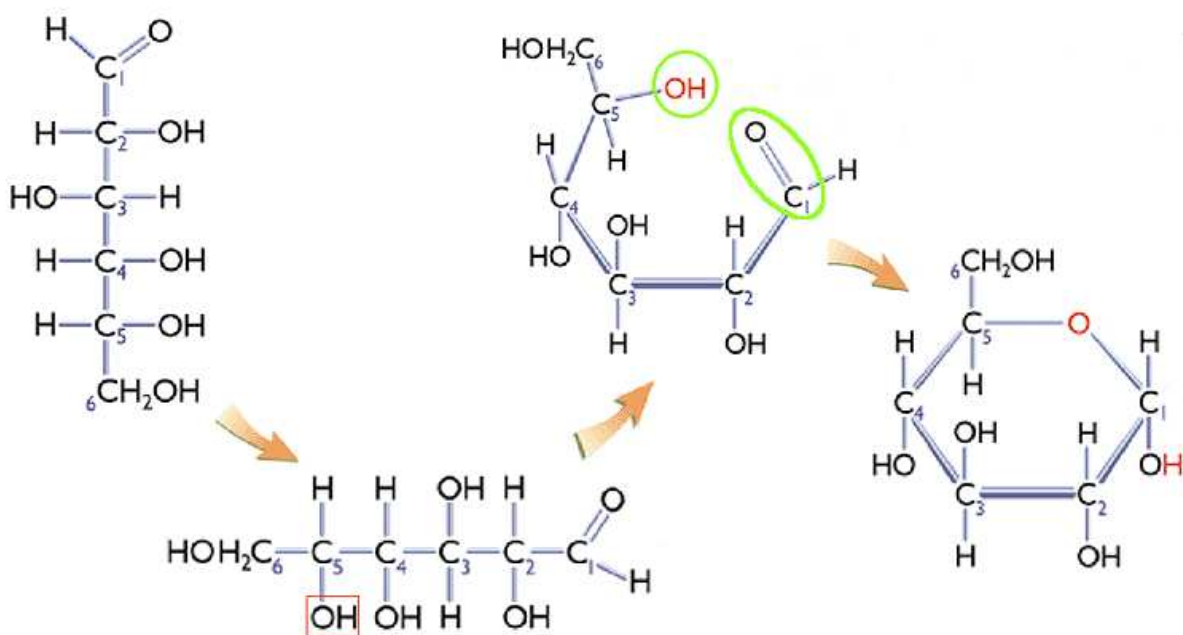
D -fructosa



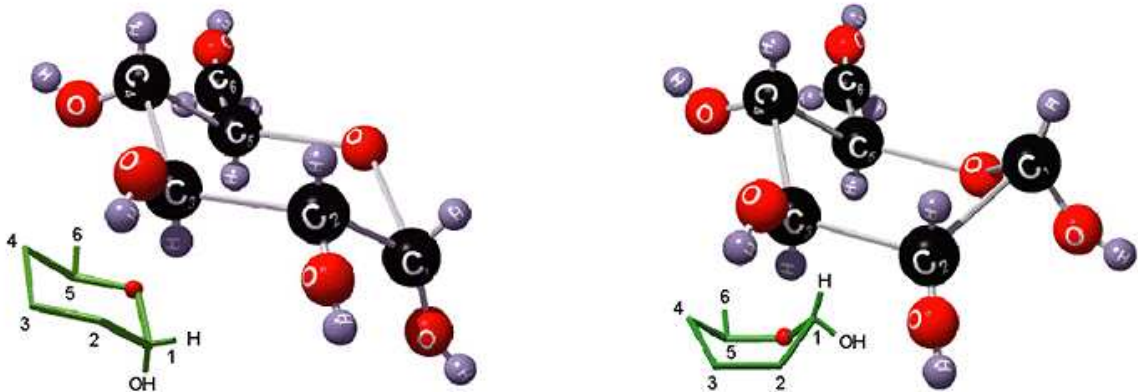
Ciclació d'una aldosa

La ciclació de les aldoses té lloc en reaccionar el grup aldehid del C₁ amb un dels grups hidroxil (el del C₄ si és una aldopentosa o el del C₅ si és una aldohexosa). Com a conseqüència, s'estableix un enllaç hemiacetal i es perd una molècula d'aigua. La molècula resultant és del tipus piranòsic, per tant, a l'exemple tenim una glucopiranososa.

D -glucosa



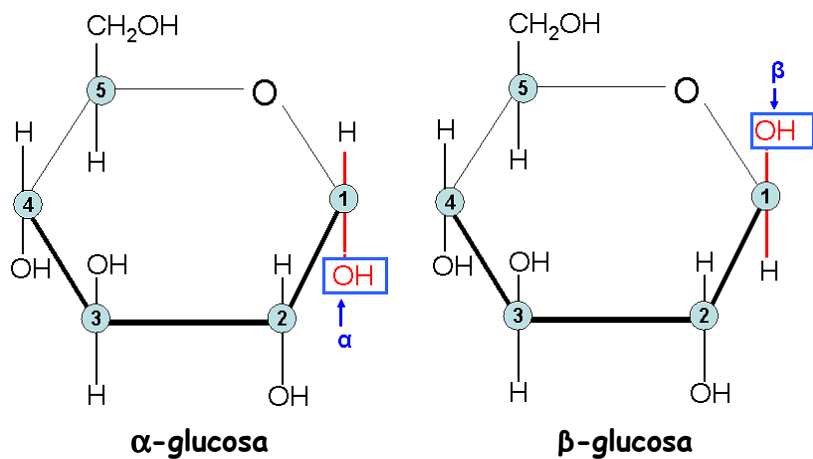
Com que l'anell de piranosa no és pla, pot adoptar dues conformacions en l'espai. La forma "cis" o de nau i la "trans" o cadira de muntar.



Isòmers anomèrics

En les formes cíclics apareix un nou carboni asimètric o **anòmer** (el carboni que abans tenia el grup carbonil).

Els anòmers seran α si el grup -OH d'aquest nou carboni asimètric queda cap avall, i β si ho fa cap amunt en la forma cíclica.



NOM COMPLET DELS MONOSACÀRIDS

Ara ja podem anomenar de forma completa els monosacàrids amb un nom que indica algunes de les seves característiques. Fixa't en l'exemple de la glucosa:

β -D-(+)-aldohexopiranososa



Analitza el nom complet de la glucosa ciclada anterior: escriu a sota de cada element del nom a quina característica fa referència.

Terminació de monosacàrid
Tipus d'anòmer
Nombre de carbonis

Tipus de carbonil
Isomeria òptica
Estereoisomeria

4. OLIGOSACÀRIDS: DISACÀRIDS

Els oligosacàrids estan formats per la unió de monosacàrids (entre dos i deu). Els més abundants i amb més importància biològica són els disacàrids, formats per la unió entre dos monosacàrids.

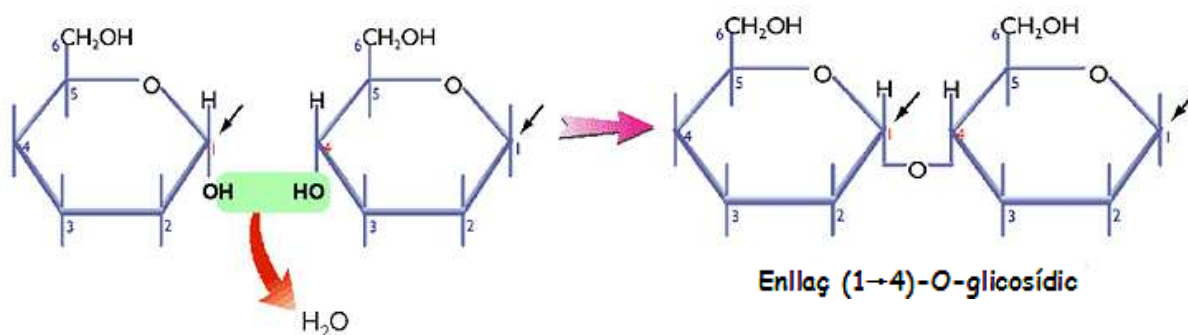
ENLLAÇ O-GLICOSÍDIC

Els monosacàrids s'uneixen gràcies a un enllaç covalent denominat **O-glicosídic**.

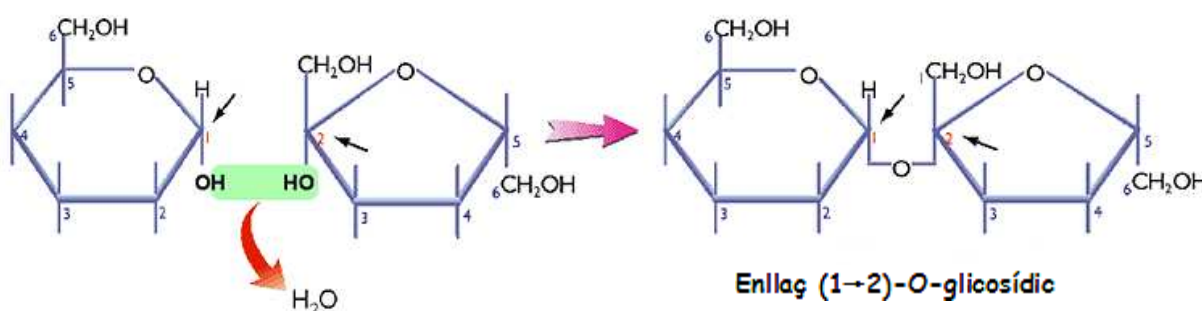
Per formar-se l'enllaç, les molècules han d'estar ciclades i sempre intervé com a mínim un carboni anomèric.

Aquest enllaç es realitza entre el grup -OH del carboni anomèric del primer monosacàrid i un grup -OH del segon monosacàrid, amb despreniment d'una molècula d' H_2O .

Si només intervé un carboni anomèric, es parla d'enllaç **O-glicosídic monocarbonílic**. Els disacàrids amb aquest enllaç conserven el poder reductor.



Si intervien els dos carbonis anomèrics, es parla d'enllaç **O-glicosídic dicarbonílic**. Els disacàrids que tenen aquest enllaç no conserven el poder reductor.



Per indicar els diferents tipus d'enllaços, es posa la configuració del carboni anomèric del primer monosacàrid (α o β), després un parèntesi a l'interior del qual es posen dos nombres, separats per una fletxeta, que indiquen els carbonis que intervien en l'enllaç del primer i segon monosacàrid, respectivament. Exemple: α (1→4), que vol dir que el primer monosacàrid té una configuració de tipus α i l'enllaç té lloc entre els -OH del C_1 i del C_4 del primer i segon monosacàrid, respectivament.

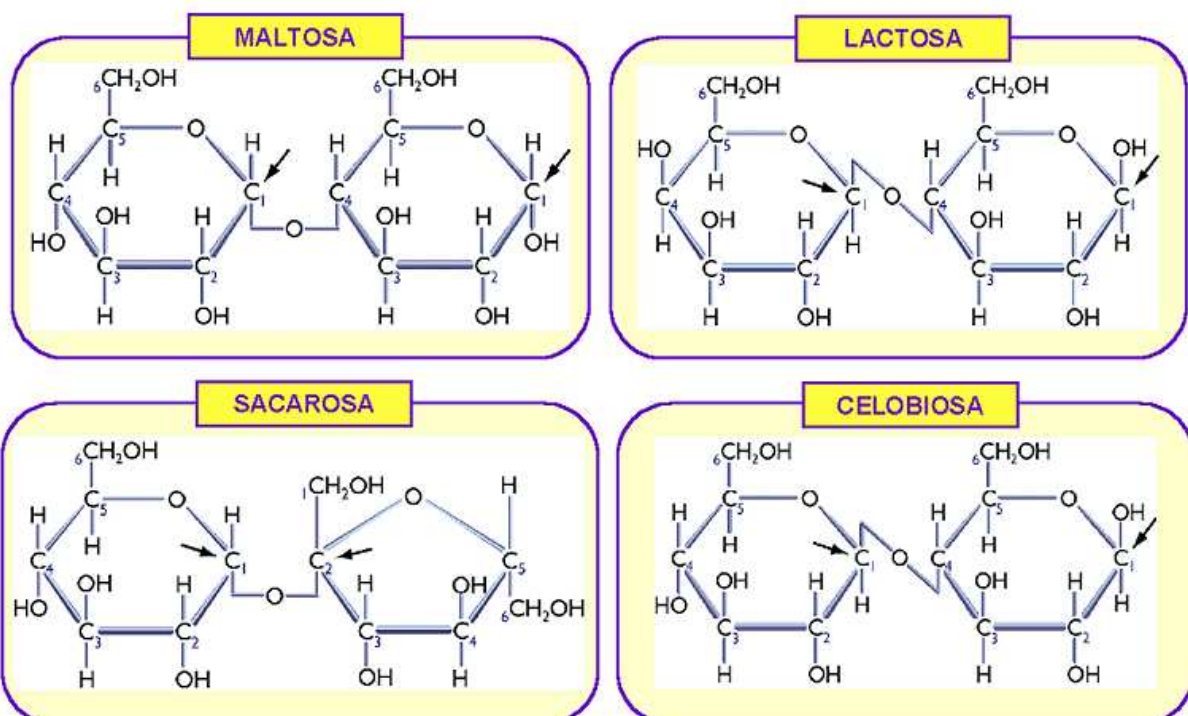
PROPIETATS DELS DISACÀRIDS

- Dolços.
- Solubles en aigua.
- Cristal·litzables.
- Hidrolitzables.
- Reductors quan el carboni anomèric d'algun d'ells no està implicat en l'enllaç.
- La seva principal funció és energètica.



DISACÀRIDS MÉS IMPORTANTS

- **Maltosa:** És el sucre de malta, gra germinat d'ordi que s'utilitza en l'elaboració de la cervesa. S'obté per hidròlisi de midó i glicogen. Posseeix dues molècules de glucosa unides per enllaç de tipus $\alpha(1\rightarrow4)$.
- **Cel·lobiosa:** No es troba lliure en la naturalesa. S'obté per hidròlisi de la cel·lulosa i està format per dues molècules de glucosa unides per enllaç $\beta(1\rightarrow4)$.
- **Lactosa:** És el sucre de la llet dels mamífers. Així, per exemple, la llet de vaca conté del 4 al 5% de lactosa. Està formada per la unió $\beta(1\rightarrow4)$ de la β -D-galactopiranososa (galactosa) i l' α -D-glucopiranososa (glucosa).
- **Sacarosa:** És el sucre de taula, s'obté de la canya de sucre i la remolatxa. Està formada per la unió $\alpha(1\rightarrow2)$ entre la α -D-glucopiranososa i la β -D-fructofuranosa (fructosa). És l'únic disacàrid no reductor.



5. POLISACÀRIDS

Els polisacàrids estan formats per la unió de molts monosacàrids (d'onze a uns quants milers) per mitjà de l'enllaç O-glicosídic, amb la pèrdua consegüent d'una molècula d'aigua per cada enllaç.

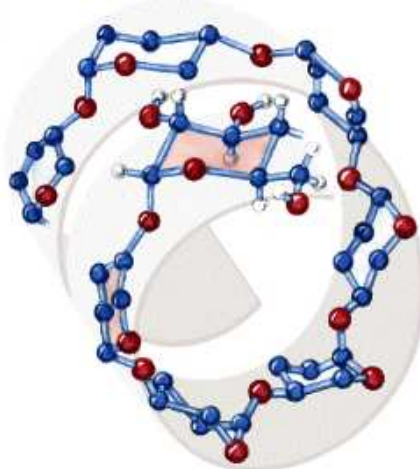
PROPIETATS DELS POLISACÀRIDS

- Tenen pesos moleculars molt elevats.
- No tenen gust dolç.
- Poden ser insolubles, com la cel·lulosa, o formar dispersions col·loïdals, com el midó. Un **col·loide** és una mescla heterogènia formada per partícules que no són apreciables a primera vista, però molt més grans que qualsevol molècula. La llet n'és un exemple.
- No tenen poder reductor.
- Poden exercir funcions estructurals o de reserva energètica.

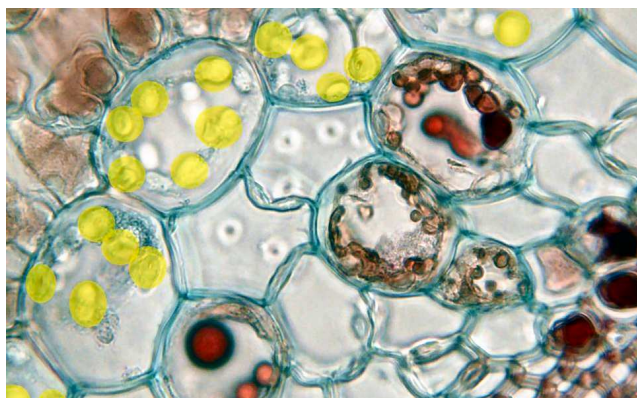
POLISACÀRIDS MÉS IMPORTANTS

➡ **Midó:** El midó és el polisacàrid de **reserva propi dels vegetals**. Els dipòsits de midó es troben dins els amiloplasts de llavors i tubercles com la patata o el moniato. El midó està format per dos polímers de glucosa: amilosa (30%) i amilopectina (70%).

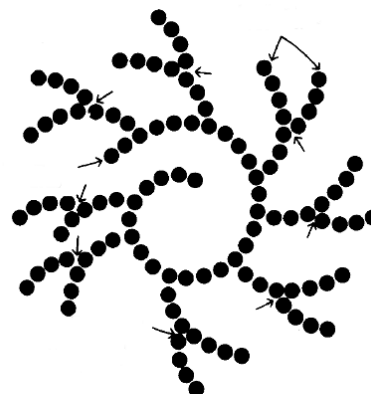
- **L'amilosa** és un polímer de maltoses unides per enllaços $\alpha(1\rightarrow4)$. Té una estructura lineal i adopta una disposició helicoidal amb sis glucoses per volta. Pot arribar a tenir 300 unitats de glucosa. Per hidròlisi, dona molècules del disacàrid maltosa i després glucoses.
- **L'amilopectina** està constituïda per un polímer de maltoses unides per mitjà d'enllaços $\alpha(1\rightarrow4)$, però cada 25 o 30 unitats de glucosa apareixen ramificacions unides a la cadena principal per enllaços $\alpha(1\rightarrow6)$.



Amilosa



Grànuls de midó (en groc a l'esquerra)

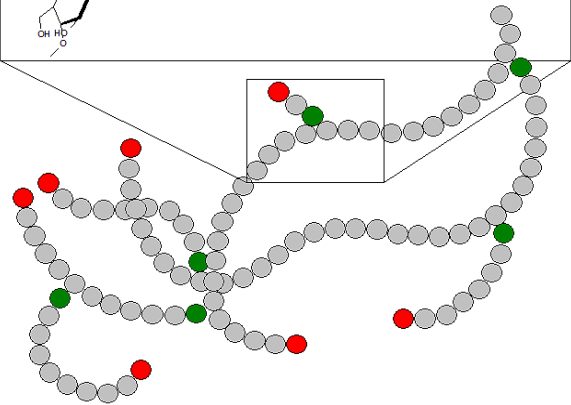
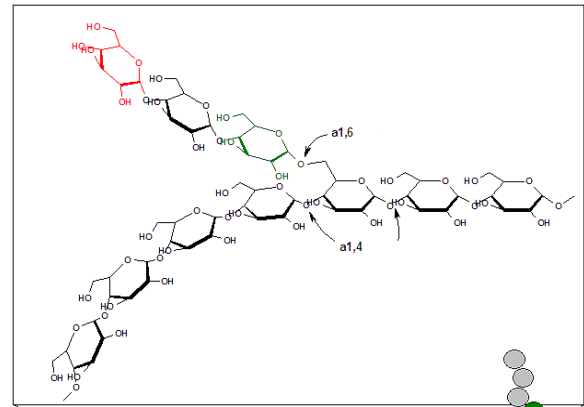


Amilopectina

- **Glicogen:** El glicogen és el polisacàrid de reserva energètica dels animals. Es troba abundantment al fetge i als músculs.

Forma dispersions col·loïdals a l'interior de la cèl·lula.

El glicogen, igual que l'amilopectina, està constituït per polímers de maltoses unides ver mitjà d'enllaços $\alpha(1\rightarrow4)$ amb ramificacions $\alpha(1\rightarrow6)$, però molt més abundants, aproximadament, cada vuit o deu glucoses.



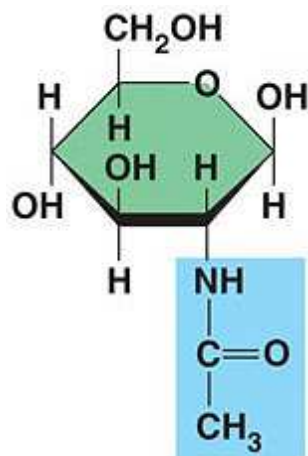
glicogen

- **Cel·lulosa:** La cel·lulosa és un polisacàrid amb funció esquelètica propi dels vegetals. És l'element més important de la paret cel·lular de la cèl·lula vegetal. El cotó és gairebé cel·lulosa pura.

La cel·lulosa és un polímer de cel·lobiosa, per tant glucoses unides per mitjà d'enllaços $\beta(1\rightarrow4)$. Aquest enllaç li dona una gran resistència. Aquests polímers formen cadenes moleculars no ramificades que s'agrupen en fibres.

Els animals no podem degradar directament la cel·lulosa per obtenir glucosa, ja que no tenim els enzims adients per trencar l'enllaç β . Tanmateix, alguns bacteris intestinals, que viuen en simbiosi en els herbívors, permeten la degradació de la cel·lulosa.

- **Quitina:** La quitina és un polisacàrid amb funció estructural d'alguns animals i fongs. Forma l'exoesquelet en artròpodes i les parets cel·lulars dels fongs. És un polímer no ramificat de la N-acetil-glucosamina amb enllaços $\beta(1\rightarrow4)$.



N-acetil-glucosamina



Artròpode desprenent-se del seu antic exoesquelet per poder créixer

6. FUNCIONS DELS GLÚCIDS

Els glúcids en els éssers vius fan dues funcions principals: energètica i estructural.

FUNCIO ENERGÈTICA DELS GLÚCIDS

El glúcid més important és la **glucosa**, ja que és el monosacàrid més abundant en el medi intern, i pot travessar la membrana cel·lular sense necessitat de ser transformat en molècules més petites.

També els **disacàrids** tenen funció energètica, ja que com a resultat de la seva hidròlisi s'obtenen monosacàrids que es poden utilitzar per a l'obtenció d'energia.

El **midó** i el **glicogen** són molècules de reserva de glucosa. Quan es necessiten, les glucoses són hidrolitzades del midó o el glicogen per ser utilitzades per la cèl·lula.

FUNCIO ESTRUCTURAL DELS GLÚCIDS

L'enllaç β impedeix la degradació de les molècules que el posseeixen i fa que alguns òrgans i estructures puguin viure centenars d'anys, com en el cas dels arbres, i mantenir estructures a diversos metres d'alçària. Entre els glúcids amb funció estructural podem esmentar:

- La **cel·lulosa** en els vegetals.
- La **quitina** en els artròpodes.
- La **ribosa** i **desoxiribosa** en els àcids nucleics de tots els éssers vius.
- Els **peptidoglicans** en la paret bacteriana.

ALTES FUNCIONS DELS GLÚCIDS

Quan els glúcids es combinen amb altres tipus de molècules poden tenir funcions variades. Per esmentar unes quantes:

- Alguns **oligosacàrids formats tres o més monosacàrids** intervenen en els processos de reconeixement cel·lular, ja que es troben inserits en la membrana plasmàtica en forma d'heteròsids, glicolípid i glicoproteïnes.
- L'**estreptomicina** té funció antibiòtica.
- La **vitamina C** té funció enzimàtica.
- L'**heparina** té funció anticoagulant.
- Les **gonadotropines** tenen funció hormonal.

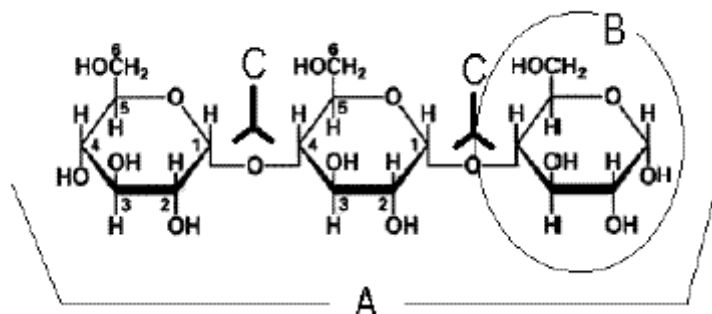


activitats proposades

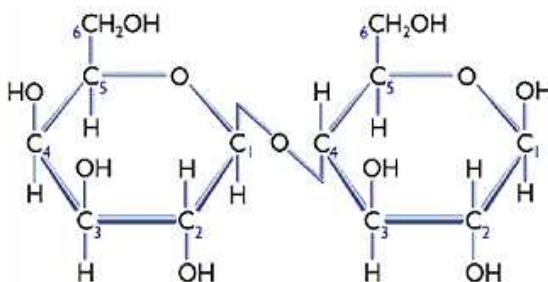
1 Completa la taula:

Molècula	Tipus de glúcid	Funcions biològiques
Glucosa		
Ribosa		
Ribulosa		
Gliceraldehid		
Lactosa		
Sacarosa		
Midó		
Glicogen		
Cel·lulosa		

2 Observa l'esquema i identifica-hi les estructures representades per les lletres A, B i C:



3 Identifica el següent disacàrid i digues quins són els seus components moleculars. Explica el tipus d'enllaç que es forma entre aquests components:

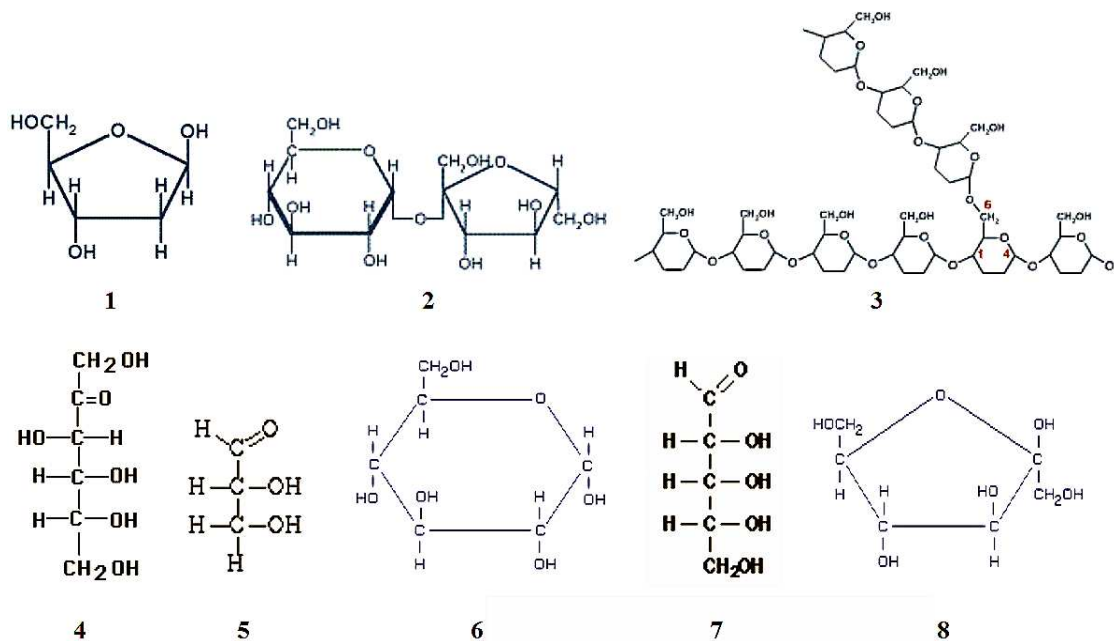


- 4** Els glúcids són principis immediats constituïts bàsicament per carboni, hidrogen i oxigen. Alguns contenen també altres elements.

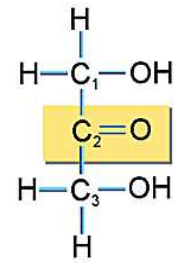
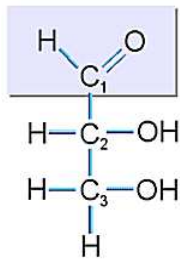
Com que la seva fórmula empírica és $(CH_2O)_n$, és molt freqüent la denominació "hidrats de carboni". És correcta aquesta denominació? Des del punt de vista químic, què són els glúcids?

- 5** Fixa't en les següents molècules i determina:

- Quina és el gliceraldehid.
- Quines tenen enllaços O-glicosídics.
- Quina és la desoxiribosa.
- Quina és el midó.
- Quins monosacàrids són aldoses i quins cetoses.
- Quins monosacàrids lineals són formes D i quins L.
- Quins monosacàrids són formes α i quins β .
- Quins són els carbonis asimètrics de l'hexosa lineal.



6 Dibuixa els isòmers d'aquestes dues molècules:



Quin tipus d'isòmers són els que has dibuixat?

Quins altres tipus d'isòmers poden existir en altres glúcids?

7 Observeu les imatges i especifiqueu:

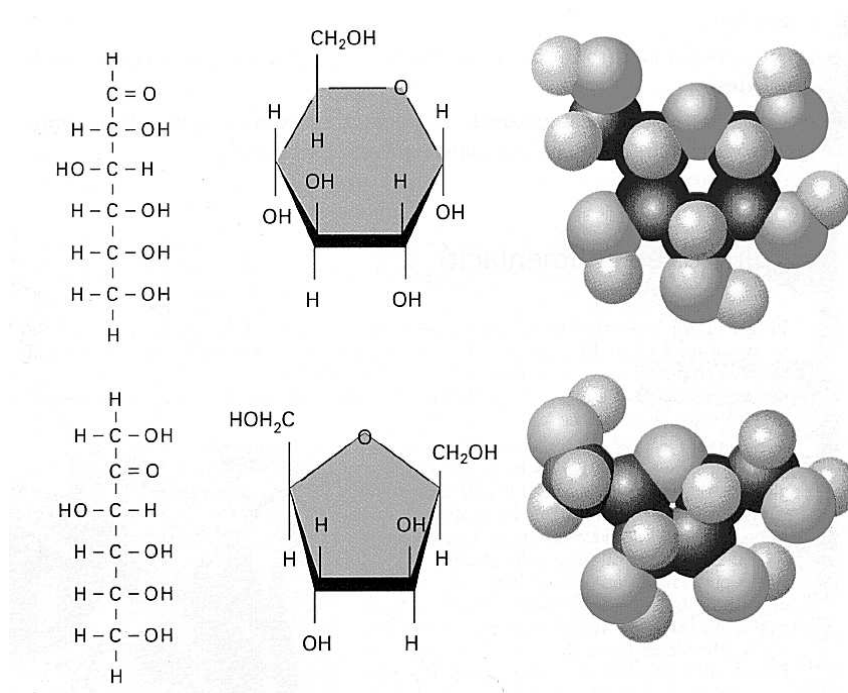
a) Els tipus de molècules que hi ha representades.

d) Aquestes molècules són liposolubles o hidrosolubles?

b) Quins enllaços les uneixen per formar polímers?

e) Un exemple de funció que fan en els éssers vius.

c) El nom que reben, en general, aquests polímers.





TEST: Glúcids

Indica la resposta correcta.

1. Quina de les següents molècules té una funció energètica:

a	Glucosa.
b	Cel·lobiosa.
c	Quitina.
d	Amilosa.
e	Cel·lulosa.

2. Les cèl·lules utilitzen com a molècules de reserva energètica:

a	Cel·lulosa, midó i glicogen.
b	Midó i glicogen.
c	Glicogen i cel·lulosa.
d	Glucosa.
e	Cel·lulosa i midó.

3. El compost soluble en aigua és la...

a	Sacarosa.
b	Galactosa.
c	Fructosa.
d	Tots els anteriors.
e	Cap dels anteriors.

4. Cadascuna de les unitats senzilles de les macromolècules s'anomena:

a	Metàmer.
b	Monòmer.
c	Isòmer.
d	Cromòmer.
e	Polímer.

5. El gliceraldehid és...

a	Una cetotriosa.
b	Un lípid saponificable.
c	Una aldotriosa.
d	Un lípid insaponificable.
e	Totes les respostes anteriors són incorrectes.

6. El compost susceptible d'hidròlisi és la...

a	Fructosa.
b	Ribosa.
c	Desoxiribosa.
d	Sacarosa.
e	Glucosa.

7. Són polisacàrids estructurals:

a	Midó i cel·lulosa.
b	Cel·lulosa i glicogen.
c	Glucosa i quitina.
d	Midó i glicogen.
e	Cel·lulosa i quitina.

8. Les pentoses i hexoses en dissolució:

a	Tenen un carboni asimètric més.
b	Perden un carboni.
c	Guanyen una molècula d'aigua.
d	Guanyen un carboni.
e	Formen cadenes lineals.

9. La ribosa i la desoxiribosa es diferencien en:

a	El nombre d'àtoms de l'últim carboni de les seves molècules.
b	El nombre d'àtoms de carboni.
c	El nombre d'àtoms de carboni asimètrics.
d	Són una aldosa i una cetosa, respectivament.
e	La funció carbonil.

10. Són disacàrids:

a	La ribosa i la desoxiribosa.
b	La maltosa i la fructosa.
c	La galactosa i la ribulosa.
d	La dihidroxiacetona i la lactosa.
e	La lactosa i la sacarosa.

11. La sacarosa es diferencia d'altres disacàrids per què...

a	No és de color blanc.
b	No té poder reductor.
c	No té funció energètica.
d	Forma part de les membranes cel·lulars.
e	Totes són correctes.

12. El disacàrid anomenat en química α -glucopiranosil-fructofuranósido és la:

a	Maltosa.
b	Lactosa.
c	Cel·lobiosa.
d	Sacarosa.
e	Glucosa.

13. Els polisacàrids semblants des del punt de vista de la seva composició química són:

a	Glicogen i amilopectina.
b	Cel·lulosa i quitina.
c	Quitina i midó.
d	Amilosa i amilasa.
e	Cap dels anteriors és correcte.

14. La D-glucosa i D-galactosa són:

a	Epímers.
b	Enantiòmers.
c	Isòmers òptics.
d	Anòmers.
e	Polímers.

15. La reacció de Fehling serveix per detectar glúcids reductors. Quins d'aquests glúcids produirà una reacció de Fehling positiva:

a	Midó.
b	Sacarosa.
c	Lactosa.
d	Cel·lulosa
e	Quitina.

16. El glicogen és un polisacàrid que es troba en:

a	El fetge dels animals.
b	La paret de les cèl·lules vegetals.
c	L'exoesquelet dels insectes.
d	La paret bacteriana.
e	Els tubercles com la patata.