

Glicogeno: forma accumulo α -glucosio nelle cellule animali

Amido: forma accumulo di α -glucosio nelle cellule vegetali

Cellulosa: polimero lineare di β -glucosio, maggiore costituente della parete cellulare delle cellule vegetali

(c) Cellulose: 1-4 linkage of β glucose monomers

✦ L'**amido** e il **glicogeno** sono polisaccaridi che immagazzinano il glucosio per un uso successivo.

✦ La **cellulosa** è un polisaccaride della parete delle cellule vegetali

Figure 3.7

Il **glicocalice** ("cell coat") è costituito da **catene laterali oligosaccaridiche dei glicolipidi e delle glicoproteine** integrali di membrana e dalle **catene saccaridiche di proteoglicani** integrali di membrana. Notare che tutti i carboidrati si trovano sul versante della membrana plasmatica rivolto verso l'esterno.

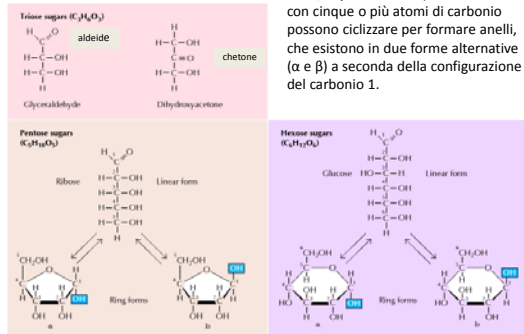
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK26878/figure/A1933/>

Carboidrati (zuccheri, glicani) (1)

- Includono gli zuccheri semplici (monosaccaridi) e tutte le molecole di maggiori dimensioni costruite a partire da molecole di zuccheri.
- Funzionano soprattutto come **depositi di energia chimica** e **come materiale di costruzione resistente e di lunga durata**.
- La maggior parte ha la formula generale $(CH_2O)_n$.
 - $3 < n < 7$ (metabolismo cellulare).
- Gli zuccheri possono esistere sia in forma di **anello** che di **catena lineare aperta**.

Struttura degli zuccheri semplici

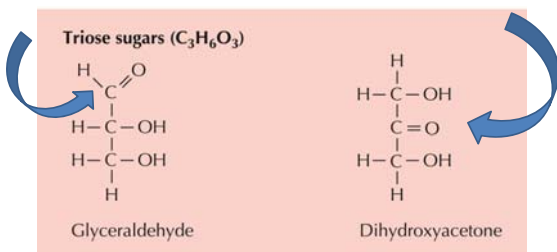
Sono illustrati zuccheri rappresentativi contenenti tre, cinque e sei atomi di carbonio (zuccheri triosi, pentosi, e esosi, rispettivamente). Gli zuccheri con cinque o più atomi di carbonio possono ciclizzare per formare anelli, che esistono in due forme alternative (α e β) a seconda della configurazione del carbonio 1.



<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9879/figure/A252/Report-objectonly>

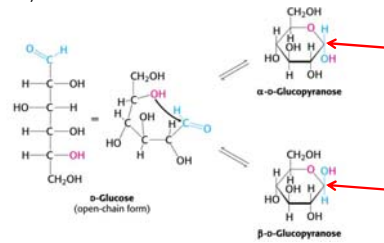
Carboidrati (glicani) (2)

- Nella forma a catena aperta gli zuccheri contengono **diversi gruppi idrossilici** (-OH) oltre ad un **gruppo aldeidico** ($H-C=O$) oppure ad un **gruppo chetonico** ($>C=O$).



Carboidrati (glicani) (3)

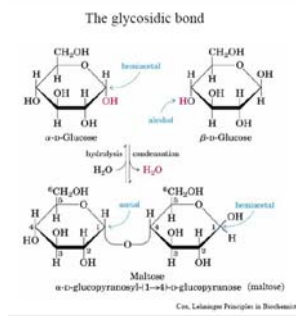
- Il **gruppo aldeidico** o **chetonico** gioca un ruolo speciale:
 - Può **reagire con un gruppo idrossilico sulla stessa molecola** per convertirla in un **anello**. Nell'anello, il carbonio del gruppo aldeidico o chetonico originario può essere riconosciuto come **l'unico atomo di carbonio che è legato a due ossigeni** (ossia, è **l'atomo di carbonio più ossidato**).



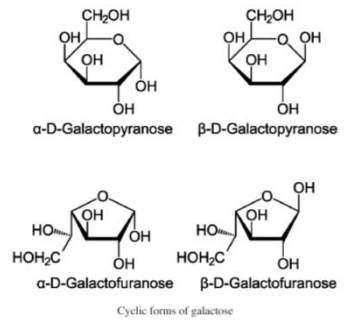
<http://oregonstate.edu/instruction/bb450/stryer/ch11/Slide19.jpg>

Carboidrati (glicani) (4)

- Una volta formato l'anello, quest'atomo di carbonio può **legarsi ulteriormente**, mediante un **legame detto glicosidico**, ad uno degli atomi di carbonio che porta un gruppo idrossilico su di un'altra molecola di zucchero, creando un **disaccaride**.



Isomero α:
gruppo OH sotto piano dell'anello



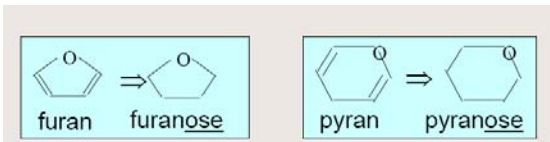
Isomero β:
gruppo OH sopra piano dell'anello

<http://en.wikipedia.org/wiki/Galactose>

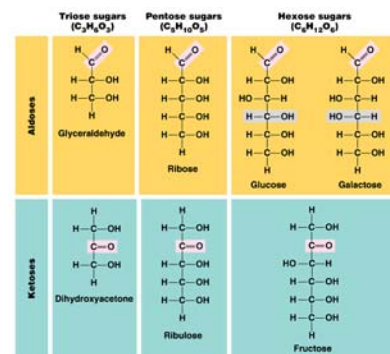
Concetti di Chimica Organica (non per esame):

Strutture di anelli

- I monosaccaridi con 5 o più atomi di carbonio nella struttura principale possono assumere strutture cicliche o ad anello in soluzione.
- Le forme più comuni sono basate su:



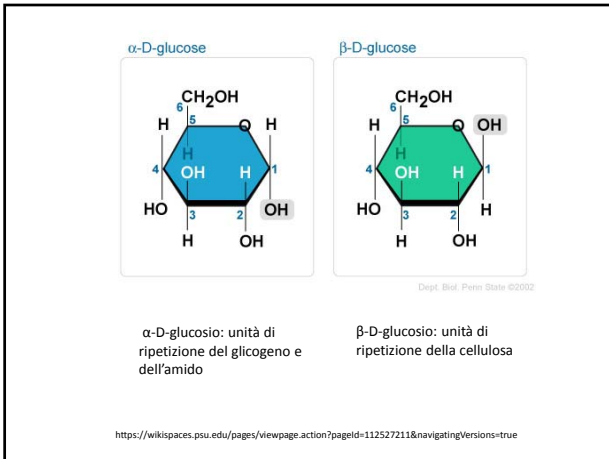
Altri monosaccaridi comuni



- Il **fruttosio** è uno zucchero comune nella frutta e il **galattosio** è lo zucchero che si trova nel latte.
- Gli zuccheri con 6 carboni sono chiamati **"esosi"**. Gli zuccheri con 5 atomi di carbonio sono **"pentosi"** mentre quelli con 7 sono chiamati "eptosi".
- Due "pentosi" molto importanti sono il **Ribosio** che si trova nell'**acido Ribonucleico, RNA**, e il **Desossiribosio**, che si trova nell'**Acido Desossiribonucleico, DNA**.

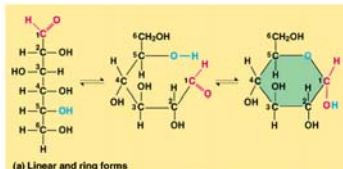
Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

<http://kentsimmons.uwinnipeg.ca/cm1504/carbohydrates.htm>

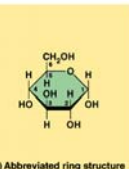


Monosaccaridi

- ⚡ Queste molecole consistono di forme a catena aperta o ad anello con 3-8 atomi di carbonio. Il più comune tipo di monosaccaride è lo zucchero semplice "glucosio".
- ⚡ Il glucosio è un'importante sorgente energetica nelle cellule metabolicamente attive.

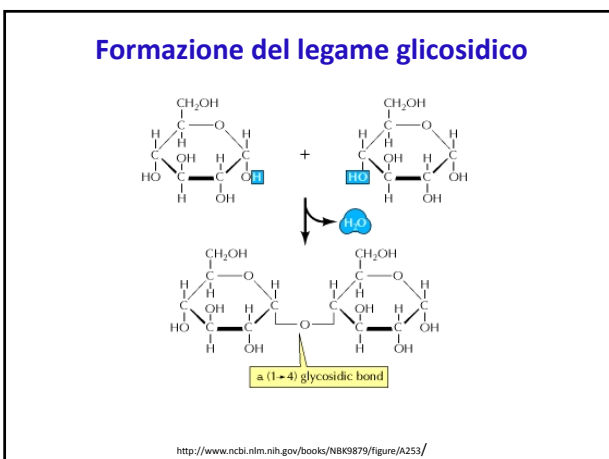


(a) Linear and ring forms

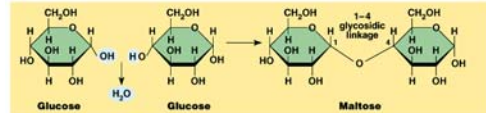


(b) Abbreviated ring structure

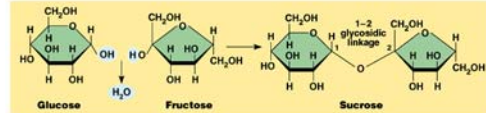
Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.
<http://kentsimmons.uwinipeg.ca/cm1504/carbohydrates.htm>



Disaccaridi



(a) Dehydration synthesis of maltose



(b) Dehydration synthesis of sucrose

Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Quando due monosaccaridi si riuniscono essi formano un "disaccaride". Questo legame fra due zuccheri, "legame glicosidico", comporta la rimozione di una molecola di acqua (H₂O).
 Es. Glucosio + Glucosio = Maltosio

Disaccaridi

(riserve energetiche prontamente utilizzabili)

SACCAROSIO

Saccarosio («zucchero da tavola»):

- Circola nella linfa delle **PIANTE**
- Distribuisce energia chimica ai vari tessuti delle piante.

LATTOSIO

Lattosio:

- Presente nel latte della maggior parte dei mammiferi.
- Fornisce energia ai neonati nei primi stadi dello sviluppo.
- E' idrolizzato dall'enzima lattasi presente nelle cellule dell'intestino tenue.

Maltosio

α-D-glucosio
α-D-glucosio
α glicosidic bond

Lattosio

β-D-galattosio
β-D-glucosio
β glicosidic bond

I legami β-glicosidici sono più stabili dei legami α-glicosidici

https://wikispaces.psu.edu/download/attachments/40047583/image-4.jpg

Carboidrati (glicani) (5)

- ✚ L'aggiunta di ulteriori unità di monosaccaridi dà origine ad **oligosaccaridi** di dimensioni crescenti fino ai **polisaccaridi**, molecole con migliaia di unità monosaccaridiche.
- ✚ Poiché ogni monosaccaride ha diversi gruppi idrossilici che possono formare legami con altri monosaccaridi (o con un altro composto), **il numero di strutture polisaccaridiche possibile è estremamente elevato**. Persino un semplice disaccaride con due unità di glucosio può avere 11 diverse varianti, mentre tre diversi esosi (C₆H₁₂O₆) possono combinarsi in modo da formare diverse migliaia di trisaccaridi diversi.

La complessità della struttura dei carboidrati

Carboidrati, acidi nucleici e proteine contengono informazioni biologiche nella loro struttura, ma i primi hanno la massima capacità di veicolare informazioni perché hanno il più ampio potenziale di varietà strutturale. Le molecole di monosaccaridi, che sono le unità costitutive dei carboidrati, possono connettersi tra loro in parecchi punti, formando un'ampia varietà di strutture lineari o ramificate; nell'esempio qui riportato, il carboidrato ramificato è solo una delle molte strutture che possono essere formate a partire da quattro molecole identiche di glucosio. Gli amminiacidi delle proteine, così come i nucleotidi degli acidi nucleici, possono formare solo strutture lineari, il che limita la loro diversità. Il peptide (frammento di proteina) qui riportato è il frammento possibile sintetizzato a partire da quattro molecole dell'amminocido glicina.

AMMINOACIDO (GLICINA)

PEPTIDE (TETRAGLICINA)

MONOSACCARIDE (GLUCOSIO)

OLIGOSACCARIDE (TETRAGLICOSIO RAMIFICATO)

● CARBONIO ● OSSIGENO ● AZOTO ● IDROGENO

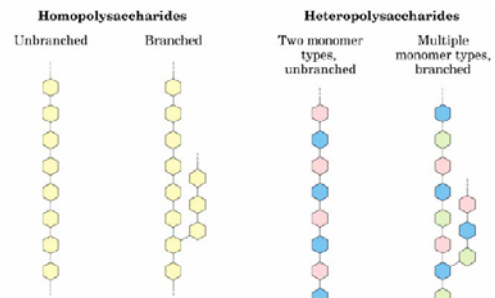
48 LE SCIENZE n. 295, marzo 1993

La complessa struttura dei carboidrati

Carboidrati, acidi nucleici e proteine contengono informazioni biologiche nella loro struttura, ma i primi hanno la massima capacità di veicolare informazioni perché hanno il più ampio potenziale di varietà strutturale. Le molecole di monosaccaridi, che sono le unità costitutive dei carboidrati, possono connettersi tra loro in parecchi punti, formando un'ampia varietà di strutture lineari o ramificate; nell'esempio qui riportato, il carboidrato ramificato è solo una delle molte strutture che possono essere formate a partire da quattro molecole identiche di glucosio. Gli amminoacidi delle proteine, così come i nucleotidi degli acidi nucleici, possono formare solo strutture lineari, il che limita la loro diversità. Il peptide (frammento di proteina) qui riprodotto è l'unico peptide possibile sintetizzato a partire da quattro molecole dell'amminoacido glicina.

48 LE SCIENZE 295, marzo 1993

Schematic arrangement of sugar units in polysaccharides



Coz, Lehninger Principles in Biochemistry, chapter 9, figure 13

Carboidrati (glicani) (6)

- Il **glucosio** è il principale componente dell'alimentazione per molte cellule. Una serie di reazioni di tipo ossidativo porta da questo esoso a diversi altri zucchero-derivati ed infine a CO_2 e H_2O . Il risultato netto si può scrivere:



- Nel corso della degradazione del glucosio, sia l'**energia** che il "**potere riducente**" (ossia, la **capacità di perdere elettroni e quindi di venire ossidato mentre un'altra molecola è ridotta**), entrambi fondamentali per le reazioni di biosintesi, vengono **salvati** e **conservati** soprattutto, nel caso dell'**energia**, sotto forma di **ATP** (adenosina trifosfato) e nel caso del **potere riducente** come **NADH** (nicotinamide adenina dinucleotide ridotto; un coenzima).

Carboidrati (glicani) (7)

- I polisaccaridi semplici composti solo da residui di glucosio – principalmente il **glicogeno** nelle cellule animali e l'**amido** nelle cellule vegetali – vengono usati per **immagazzinare energia da utilizzare in caso di necessità**.
- Gli zuccheri sono coinvolti in varie altre funzioni, oltre che nella produzione ed immagazzinamento di energia:
 - Importanti materiali strutturali extracellulari come la **cellulosa** sono composti di polisaccaridi semplici.
 - Catene più piccole ma più complesse di molecole di **zuccheri** sono spesso **legate covalentemente a proteine**, formando **glicoproteine** e **proteoglicani** o a **lipidi**, formando **glicolipidi**.

○

POLISACCARIDI
MONOMERI UGUALI, TIPI DI LEGAME,
EVENTUALE RAMIFICAZIONE

Polisaccaridi

(a) Dehydration reaction in the synthesis of a polymer

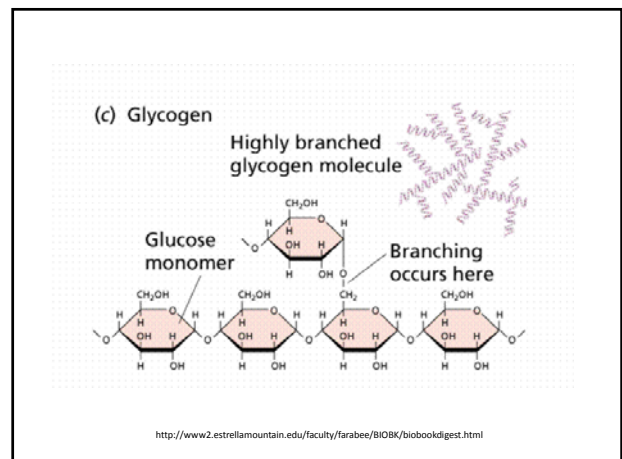
(b) Hydrolysis of a polymer

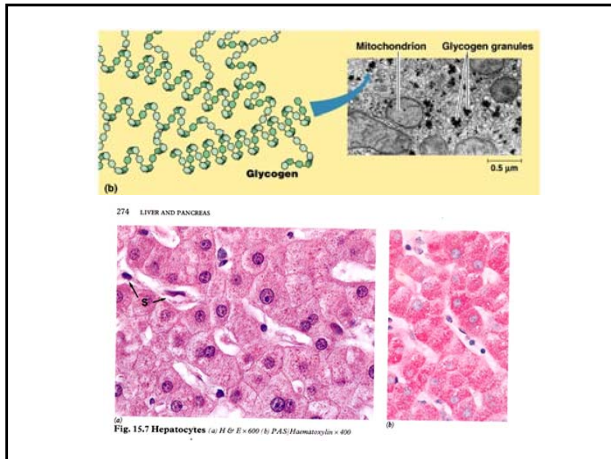
Sono lunghe catene di zuccheri collegati da **legami glicosidici**.

Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.
<http://kentsimmons.uwinnipeg.ca/cm1504/carbohydrates.htm>

Glicogeno (1)

- ✚ Gli animali possono immagazzinare il glucosio in un polisaccaride chiamato **glicogeno**
- ✚ Il glicogeno è **altamente ramificato**
- ✚ Gli esseri umani e altri vertebrati immagazzinano il glicogeno nel fegato e nei muscoli ma hanno riserve solo per un giorno.





Il glicogeno come riserva di energia (1)

- Il **glucosio** è il combustibile energetico preferito dal **cervello**. Per proteggere il cervello da una potenziale carenza di combustibile il corpo cerca di **mantenere costante il livello di glucosio nel sangue**.
- Perciò il glucosio in eccesso della dieta viene polimerizzato al polisaccaride glicogeno che viene immagazzinato nelle cellule del fegato e del muscolo. Quando il livello di glucosio nel sangue comincia a calare questo deposito di glucosio può venire mobilizzato rapidamente.
- La struttura primaria del glicogeno somiglia a quella dell'amilopectina ma il glicogeno è molto più ramificato con punti di ramificazione ad ogni 8 a 12 residui di glucosio.

Il glicogeno come riserva di energia (2)

- Il glicogeno viene immagazzinato in granuli citoplasmatici nelle cellule del fegato e del muscolo, che contengono fino a 120.000 unità di glucosio. I granuli di glicogeno contengono anche gli enzimi che catalizzano la sintesi e la degradazione del glicogeno e alcuni enzimi che regolano questi processi.
- Paragonato ai grassi (trigliceridi) il glicogeno ha diversi vantaggi come riserva di energia a corto termine:** i muscoli possono mobilizzare l'energia immagazzinata nelle unità di glucosio del glicogeno molto più rapidamente di quanto possano mobilizzare l'energia immagazzinata nel grasso. Il **glucosio**, al contrario degli acidi grassi, **può essere metabolizzato anaerobicamente** (fermentazione anaerobica) e perciò fornisce un modo molto veloce per generare energia. Inoltre gli esseri umani e gli animali non sono in grado di convertire gli acidi grassi in glucosio. Perciò, il metabolismo dei grassi di per sé non può mantenere adeguatamente i livelli ematici di glucosio.

Il glicogeno come riserva di energia (3)

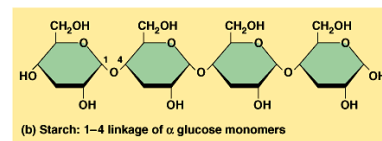
- La degradazione del glicogeno è scatenata sia da un'elevata richiesta energetica da parte del muscolo che da basse concentrazioni di glucosio (proveniente dal sangue) nel fegato. Le cellule del fegato rilasciano subunità di glucosio nel torrente sanguigno per mantenerne a concentrazione ematica giusta di glucosio. Le unità di glucosio del glicogeno vengono mobilizzate mediante rimozione in sequenza dalle estremità delle catene.
- Perciò, **la struttura altamente ramificata permette la rapida degradazione del glicogeno mediante rilascio simultaneo di unità di glucosio all'estremità di ogni ramificazione**. La degradazione del glicogeno richiede l'attività di diversi enzimi che scindono le unità di glucosio dalle catene e rimuovono i punti di ramificazione.

Il glicogeno come riserva di energia (4)

- Quando il glucosio non è necessario come fonte di energia metabolica, il glicogeno viene sintetizzato enzimaticamente a partire dal glucosio-6-fosfato nella maggior parte dei tipi cellulari, in particolare nelle cellule del fegato e del muscolo. Ci sono enzimi specifici che catalizzano la formazione di legami glicosidici α (1 \rightarrow 4) per l'allungamento della catena, mentre un enzima diverso introduce i punti di ramificazione (1,4 \rightarrow 1,6).
- Le velocità con cui il glicogeno viene sintetizzato o degradato sono controllate dagli ormoni **glucagone**, **insulina** e **epinefrina** (adrenalina), nonché da ioni Ca^{2+} .
 - Degradazione del glicogeno:** stimolata da glucagone, epinefrina e Ca^{2+} .
 - Sintesi del glicogeno:** attivata dall'insulina. Una carenza di insulina o di recettori per l'insulina porta alla malattia diabete, che è caratterizzata da livelli elevati anomali per il glucosio nel sangue.

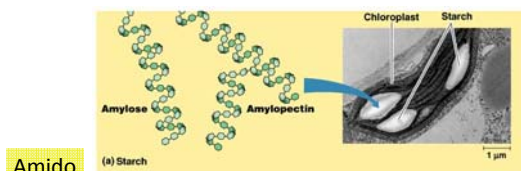
Amido (1)

- L'**amido** è un polisaccaride di deposito, interamente costituito di monomeri di α -glucosio.
- La maggior parte dei monomeri è collegata da legami 1-4 fra le molecole di glucosio.



Amido (2)

- Una **forma non ramificata** dell'amido, l'**amilosio**, forma una elica
- Le **forme ramificate**, come l'amilopectina, sono più complesse.

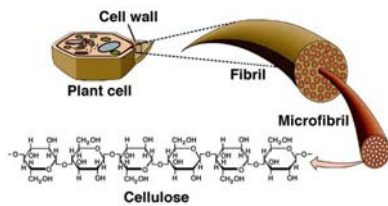


Amido (3)

- Le piante immagazzinano l'amido all'interno di **plastidi**, incluso i cloroplasti.
- Le piante possono depositare il glucosio in eccesso nell'amido e riutilizzarlo quando necessitano di energia o di atomi di carbonio.
- Anche gli animali che si alimentano di piante, soprattutto di parti ricche di amido, possono accedere a questo amido per potenziare il loro stesso metabolismo.

Cellulosa

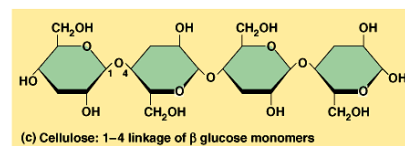
Arrangement of Fibrils, Microfibrils, and Cellulose in Cell Walls



http://www.bio.miami.edu/dana/226/226F07_3.html

Cellulosa (1)

- Principale componente delle piante boschive e di quelle fibrose: più abbondante polimero singolo della biosfera
- Come l'amilosio, la cellulosa è un polimero lineare di D-glucosio, ma nella cellulosa le unità monosaccaridiche sono connesse da legame β (1 \rightarrow 4).

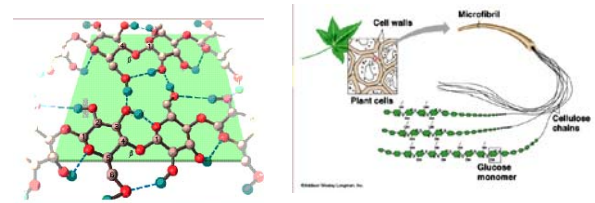


Cellulosa (2)

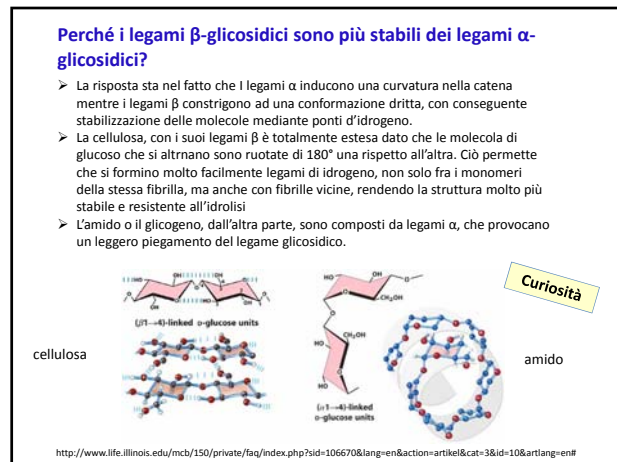
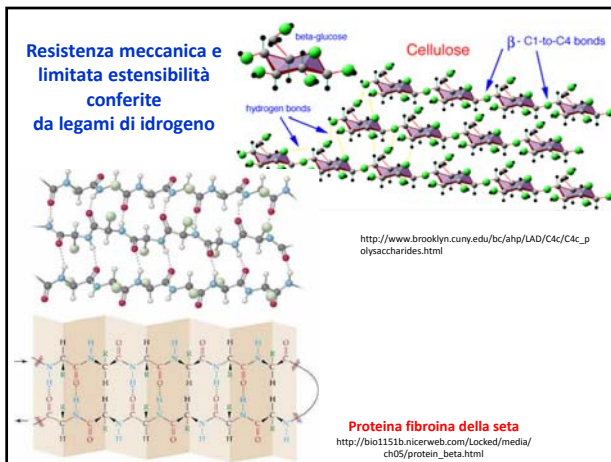
- Questa differenza apparentemente di poco conto rispetto all'amido (ad es l'amilosio) ha notevole conseguenze **strutturali**.
- La cellulosa può esistere sotto forma di catena completamente distesa, in cui ogni residuo di glucosio è ruotato di 180° rispetto al residuo successivo.
- In questa forma distesa le catene sono in grado di costituire **strutture a nastro che si impaccano una a fianco dell'altra mediante una rete di legami di idrogeno tra e entro le catene stesse**:

Adattato da Mathews et al: Biochemistry, 3rd Ed., Addison-Wesley Publishing Co

Cellulosa (3)



- Questa organizzazione ricorda la struttura a foglietto β della proteina fibroina della seta, e come per questa, **le fibrille di cellulosa possiedono una grande resistenza meccanica ma una limitata estensibilità**.



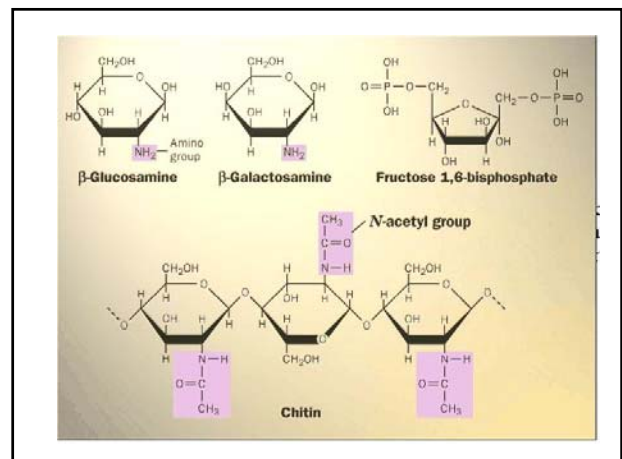
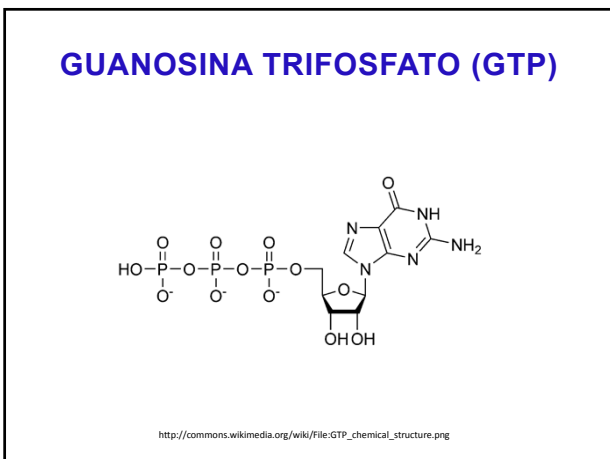
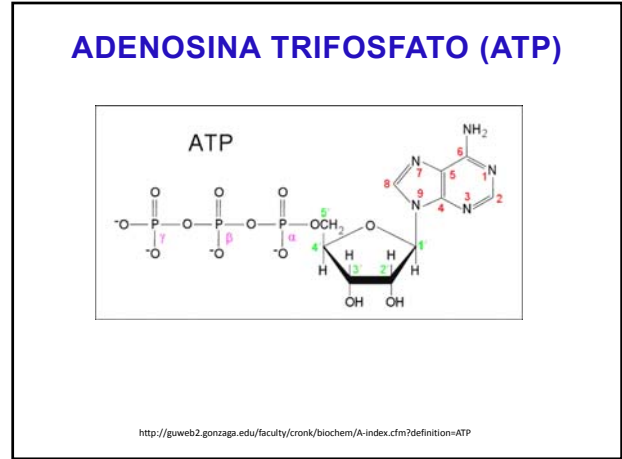
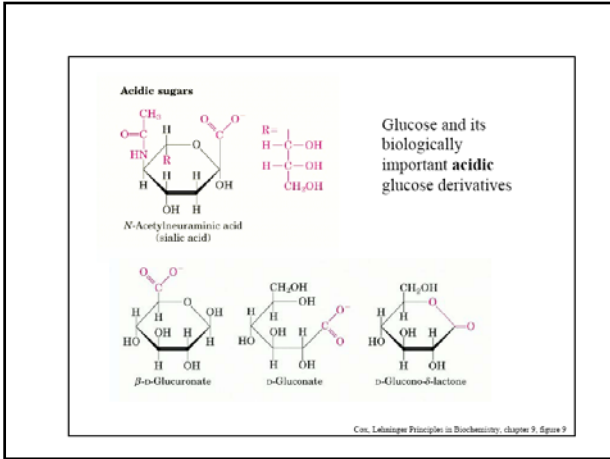
Cellulosa (4)

Curiosità

- La piccola differenza nel tipo di legame tra cellulosa e amido ha un'altra importante conseguenza:
 - Gli enzimi animali che sono in grado di catalizzare la scissione dei legami α (1 \rightarrow 4) dell'amido non sono in grado di idrolizzare la cellulosa.
- Per questa ragione, gli esseri umani, anche in condizioni di grande carenza alimentare, non sono in grado di utilizzare le enormi quantità di glucosio attorno ad essi sotto forma di cellulosa.
- Animali ruminanti (ad es. le mucche) possono digerire la cellulosa solo perché contengono nel loro tratto digerente batteri simbiotici che producono le necessarie cellulasi.
- Le termiti riescono a nutrirsi di sostanze lignee con un meccanismo simile: il loro intestino ospita protozoi (eucarioti unicellulari) capaci di digerire la cellulosa.
- Molti funghi possiedono anch'essi questi enzimi ed è per questo motivo che essi possono utilizzare con fonti di carbonio il legno su cui vivono.
- Altri polisaccaridi delle parti fibrose delle piante: xilani (polimeri di D-xilopiranosio), glucomannani, ecc. Spesso questi polisaccaridi sono indicati collettivamente con il termine di **emicellulosa**.

DERIVATI DEI CARBOIDRATI

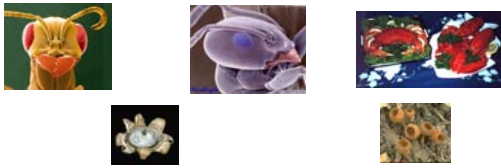
- I **derivati dei carboidrati** differiscono dai monosaccaridi, oligosaccaridi o polisaccaridi in quanto **contengono elementi chimici diversi del carbonio, ossigeno e idrogeno**. Molti **zuccheri fosfatati** sono importanti intermediari del metabolismo respiratorio e fotosintetico. Gli **amminozuccheri** sono un altro importante gruppo di derivati dei carboidrati.



Seminario

Chitina (1)

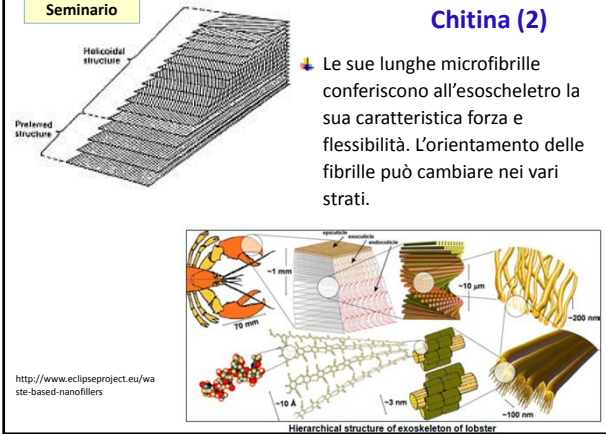
- La **chitina** è il secondo più importante polisaccaride nella natura, dopo la cellulosa.
- È un polimero della **N-acetilglucosamina** ed è presente in natura di solito complessata con altri polisaccaridi e con proteine.
- È il più importante componente dell'esoscheletro degli insetti, crustacei, ed altri artropodi. L'**esoscheletro** è il caratteristico strato esterno che conferisce forma e supporto all'organismo.
- La chitina è inoltre presente nella parete di molti funghi.



Seminario

Chitina (2)

- Le sue lunghe microfibrille conferiscono all'esoscheletro la sua caratteristica forza e flessibilità. L'orientamento delle fibrille può cambiare nei vari strati.



Chitina

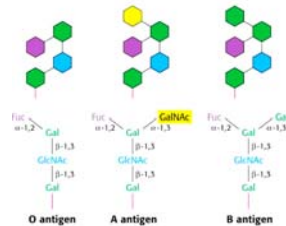


La **chitina** è un importante material strutturale dei rivestimenti di insetti, granchi, ed aragoste. Nella chitina l'unità di base non è il glucosio, bensì la N-acetil-D-glucosamina in legami 1-4. Questi polimeri sono molto duri quando impregnati con carbonato di calcio.

OLIGOSACCARIDI, POLISACCARIDI
MONOMERI DIVERSI,
COMBINAZIONI LINEARI O RAMIFICATE

IMPORTANTE CAPIRE: OLIGOSACCARIDI E POLISACCARIDI COME MARCATORI CELLULARI (1)

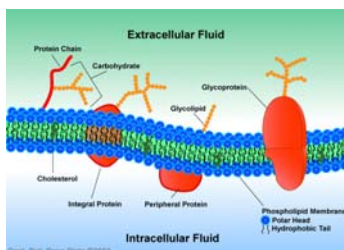
- Gli **oligosaccaridi** giocano un ruolo importante nei processi di **ricoscimento/identità cellulare**.
- Formano ad esempio gli **antigeni dei gruppi sanguigni** mediante legame covalente con proteine della membrana plasmatica delle cellule del sangue formando **glicoproteine** e, in alcuni casi, **glicolipidi**.
- Tre diverse strutture oligosaccaridiche danno origine ai **gruppi sanguigni** – A, B e O. La struttura di base di ciascuna consiste nella struttura dell'antigene O.
- Enzimi detti glicosiltrasferasi altamente specifici aggiungono i monosaccaridi aggiuntivi all'antigene O per dare origine sia all'antigene A o all'antigene B.



OLIGOSACCARIDI E POLISACCARIDI COME MARCATORI CELLULARI (2)

- Le molecole degli antigeni dei gruppi sanguigni rappresentano soltanto un caso speciale di un fenomeno molto più generale – **l'identificazione delle cellule mediante oligosaccaridi**.
- Negli organismi multicellulari i diversi tipi di cellule debbono essere marcati in superficie in modo che esse possano interagire in modo corretto con altre cellule o molecole extracellulari.
- La superficie di molte cellule è quasi interamente ricoperta da polisaccaridi che sono legati sia a proteine che a lipidi della membrana cellulare.

OLIGOSACCARIDI E POLISACCARIDI COME MARCATORI CELLULARI (3)



- Alcune cellule animali hanno un rivestimento estremamente spesso di polisaccaridi detto "**glicocalice**".
- Le superficie cellulari di molte cellule tumorali sono anomale, il che può spiegare la perdita di specificità che tali cellule spesso presentano.

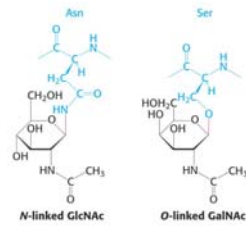
PROPRIETA' DEGLI OLIGOSACCARIDI CHE POSSONO CONTRIBUIRE AL LORO RUOLO COME MARCATORI CELLULARI (1)

- Presentano un'enorme variabilità di strutture in catene relativamente corte:
 - I molteplici monomeri, tipi di legame, e quadri di ramificazione portano un vasto **vocabolario** altamente **specifico**.
- Sono potenti **antigeni** (possono indurre velocemente anticorpi).
- **Più della metà delle proteine degli eucarioti possono portare catene di oligosaccaridi o di polisaccaridi legate covalentemente.**

Seminario

**PROPRIETA' DEGLI OLIGOSACCARIDI
CHE POSSONO CONTRIBUIRE
AL LORO RUOLO COME MARCATORI CELLULARI (2)**

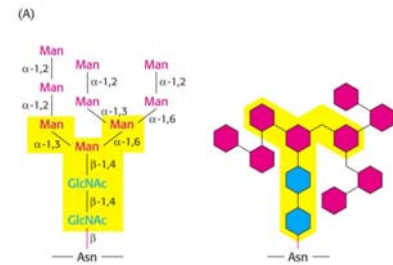
- Nelle glicoproteine, gli zuccheri sono legati sia **all'atomo di azoto** amidico della catena laterale di alcuni aminoacidi di asparagina (detto **N-legame**), oppure **all'atomo di ossigeno** della catena laterale della serina o della treonina (detto **O-legame**)



Seminario

**PROPRIETA' DEGLI OLIGOSACCARIDI
CHE POSSONO CONTRIBUIRE
AL LORO RUOLO COME MARCATORI CELLULARI (3)**

- La base di carboidrati comune a tutti gli N-oligosaccaridi è:

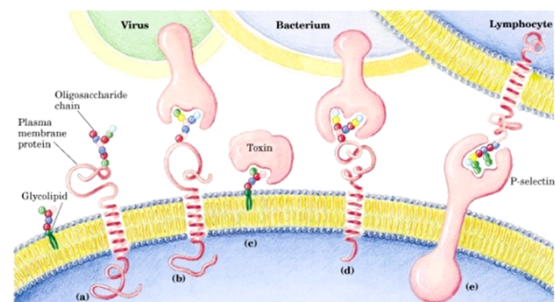


Seminario

**PROPRIETA' DEGLI OLIGOSACCARIDI
CHE POSSONO CONTRIBUIRE
AL LORO RUOLO COME MARCATORI CELLULARI (4)**

- Un ulteriore e importante ruolo degli N-oligosaccaridi è quello dello **smistamento intracellulare di proteine** negli organismi eucariotici.
- Le proteine destinate a taluni organelli (ad. es. lisosomi), o alla secrezione sono **marcate specificamente da oligosaccaridi durante il processamento post-traduzionale che assicura la loro consegna alle destinazioni appropriate.**

Saccharides and Cell Adhesion



Seminario

Glicosaminoglicani

D-Glucuronic acid (GlcA) - N-Acetyl-D-Galactosamine (GalNAc) - L-Iduronic acid (IdoA)

Chondroitin Sulfate

L-Iduronic acid (IdoA) - N-Acetyl-D-Galactosamine (GalNAc) - D-Glucosamine (GlcNH2)

Dermatan Sulfate

D-Glucuronic acid (GlcA) - D-Glucosamine (GlcNH2) - L-Iduronic acid (IdoA)

Heparan Sulfate

L-Iduronic acid (IdoA) - D-Glucosamine (GlcNH2) - D-Glucuronic acid (GlcA)

Heparin

GlycoWord

Seminario

Proteoglicani

- ✦ Complesso di una **proteina assiale** a cui sono legate covalentemente diverse catene lineari di **glicosaminoglicani (GAGs)**
- ✦ **GAGs** sono ripetizioni lineari di disaccaridi con modificazioni dei gruppi amminici
- ✦ Spesso **solfatati**
- ✦ Sempre **negativi**
- ✦ Perciò, i GAGs, idrofilici, si respingono uno con l'altro e formano una matrice idratata capace di assorbire fino a 1000 volte in loro volume in acqua.

Seminario

Raj PP Pain Pract 8: 18-44, 2008

Matrice extracellulare: **CARTILAGINE**