



I Carboidrati

a cura di Antonio Incandela

I **Carboidrati** o **glucidi** sono composti organici ternari formati da carbonio, idrogeno, ossigeno.

Chimicamente sono dei **polialcoli**.

Essi rappresentano sia una risorsa energetica, sia importanti componenti strutturali delle cellule.

Sono fra i composti organici più abbondanti sulla Terra e rappresentano la prima sorgente di energia per i sistemi viventi.

In base al numero di monomeri di cui sono costituiti essi si distinguono in:



Carboidrati semplici

monosaccaridi Carboidrati che non possono essere demoliti per idrolisi, in quanto formati da una sola unità saccaridica

oligosaccaridi formati da 2 a 10 monomeri (unità saccaridiche) legati fra loro da un legame covalente (**legame glicosidico**)

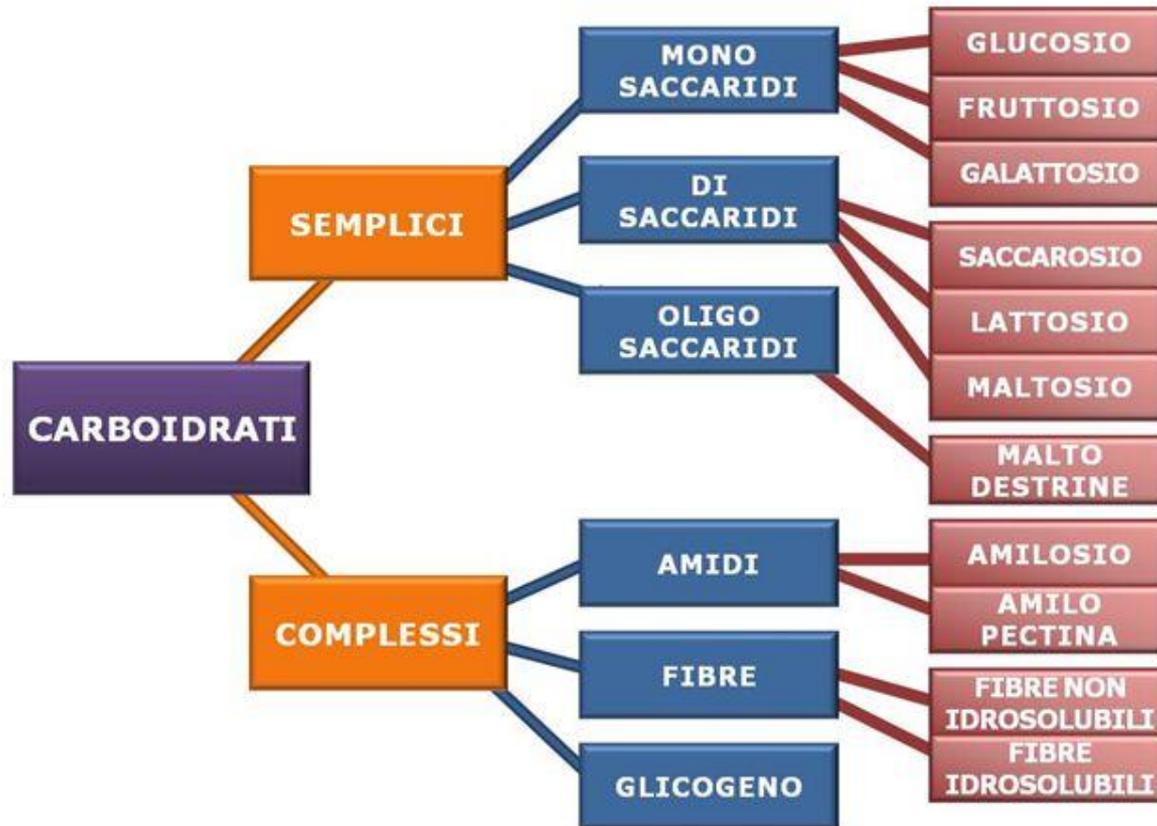
Per i monosaccaridi e per i disaccaridi, solubili in H_2O , si usa anche il termine zuccheri.

Carboidrati complessi

polisaccaridi formati da più di 10 monomeri legati fra loro.



Classificazione



MONOSACCARIDI

Sono zuccheri semplici la cui molecola contiene da 3 a 7 atomi di carbonio.

Sono rappresentati con la formula generica $(\text{CH}_2\text{O})_n$, dove n è un numero intero.

A seconda del numero di atomi di C in essi presenti, distinguiamo:

TRIOSI (3 atomi di C) TETROSI (4 atomi di C) PENTOSI (5 atomi di C) ESOSI (6 atomi di C)

Tra questi ricordiamo in particolare i pentosi e gli esosi :

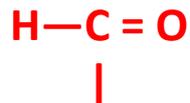
I **pentosi** sono monosaccaridi a 5 atomi di C e comprendono il ribosio costituente dell'RNA e il desossiribosio costituente del DNA.

Gli **esosi** contengono 6 atomi di C e tra essi ricordiamo il glucosio, il fruttosio, e il galattosio.

A seconda del gruppo funzionale che li caratterizza, si suddividono in:

ALDOSI

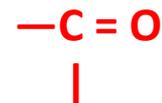
gruppo funzionale
aldeidico



es. glucosio

CHETOSI

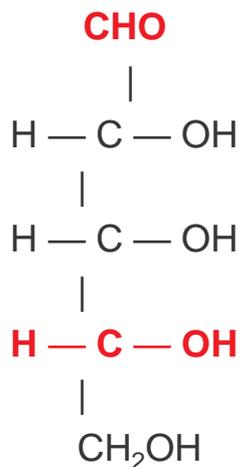
gruppo funzionale
chetonico



es. fruttosio

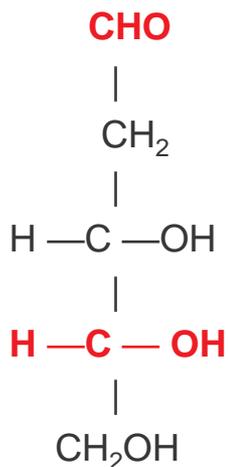
Alcuni importanti pentosi ed esosi sono:

D – ribosio
(aldopentoso)



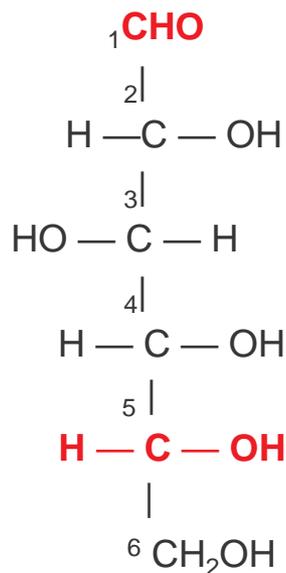
C₅H₁₀O₅

D – desossiribosio
(aldopentoso)



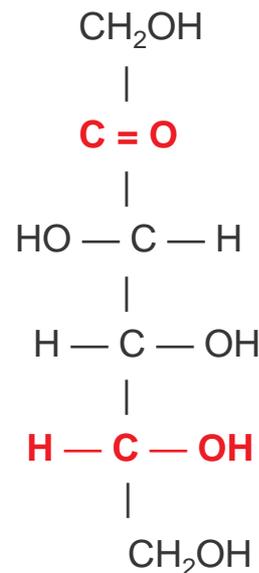
C₅H₁₀O₄

D – glucosio
(aldoesoso)



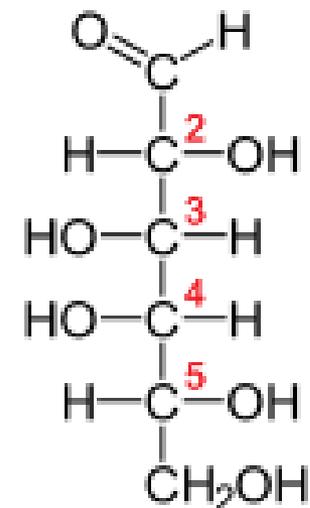
C₆H₁₂O₆

D – fruttosio
(chetoesoso)



C₆H₁₂O₆

D – galattosio
(aldoesoso)



C₆H₁₂O₆

I due pentosi, **ribosio** e **desossiribosio**, sono i costituenti degli acidi nucleici (il ribosio nell' RNA e il desossiribosio nel DNA) e di molte altre biomolecole

Come si può notare, glucosio, fruttosio e galattosio hanno la stessa formula molecolare C₆H₁₂O₆, ma diversa formula di struttura e quindi sono degli isomeri

In soluzione acquosa ed ai valori di pH cellulari i monosaccaridi come il glucosio o il fruttosio ciclizzano spontaneamente grazie alla reazione intramolecolare tra un loro gruppo alcolico ed il gruppo aldeidico (nel glucosio) o chetonico (nel fruttosio)

Glucosio

Il **glucosio** è il composto organico più diffuso in natura, sia libero sia sotto forma di polimeri.

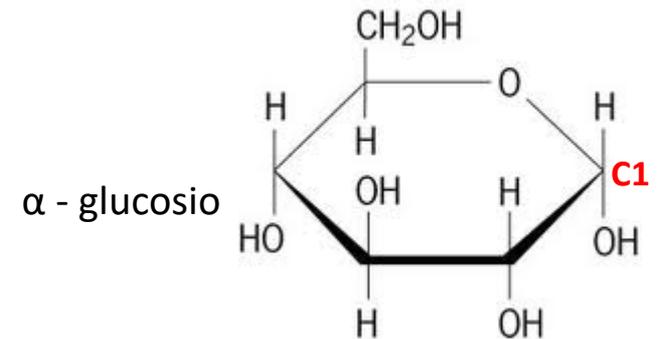
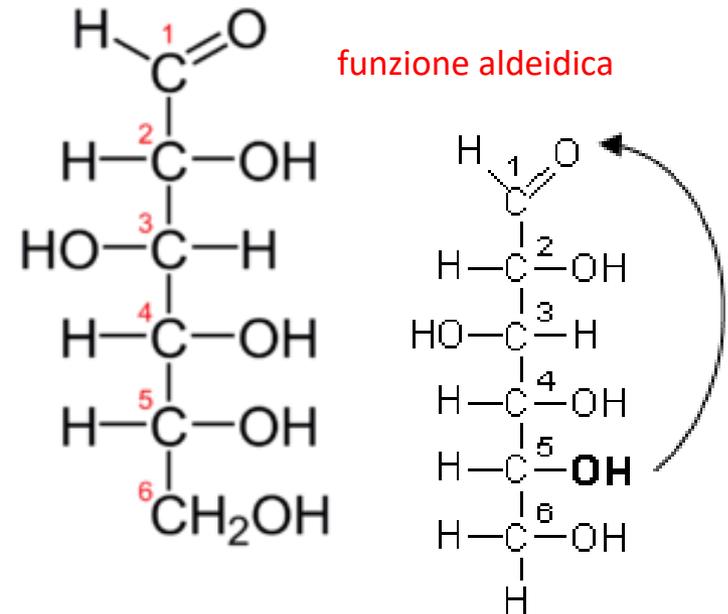
È uno degli zuccheri più importanti ed è usato come fonte di energia sia dagli animali che dalle piante.

Il glucosio è il principale prodotto della fotosintesi, è il combustibile della respirazione cellulare ed è l'unico carboidrato circolante nel sangue.

Il glucosio è uno **zucchero aldoseso** poiché la sua molecola presenta sei atomi di carbonio (-esoso) e contiene un gruppo carbonilico aldeidico -CHO tipico delle aldeidi (aldo-).

La sua forma più stabile è quella in cui uno dei gruppi ossidrilici si lega al carbonio C1 del gruppo aldeidico (-CHO) a formare un anello a 6 atomi.

La reazione di formazione dell'anello è reversibile; a pH 7 circa lo 0,0026% delle molecole è presente in forma aperta.



Un monosaccaride è di forma α se il gruppo -OH legato al **C1** è proiettato sotto il piano della molecola ; è di forma β se il gruppo -OH, viceversa, è proiettato sopra il piano della molecola
I due differenti isomeri vengono definiti **anomeri**.

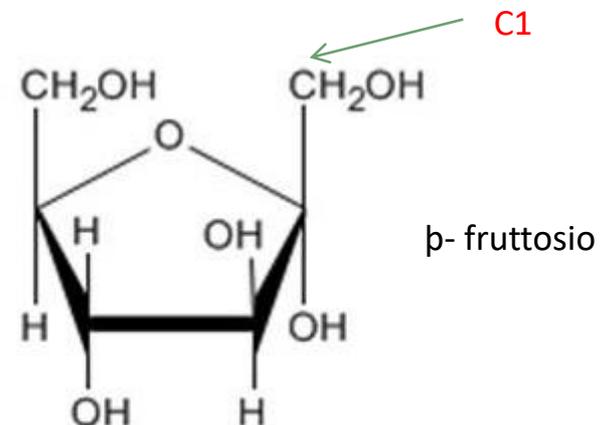
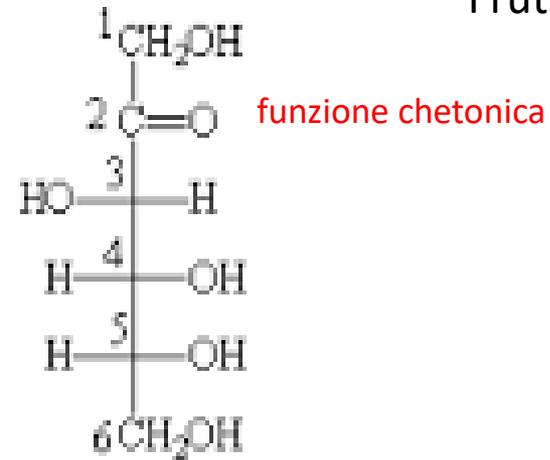
Fruttosio

Il **fruttosio** è un monosaccaride isomero del glucosio, dal quale si differenzia in quanto **chetoso** anziché aldoso.

In natura si presenta, solido o in soluzione acquosa, nella maggior parte dei frutti zuccherini e dei loro relativi succhi, nel miele e, in percentuale più bassa, in diversi vegetali, ad esempio la bieta da zucchero o la canna da zucchero.

Il fruttosio è il più dolce tra tutti i tipi di zuccheri.

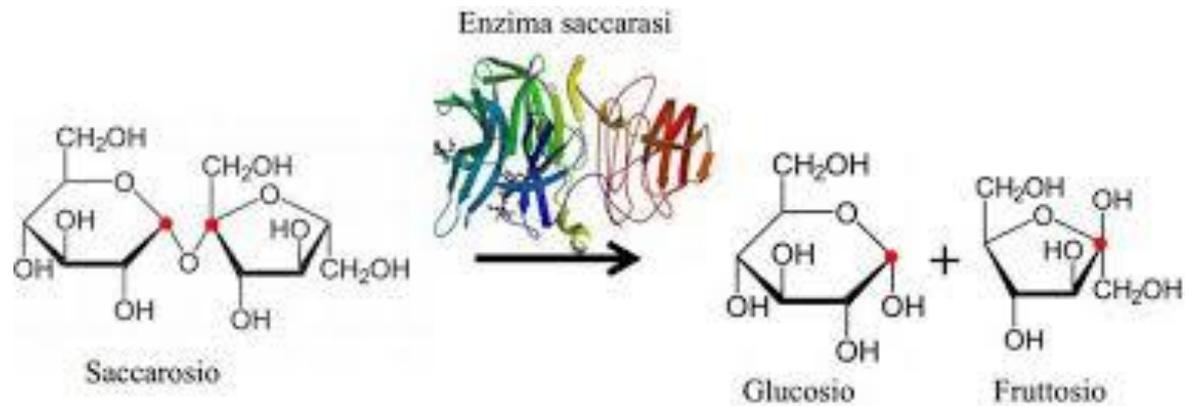
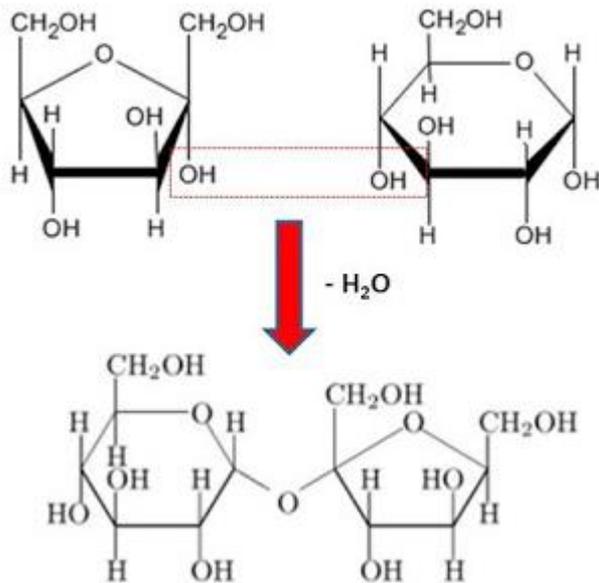
Come tutti i monosaccaridi a catena sufficientemente lunga (≥ 4 atomi di carbonio), allo stato cristallino le sue molecole si trovano in topologia (etero)ciclica, termodinamicamente più stabile delle corrispondente forma aperta.



Disaccaridi

I DISACCARIDI sono formati dall'unione di due molecole di monosaccaridi che si uniscono eliminando una molecola d'acqua (condensazione) reversibilmente.

Ciò significa che il disaccaride può essere di nuovo scisso nelle due molecole di monosaccaride originarie. Ad esempio il saccarosio(α – glucosio + β - fruttosio) si scinde in acqua in una molecola di α – glucosio e in una molecola di β - fruttosio



I disaccaridi sono la classe più semplice ed importante degli oligosaccaridi, largamente studiati nelle scienze della alimentazione e nel metabolismo umano ed animale.

Tra essi troviamo il **saccarosio** che è il comune zucchero da cucina, il **maltosio** che è lo zucchero del malto e, infine, il **lattosio** che è lo zucchero presente nel latte.

SACCAROSIO – E' formato dall'unione di una molecola di α -glucosio con una di β -fruttosio. E' lo zucchero propriamente detto e si trova principalmente nella canna da zucchero e nella barbabietola, dalle quali viene estratto.

MALTOSIO - E' formato dall'unione di due molecole di α -glucosio. Esiste allo stato libero principalmente nell'orzo germogliato (malto) ed è un importante prodotto intermedio nella formazione dei polisaccaridi di accumulo negli organismi viventi: rispettivamente glicogeno negli animali e amido nei vegetali.

LATTOSIO – E' formato dall'unione di una molecola di β -galattosio con una di β -glucosio. E' lo zucchero tipico del latte: nel latte di mucca sono presenti 45 g/L, nel latte di donna 75 g/L.



Polisaccaridi

Sono polimeri ad alta massa molecolare dei monosaccaridi naturali (da 100 ad oltre 3 000 unità).
I polisaccaridi più abbondanti in natura sono l' **amido**, il **glicogeno**, la **cellulosa** e la **chitina**.

Da un punto di vista chimico essi differiscono per l'isomero di glucosio legato o per il tipo di legame o per la ramificazione della catena.

Amido: è la sostanza di riserva delle cellule vegetali.

L'amido è una miscela di due polimeri dell' α -glucosio :

l'**amilosio** (20%), idrosolubile che si colora intensamente di blu con coloranti a base di iodio e
l'**amilopectina**(80%)insolubile.

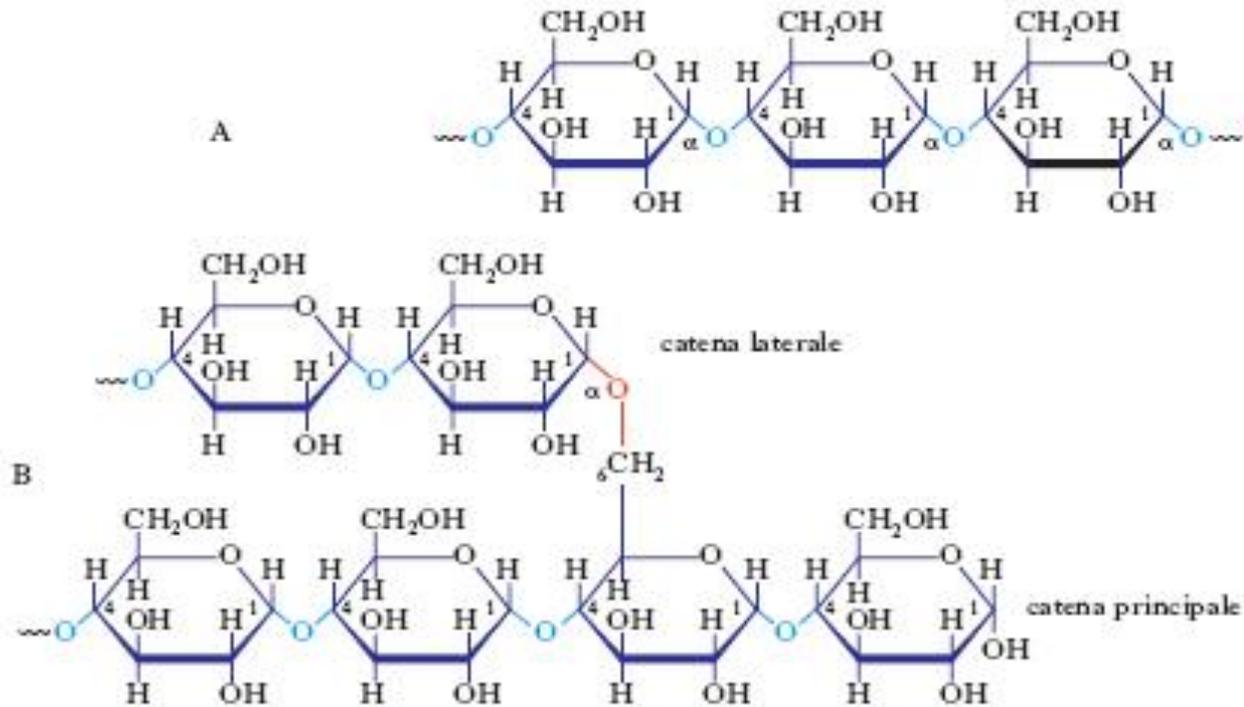
In entrambi i casi si tratta di polimeri del glucosio che si differenziano l'uno dall'altro per la struttura.

L'**amilosio** è un polimero lineare che tende ad avvolgersi ad elica, in cui le unità di glucosio sono legate tra loro con legami glicosidici $\alpha(1\rightarrow4)$ (tra il sito 1 di una unità e quello 4 dell'unità successiva).

L'**amilopectina** è invece un polimero ramificato che presenta catene di base di struttura simile all'amilosio che si dispongono a formare una struttura ramificata; ogni 24-30 unità di glucosio si innestano catene laterali attraverso legami $\alpha(1\rightarrow6)$.

Esso è contenuto all'interno della cellula vegetale in particolari organuli detti **amiloplasti** all'interno dei quali si dispone, mano a mano che si deposita, in ellissi concentriche.

Amido

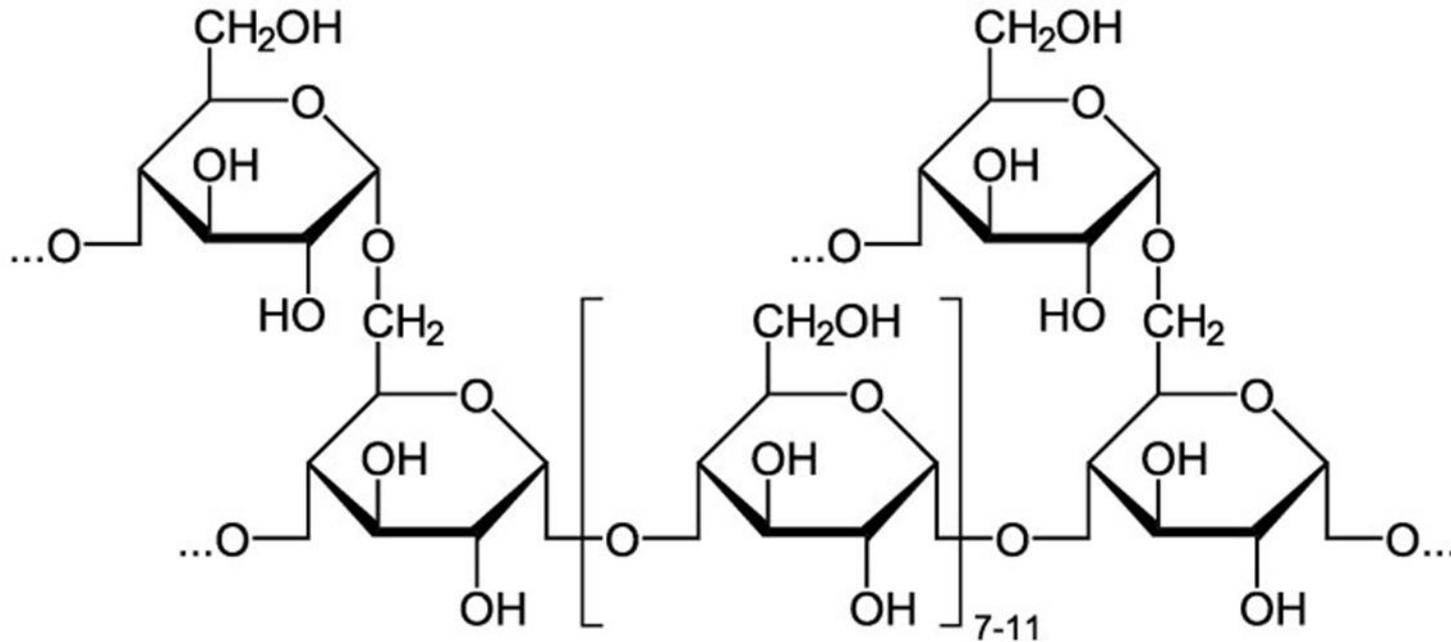


A: amilosio

B: amilopectina

Glicogeno – E' formato da molecole di α -glucosio. E' la forma in cui il glucosio è immagazzinato negli animali.

Quando mangiamo amido ed altri zuccheri, questi vengono demoliti nel nostro apparato digerente in tante molecole di glucosio: il glucosio che non è utilizzato viene inviato alle cellule muscolari e nel fegato come glicogeno.



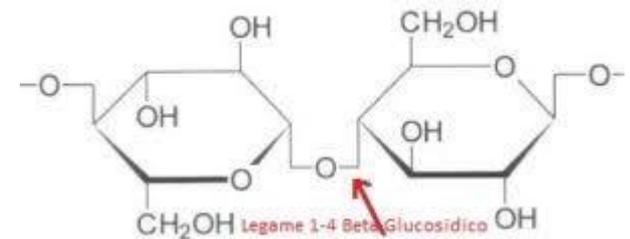
Rispetto all'amilopectina, il glicogeno presenta ramificazioni più frequenti, ma più brevi

Cellulosa – E' formata da un numero più elevato di molecole di α -glucosio, che generano una **catena polimerica non ramificata**.

La sua massa molecolare media è di 500 000 u ma si può arrivare fino a 2 000 000 u.

La cellulosa, polisaccaride con funzioni strutturali, rappresenta il carboidrato più importante in natura: alberi, erba, cotone sono fatti in larga misura di cellulosa.

Il modo particolare con cui le molecole di glucosio sono legate fra di loro (**legame $\beta(1\rightarrow4)$ glicosidico**) fa sì che essa sia insolubile in acqua e che il nostro apparato digerente non riesca a digerirla e, quindi, essa non rappresenta una fonte di energia per l'uomo.

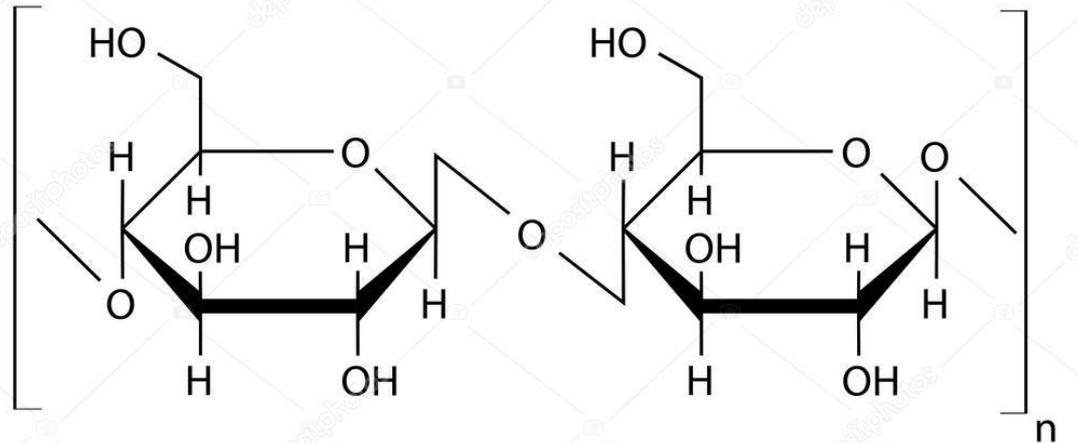


La cellulosa è idrolizzata, in particolari condizioni, nel disaccaride **cellobiosio** che successivamente è idrolizzato a glucosio.

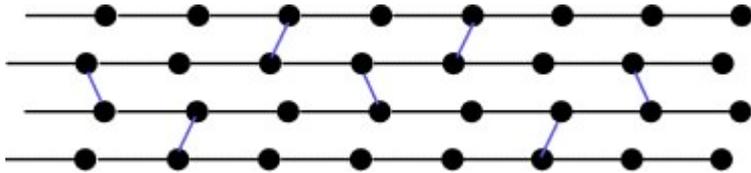
Nell'intestino dell'uomo questo processo idrolitico non avviene perché mancano gli enzimi per rompere il legame $\beta(1\rightarrow4)$ glicosidico.

Nei prestomaci dei ruminanti e nell'intestino cieco degli equidi, invece, sono presenti numerosi batteri e protozoi simbiotici che convertono il legame β in un legame α , scindibile da tutti gli animali.

Cellulosa

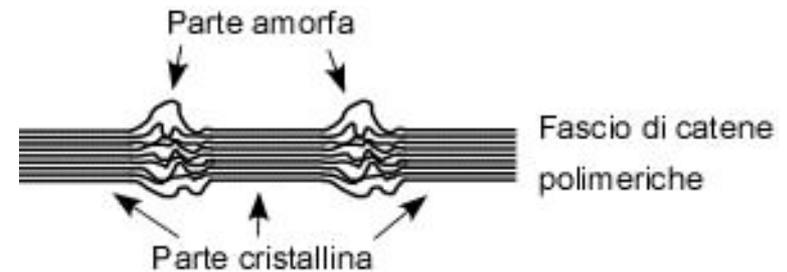


Le catene sono disposte parallelamente le une alle altre e si legano fra loro per mezzo di legami ad idrogeno, formando **fibrille** difficili da dissolvere.



Queste fibrille localmente sono molto ordinate al punto da raggiungere una struttura cristallina.

La parte cristallina è idrofoba, ossia non assorbe acqua

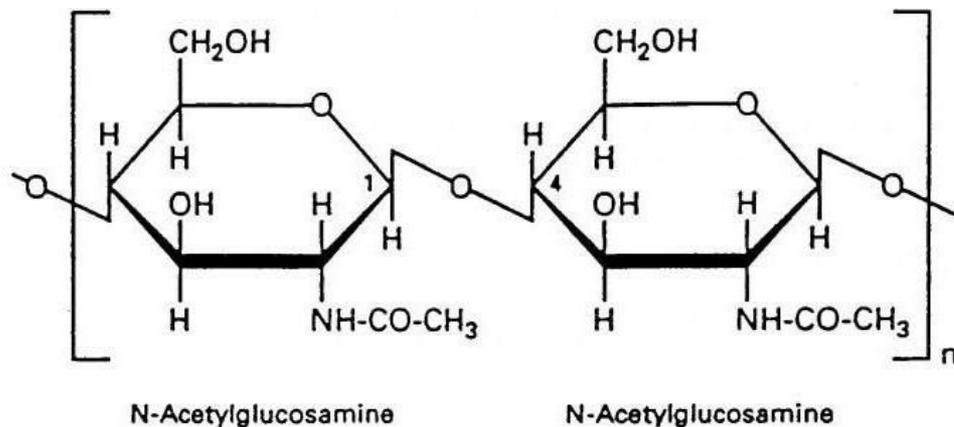


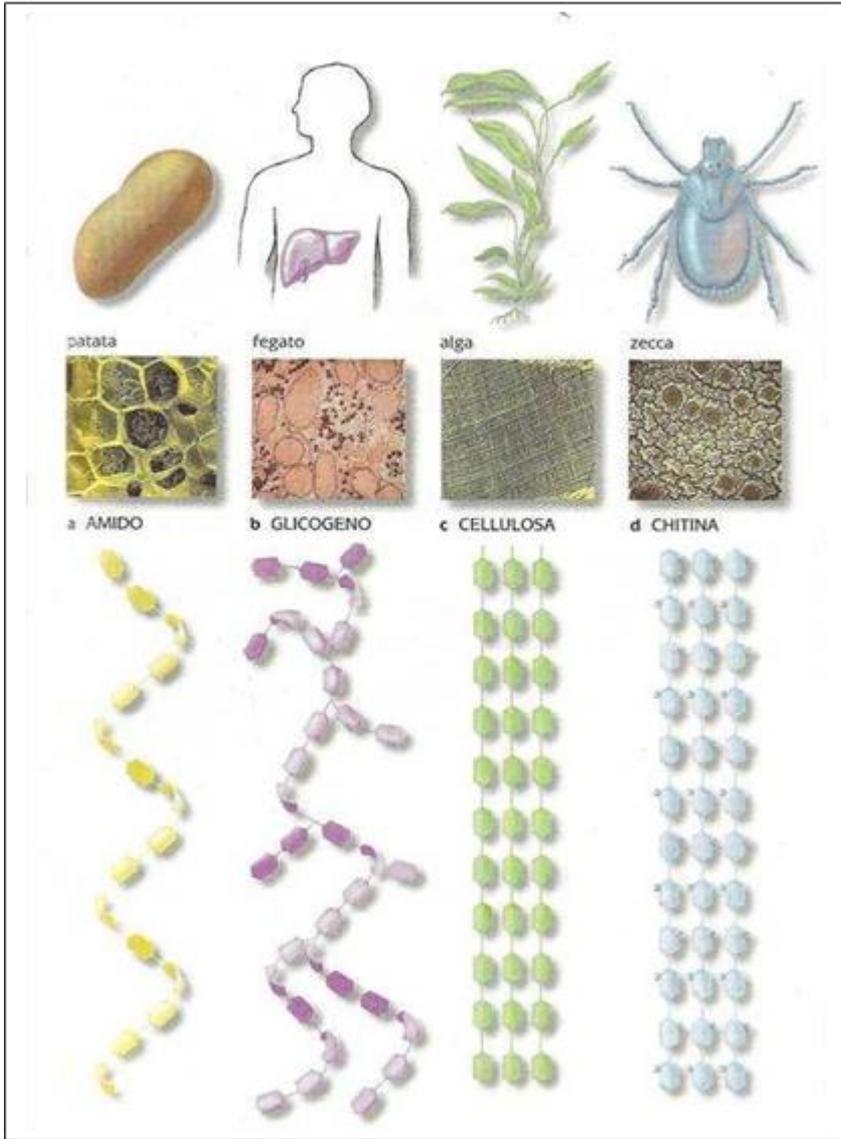
Chitina – E' un polisaccaride molto importante che costituisce il rivestimento esterno (esoscheletro) degli insetti e dei crostacei ed è presente anche nella parete delle cellule fungine.

E' formata da lunghe catene di uno zucchero chiamato **N – acetilglucosamina**.

Anch'essa, come la cellulosa, si dispone in lunghe catene disposte perpendicolarmente l'una rispetto all'altra.

La chitina svolge una importante funzione simile a quella della cellulosa, conferendo forma e sostegno all'organismo.





Amiloso, glicogeno, cellulosa e chitina: strutture a confronto