

CARBOIDRATI

Principi di Biologia e Genetica
Scienze Motorie
a.a 2020-21
Dr ssa Mazzoni Elisa



CARBOIDRATI

Descrizione generale

Il termine carboidrato significa idrato del carbonio riflette il rapporto 2: 1 tra idrogeno e ossigeno.

I carboidrati contengono **C, H, e O** in un rapporto di circa un atomo C per due di H, e uno di ossigeno= $(\text{CH}_2\text{O})_n$.

Gli zuccheri, gli amidi, e la cellulosa sono carboidrati.

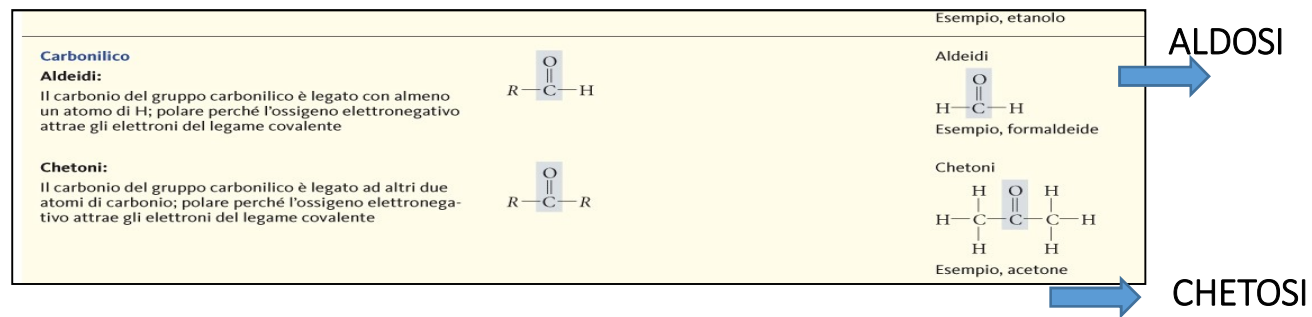
Gli carboidrati fungono da riserva di energia per le cellule (amido e glicogeno)

La cellulosa è il componente principale delle pareti delle cellule vegetali.



MONOSACCARIDI

1. Presenza di un gruppo aldeidico o chetonico

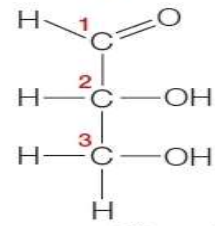


2. Numero di atomi di carbonio (2,3,4,5 o 6)

I carboidrati possono essere monosaccaride, disaccaride o molte unità di zuccheri ovvero polisaccaridi



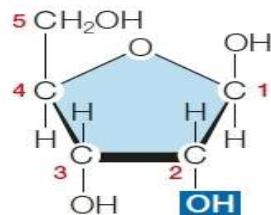
Zucchero a tre atomi di carbonio



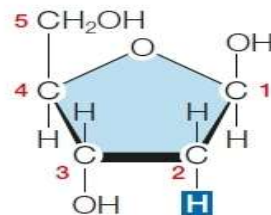
La gliceraldeide è il monosaccaride più piccolo ed esiste solo nella conformazione a catena aperta.

Gliceraldeide

Zuccheri a cinque atomi di carbonio (pentosi)



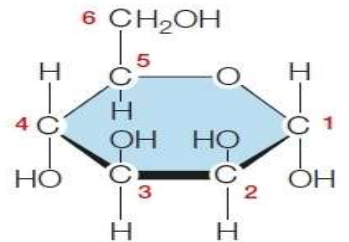
Ribosio



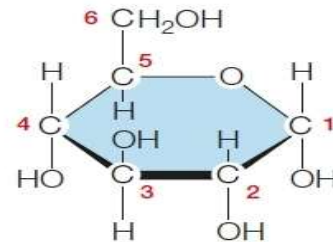
Deossiribosio

Il ribosio e il deossiribosio hanno cinque atomi di carbonio ciascuno, ma proprietà chimiche e compiti biologici molto diversi.

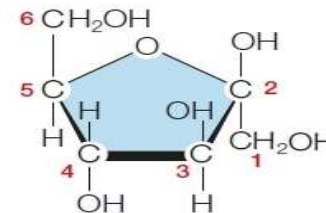
Zuccheri a sei atomi di carbonio (esosi)



α -Mannosio



α -Glucosio



Fruttosio

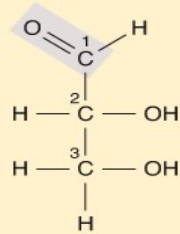
Questi esosi sono isomeri strutturali. Hanno tutti formula $C_6H_{12}O_6$, ma ognuno ha proprietà biochimiche distinte.

Figura 3.16 I monosaccaridi sono zuccheri semplici

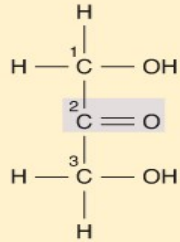
I monosaccaridi sono composti di atomi di carbonio in numero variabile. Alcuni esosi sono isomeri strutturali che hanno lo stesso tipo e numero di atomi, ma gli atomi sono disposti diversamente. Per esempio il fruttosio è un esoso, ma forma un anello a cinque atomi di carbonio come i pentosi.



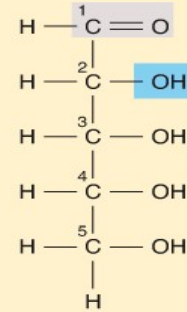
MONOSACCARIDI



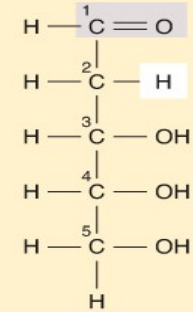
Gliceraldeide ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$)
(un'aldeide)



Diidrossiacetone ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$)
(un chetone)



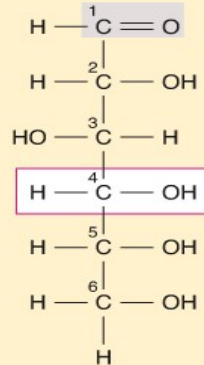
Ribosio ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$)
(zucchero componente dell'RNA)



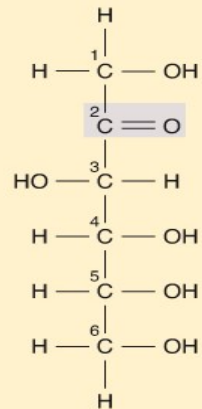
Desossiribosio ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_4$)
(zucchero componente del DNA)

(a) Zuccheri triosi (zuccheri a tre atomi di carbonio)

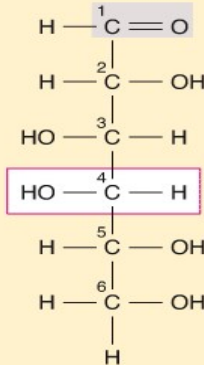
(b) Zuccheri pentosi (zuccheri a 5 atomi di carbonio)



Glucosio ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)
(un'aldeide)



Fruttosio ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)
(un chetone)



Galattosio ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)
(un'aldeide)

(c) Zuccheri esosi (zuccheri a 6 atomi di carbonio)

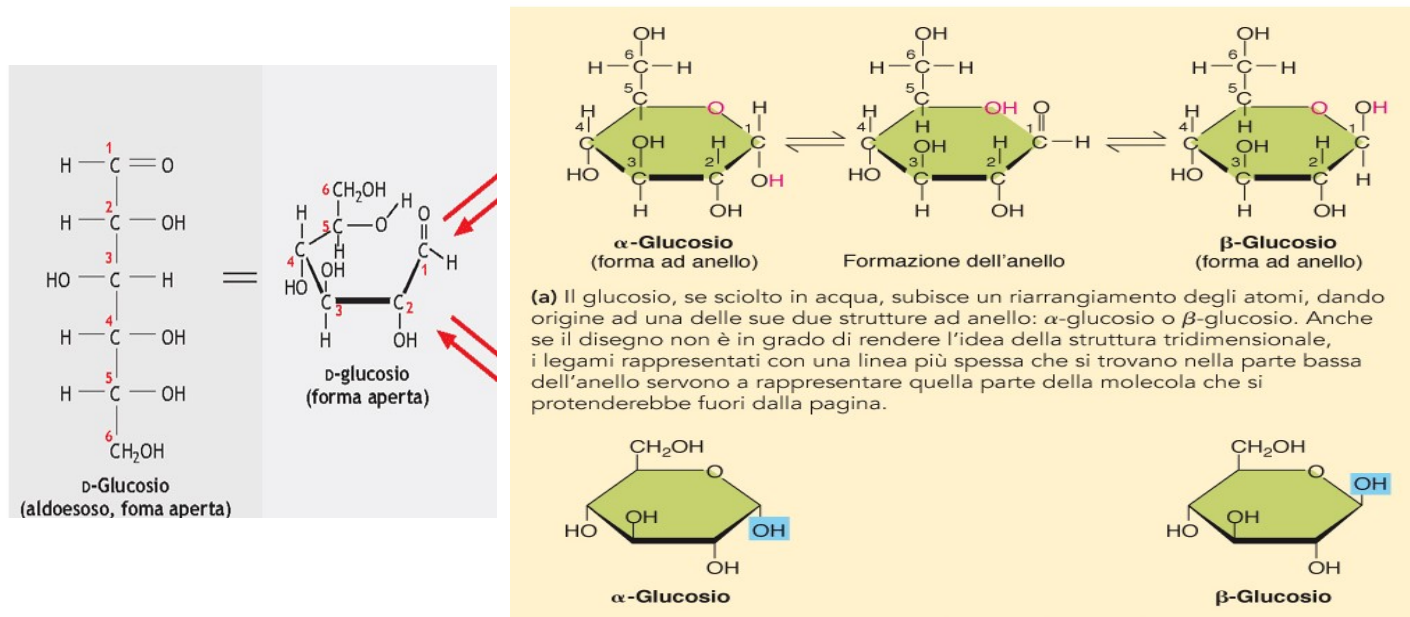
FIGURA 3-6 Monosaccaridi

Struttura bidimensionale a catena di (a) triosi a tre atomi di carbonio, (b) pentosi a cinque atomi di carbonio e (c) esosi a sei atomi di carbonio. Anche se è conveniente rappresentare i monosaccaridi in questa forma, è più corretto rappresentare i pentosi e gli esosi nella forma ad anello (vedi Figura 3-7). Il gruppo carbonilico (*in grigio*) è terminale negli zuccheri aldeidici e interno in quelli chetonici. Il desossiribosio differisce dal ribosio per l'assenza di un ossigeno: un idrogeno (*in bianco*), al posto di un gruppo ossidrilico (*in blu*), è legato al carbonio 2. Il glucosio e il galattosio sono enantiomeri che differiscono per la disposizione del gruppo ossidrilico e dell'idrogeno legati al carbonio 4 (*in rosso*).



Struttura ad anello

In soluzione le molecole di glucosio e altri pentosi non sono catene lineari di atomi di carbonio ma strutture ad anello con la



Una conseguenza di questa reazione è la **scomparsa del gruppo aldeidico (o chetonico)** e la formazione di un nuovo atomo di C asimmetrico (definito **glucosidico**) che porta un nuovo **OH**, che potrà trovarsi: al **di sotto** (isoforma α) o **la di sopra** (isoforma β) del piano in cui giace la forma ciclica



Figura 3.15 Da una configurazione del glucosio all'altra Tutte le molecole del glucosio hanno la formula $C_6H_{12}O_6$, ma la loro struttura è variabile. Quando la molecola si trova in soluzione acquosa, le configurazioni cicliche (ad anello) α e β si convertono una nell'altra. Notare la numerazione convenzionale biochimica standard degli atomi di carbonio qui applicata.

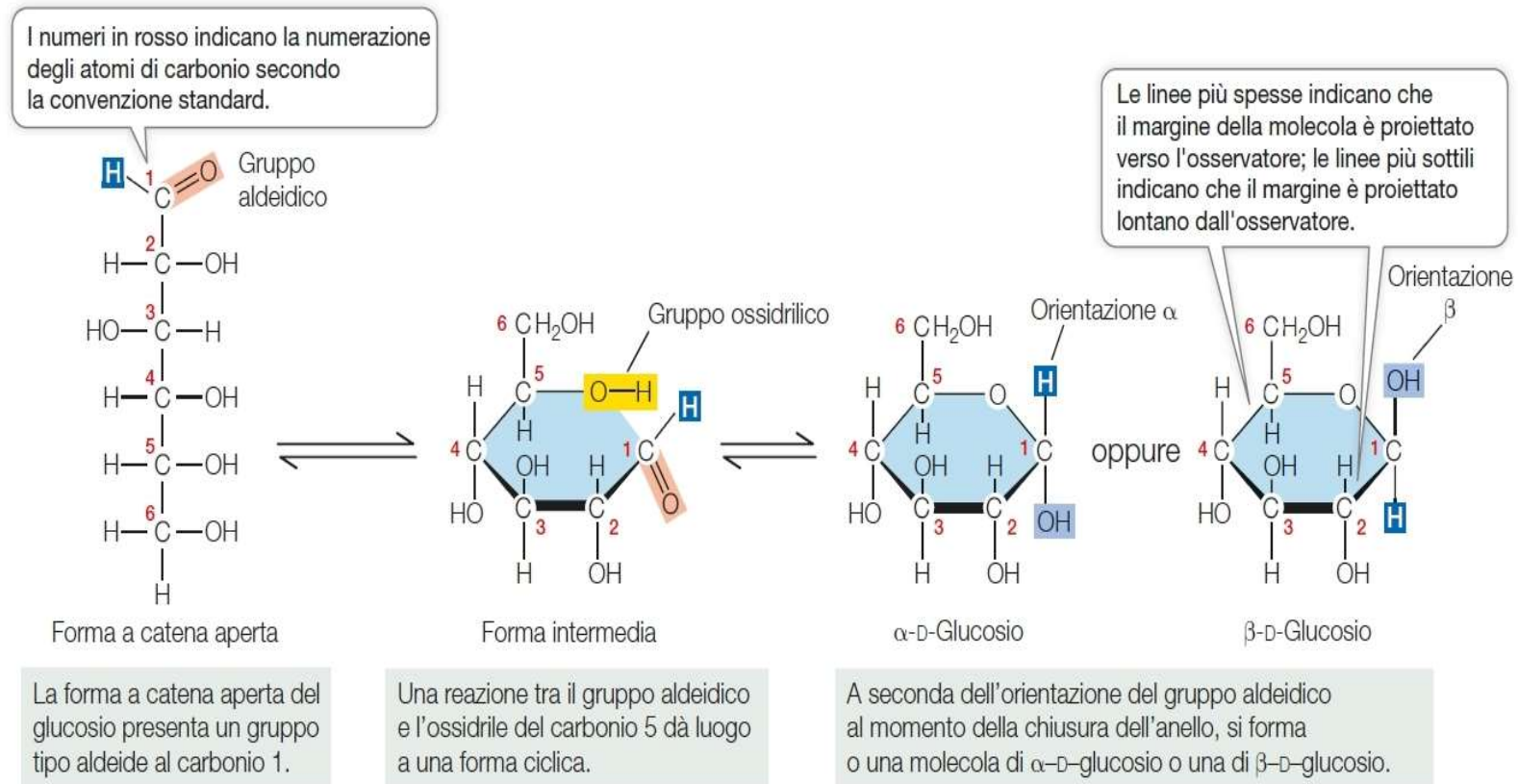


Figura 3.15 Da una configurazione del glucosio all'altra Tutte le molecole del glucosio hanno la formula $C_6H_{12}O_6$, ma la loro struttura è variabile. Quando la molecola si trova in soluzione acquosa, le configurazioni cicliche (ad anello) α e β si convertono una nell'altra. Notare la numerazione convenzionale biochimica standard degli atomi di carbonio qui applicata.



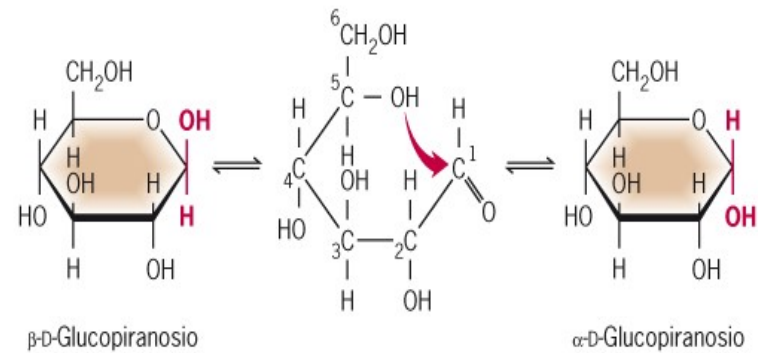


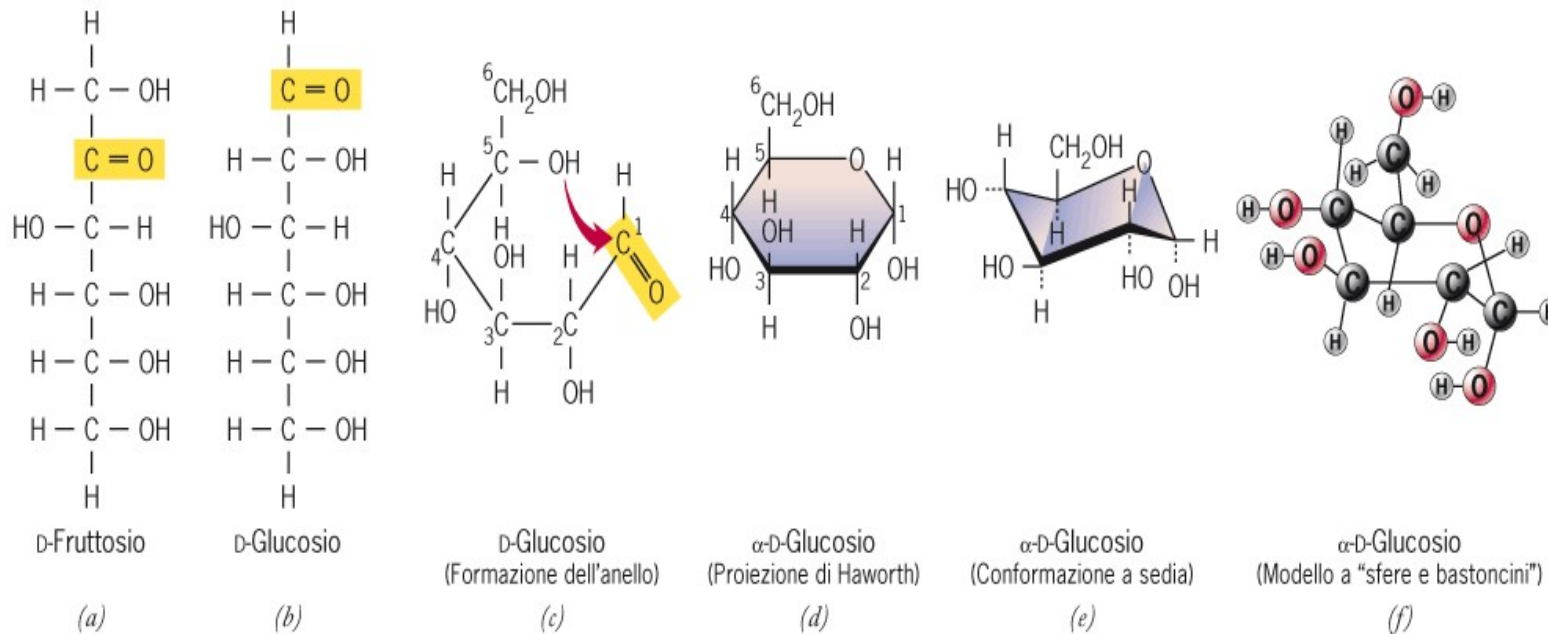
Figura 2.15 **Formazione di un α - e di un β -piranosio.** Quando una molecola di glucosio va incontro a un'autoreazione formando un anello di piranosio (anello a sei atomi), si formano due stereoisomeri. Essi sono in equilibrio fra loro in quanto si convertono uno nell'altro

passando attraverso la forma a catena aperta della molecola. Per convenzione, la molecola è detta α -piranosio quando il gruppo OH del primo carbonio si proietta al di sotto dell'anello e β -piranosio quando si proietta al di sopra.



Figura 2.12 Le strutture degli zuccheri. (a) La formula a catena lineare del fruttosio, un chetoesoso [cheto indica che il carbonile (in giallo) è localizzato all'interno ed esoso indica che è costituito da sei atomi di carbonio]. (b) Formula a catena lineare del glucosio, un aldoseso (aldo perché il carbonile è localizzato alla fine della molecola). (c) L'autoreazione tramite la quale il glucosio si trasforma da una catena aperta in un anello chiuso (anello piranosico). (d) Il glucosio è di solito

rappresentato come un anello piatto (planare), disposto perpendicolarmente alla pagina, con il tratto ispessito diretto verso il lettore e con i gruppi H e OH posti sopra o sotto l'anello. Il motivo per cui si parla di α -D-glucosio è discusso nel paragrafo che segue. (e) Conformazione a sedia del glucosio, che mostra la sua struttura tridimensionale in modo più accurato rispetto all'anello planare. (f) Un modello a "sfere e bastoncini" della conformazione a sedia del glucosio.



Il legame GLICOSIDICO

Il legame glicosidico

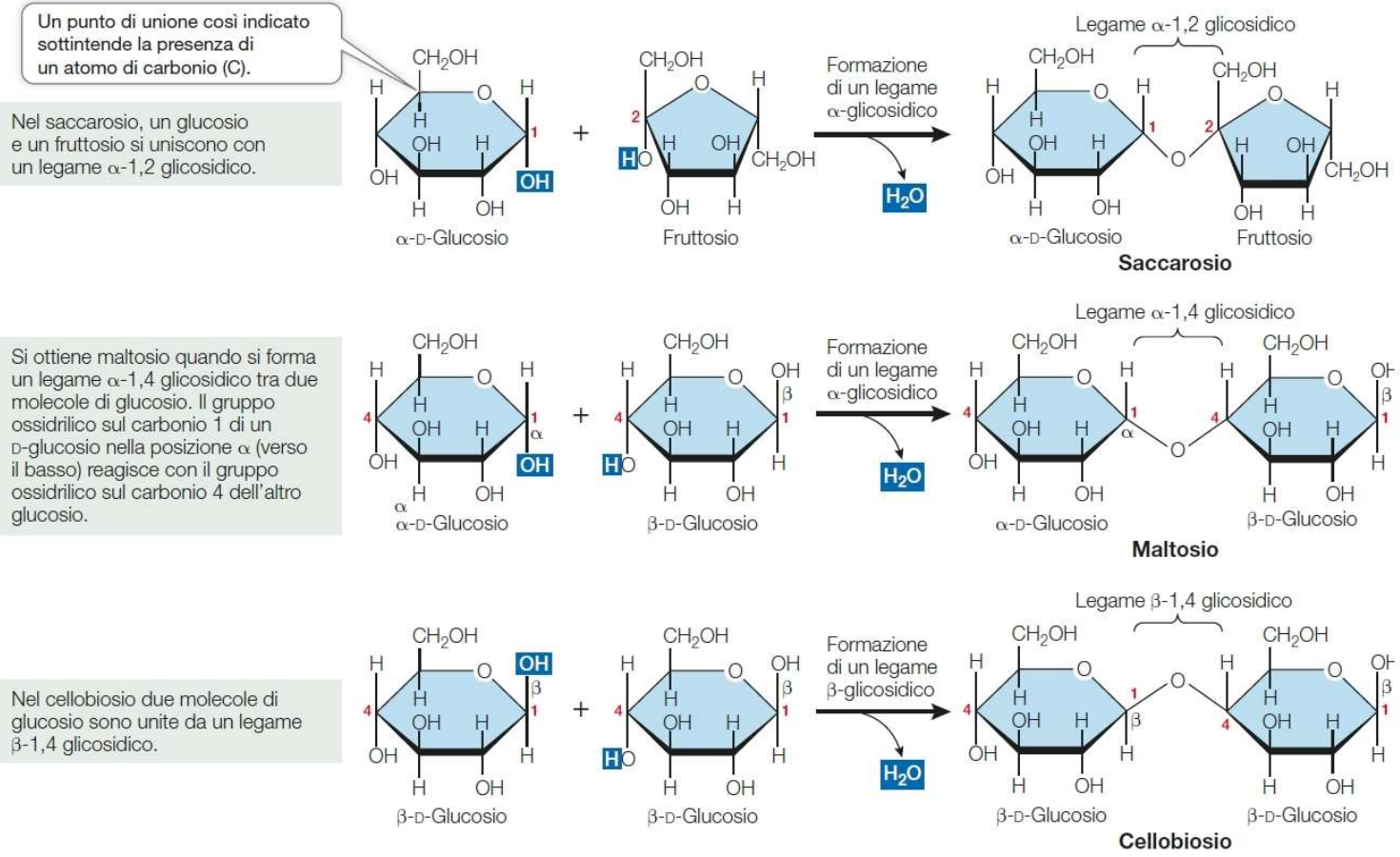


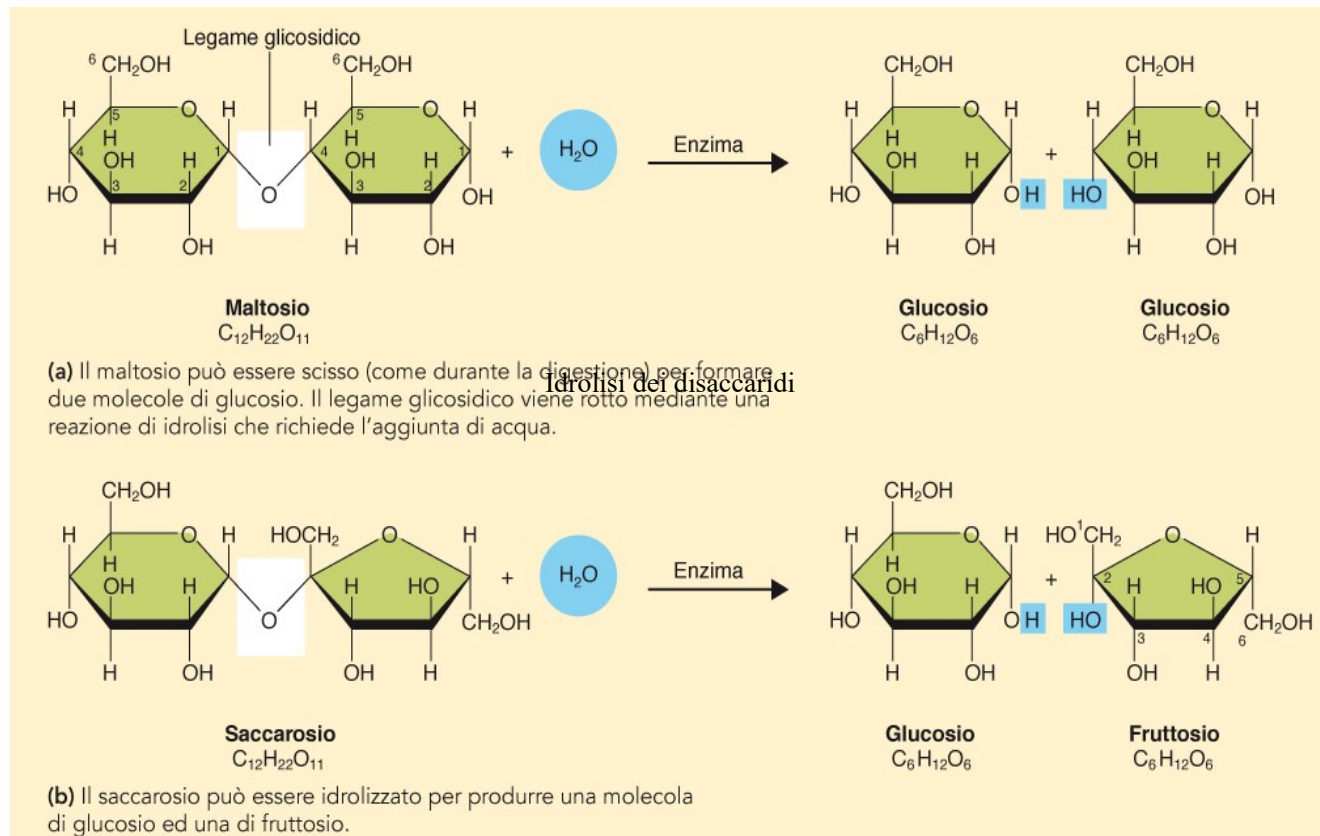
Figura 3.17 I disaccaridi si formano tramite legami glicosidici. I legami glicosidici tra due monosaccaridi possono dare luogo a molti disaccaridi diversi. Il particolare disaccaride che si ottiene dipende da quali monosaccaridi si legano, dal punto in cui si forma il legame (cioè, da quali sono gli atomi di carbonio che vi partecipano) e dal tipo di legame (α o β).



DISACCARIDI

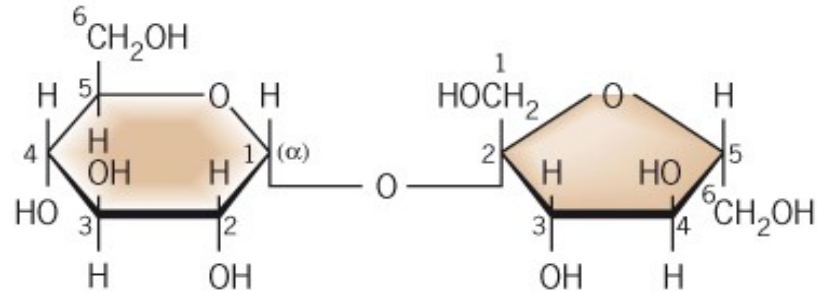
I DISACCARIDI sono costituiti da due monosaccaridi e legati l'uno all'altro da legame glicosidico costituito da ossigeno centrale legato da due atomi di carbonio uno per anello

Idrolisi dei disaccaridi



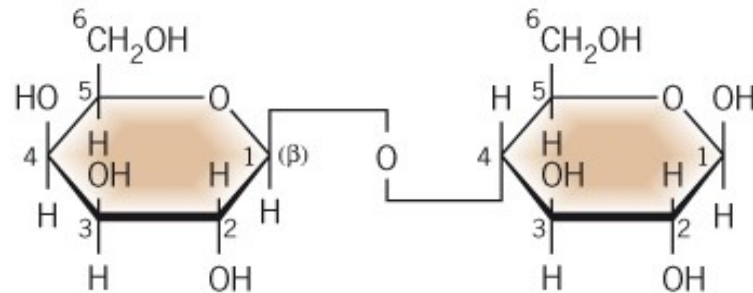
DISACCARIDI

Saccarosio



(a)

Lattosio



(b)

Figura 2.16 Disaccaridi. Il saccarosio ed il lattosio sono i due disaccaridi più comuni. Il saccarosio è composto da glucosio e fruttosio uniti da un legame $\alpha(1 \rightarrow 2)$, mentre il lattosio è costituito da glucosio e galattosio uniti con legame $\beta(1 \rightarrow 4)$.



MACROMOLECOLE: POLISACCARIDI

La polimerizzazione, un **monosaccaride** alla volta, in una catena lunga è un procedimento semplice per fabbricare una molecola grande e complessa, dato che ogni elemento viene ad aggiungersi grazie alla stessa reazione eseguita ripetutamente dalla stessa batteria enzimatica

I **polisaccaridi** vengono sintetizzati impiegando **un gruppo di monoaccaridi leggermente diversi tra loro**; inoltre nella catena polimerica le subunità non vengono montate a caso, ma in un ordine particolare

La funzione biologica di gran parte dei polisaccaridi dipende rigidamente dalla **specifica sequenza delle subunità** nella catena lineare.



Per questo l'apparato che polimerizza deve sottostare a un **controllo molto fine** e determinare con esattezza la subunità da collocare volta per volta nel polimero in crescita

POLISACCARIDI

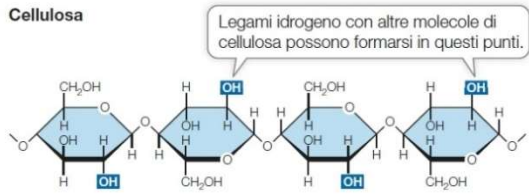
POLISACCARIDI: Amido Glicogeno e Cellulosa

Il POLISACCARIDE può essere costituito da migliaia di unità e formare una lunga catena lineare o ramificata. Glicogeno e amido sono riserve di energia mentre la cellulosa ha funzione strutturale.

Glicogeno Amido, e cellulosa sono polimeri del Glucosio

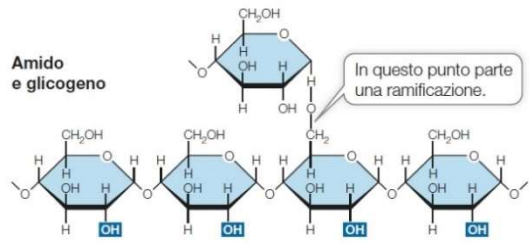
(A) Struttura molecolare

Cellulosa



La cellulosa è un polimero non ramificato di molecole di glucosio, unite da legami β -1,4 glicosidici particolarmente stabili.

Amido e glicogeno



Il glicogeno e l'amido sono polimeri del glucosio con legami α -1,4 glicosidici. Legami α -1,6 glicosidici producono ramificazioni a partire dal carbonio 6.

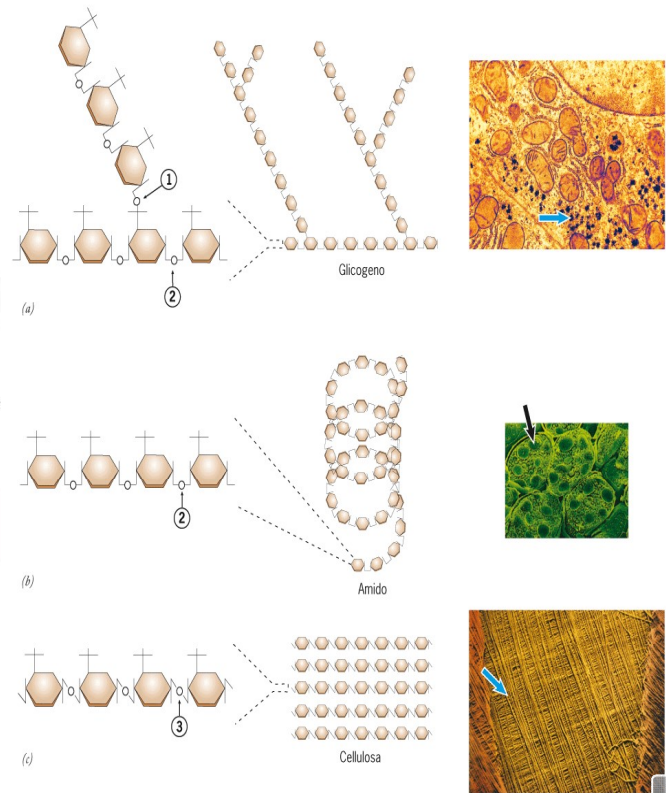


Figura 2.17 Tre polisaccaridi costituiti da monosaccaridi identici ma dotati di proprietà completamente diverse. Il glicogeno (a), l'amido (b) e la cellulosa (c) sono composti esclusivamente da subunità di glucosio, ma le loro proprietà chimiche e fisiche sono molto diverse a causa delle differenti modalità con cui i monomeri sono tenuti insieme (i tre diversi tipi di legami sono indicati dai numeri nei cerchi; vedere il testo per spiegazione). Le molecole di glicogeno sono quelle maggiormente ramificate, le molecole di amido assumono una disposizione elicoidale e le molecole di cellulosa non sono ramificate e sono

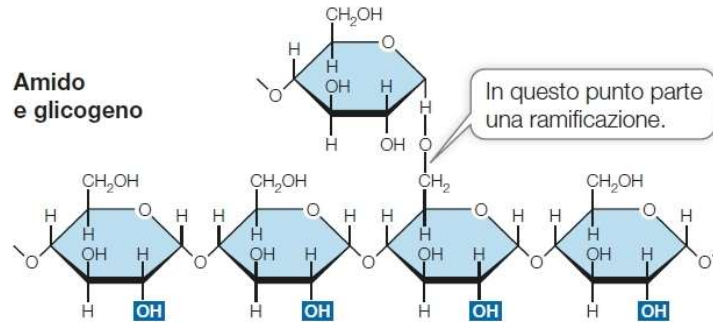
molto lunghe. Mentre glicogeno e amido costituiscono riserve energetiche, le molecole di cellulosa sono unite insieme in fibre resistenti adatte alla loro funzione strutturale. Le micrografie elettroniche (colorate con falsi colori) mostrano granuli di glicogeno in una cellula del fegato, grani di amido (amiloplasti) nel seme di una pianta e fibre di cellulosa nella parete di una cellula vegetale; ognuna è indicata da una freccia. [RIQUADRI FOTOGRAFICI: (IN ALTO) DON FAWCETT/PHOTO RESEARCHERS, INC.; (AL CENTRO) JEREMY BURGESS /PHOTO RESEARCHERS INC.; (IN BASSO) BIOPHOTO ASSOCIATES/PHOTO RESEARCHERS, INC.]

GLICOGENO

Glicogeno Negli animali è il **polisaccaridi di riserva** formato da **glucosio** Nei vertebrati è presente soprattutto nel fegato e nelle cellule muscolari come deposito di energia chimica. E' molto ramificato ed insolubile in acqua.

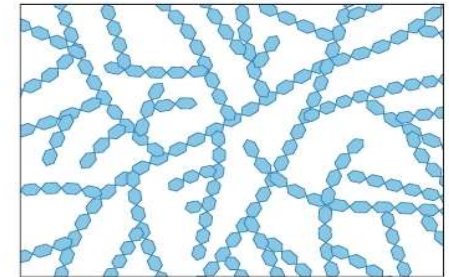
Le catene di Glucosio sono costituite da unità di glucosio con **legami α 1-4 glicosidici**

Le ramificazioni si inseriscono sulle catene principali mediante **legami α 1-6 glicosidici**

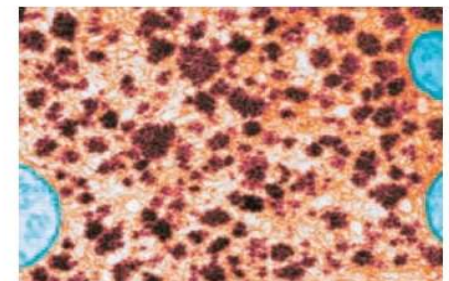
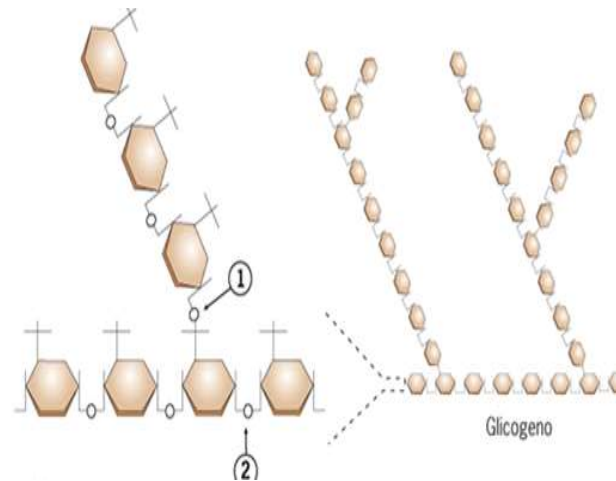
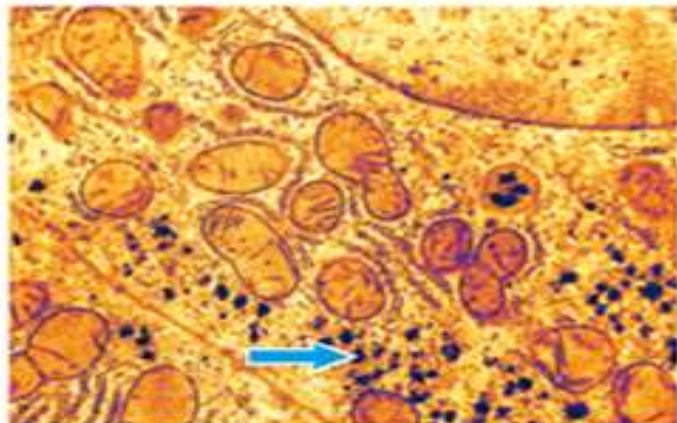


Il glicogeno e l'amido sono polimeri del glucosio con legami α -1,4 glicosidici. Legami α -1,6 glicosidici producono ramificazioni a partire dal carbonio 6.

Molto ramificata (glicogeno)



L'elevato numero di ramificazioni rende i depositi di glicogeno più compatti dell'amido (solidi).



In questa immagine ottenuta con il microscopio elettronico gli aggregati scuri sono depositi di glicogeno.

che hanno livelli diversi di ramificazione

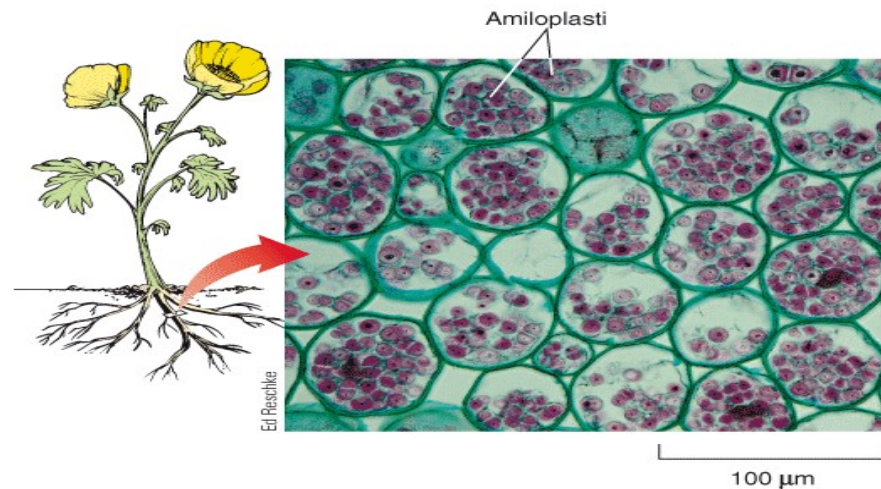
AMIDO

L'amido tipico carboidrato di riserva nei vegetali.

I monomeri **di glucosio** sono uniti da **legami α 1-4**

L'amido si può presentarsi sotto due forme: amilosio e amilopectina : amilosio non è ramificato e l'amilopectina ha ramificazione ed è costituita da 1000 unità.

Le ramificazioni sono **legami α 1-6**



(a) L'amido (*in viola*) è immagazzinato in organelli specializzati, detti *amiloplasti*, in queste cellule di una radice di ranuncolo.

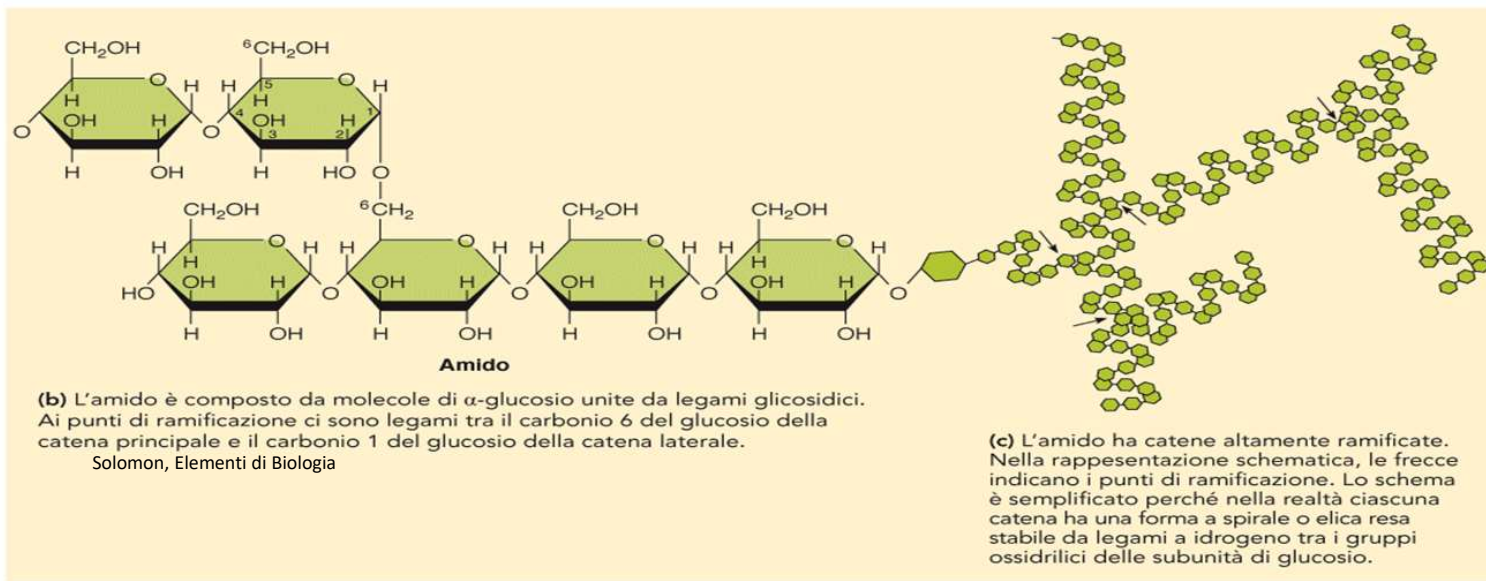
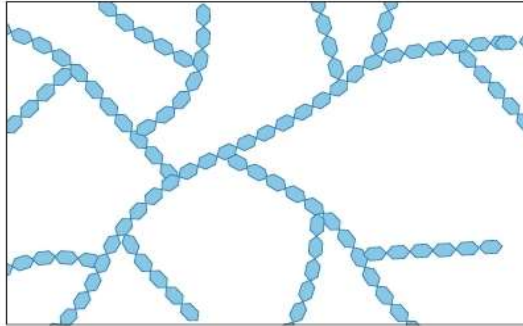


FIGURA 3-9 L'amido, un polisaccaride di riserva



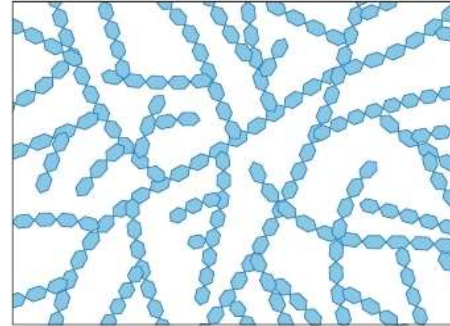
POLISACCARIDI

Ramificata (amido)



La ramificazione molecolare limita il numero dei legami idrogeno che si possono formare nelle molecole di amido, quindi l'amido risulta meno compatto della cellulosa.

Molto ramificata (glicogeno)

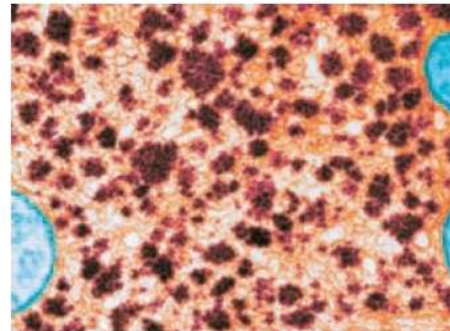


L'elevato numero di ramificazioni rende i depositi di glicogeno più compatti dell'amido (solidi).



All'interno di queste cellule di patata si vedono depositi di amido a struttura granulare (colorati in rosso in questa micrografia elettronica).

Depositi di amido



In questa immagine ottenuta con il microscopio elettronico gli aggregati scuri sono depositi di glicogeno.

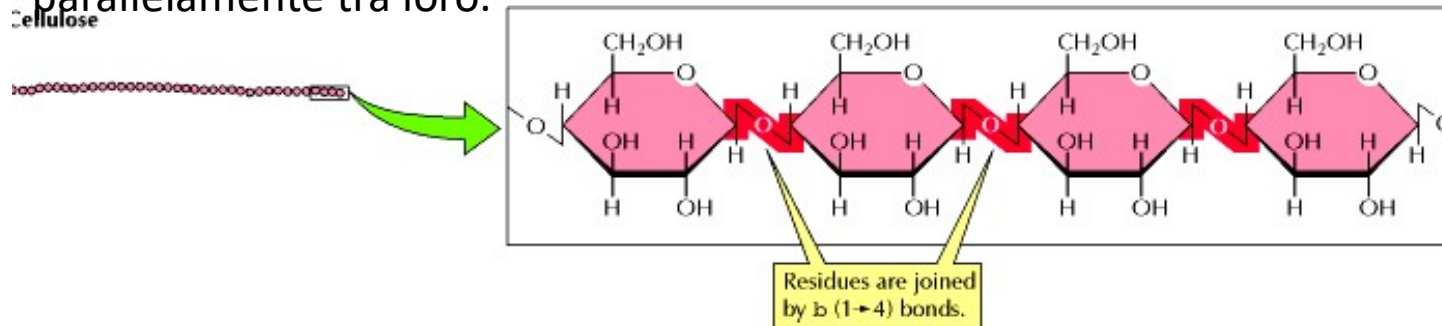
Depositi di glicogeno



Cellulosa

Cellulosa: polisaccaride non ramificato del glucosio che costituisce le pareti cellulari vegetali ed è la sostanza organica più abbondante sulla Terra. Nell'uomo non ci sono enzimi per digerirla ma nei bovini e ovini vi sono batteri in grado di digerire la cellulosa permettendo a questo erbivori di trarne nutrimento.

I tessuti di cotone devono la loro resistenza alle lunghe molecole di cellulosa, aggregate parallelamente tra loro.



(A) Struttura molecolare

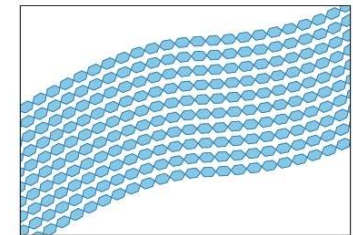
Cellulosa



La cellulosa è un polimero non ramificato di molecole di glucosio, unite da legami β -1,4 glicosidici particolarmente stabili.

(B) Struttura macromolecolare

Lineare (cellulosa)



Tra molecole di cellulosa parallele si stabiliscono legami idrogeno, per cui si formano sottili fibre.

(C) Polisaccaridi nelle cellule

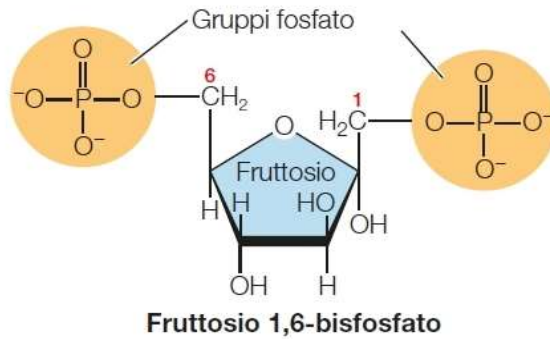


Come si può vedere in questa immagine ottenuta con il microscopio elettronico a scansione, gli strati di fibre di cellulosa conferiscono grande robustezza alle pareti delle cellule vegetali.

Figura 3.19 Carboidrati modificati chimicamente L'aggiunta di gruppi funzionali a un carboidrato può modificarne la forma e le proprietà.

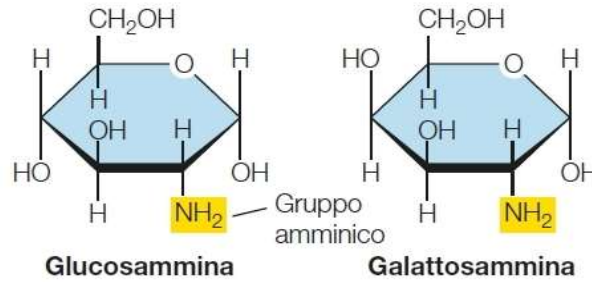
(A) Zucchero fosfato

Il fruttosio 1,6-bisfosfato partecipa alle reazioni che estraggono energia dal glucosio. (I numeri 1 e 6 nel nome della molecola indicano gli atomi di carbonio che entrano nel legame con il fosfato; *bis-* significa che i gruppi fosfato legati sono due.)



(B) Amminozuccheri

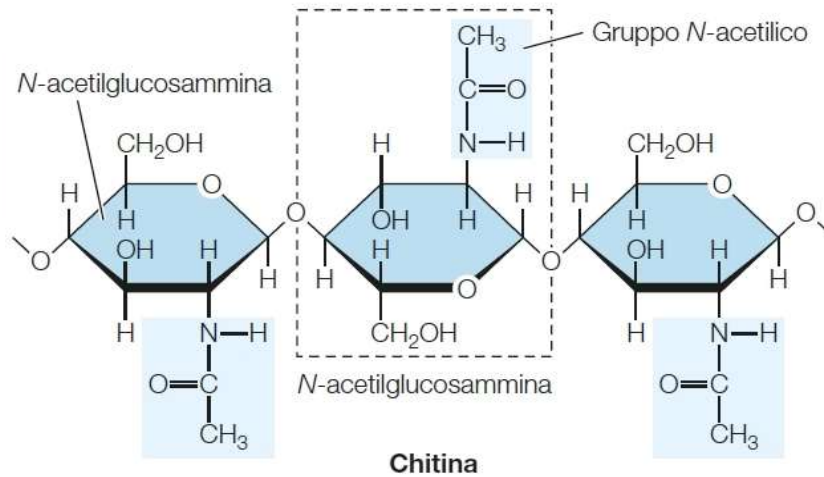
I monosaccaridi glucosammina e galattosammina sono amminozuccheri che portano un gruppo amminico al posto di un gruppo ossidrilico.



La galattosammina è un componente importante della cartilagine, un tipo di tessuto connettivo dei vertebrati.

(C) Chitina

La chitina è un polimero della *N*-acetilglucosammina; i gruppi *N*-acetilici offrono siti aggiuntivi per formare legami idrogeno tra polimeri.

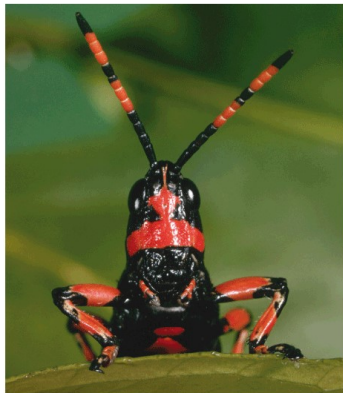


L'esoscheletro degli insetti è fatto di chitina.

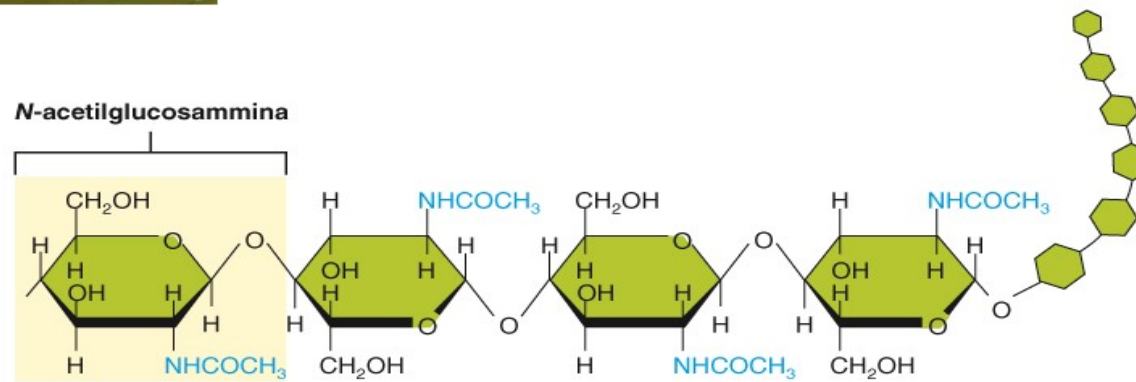


Chitina

Non tutti i polisaccaridi sono costituiti da glucosio. La Chitina è un polimero non ramificato dello zucchero N-acetil-glucosammina che è simile alla struttura del glucosio ma ha un gruppo ammino-acetilico al posto del gruppo ossidrilico.



La chitina è molto diffusa come materiale strutturale fra gli invertebrati particolarmente nel rivestimento esterno di insetti ragni crostacei. La chitina è una materiale resiliente (resistente a rottura) ma tuttavia flessibile simile alle plastiche



(a) La chitina è un polimero costituito da subunità di N-acetilglucosammina.



(b) La chitina è un'importante componente dell'esoscheletro (copertura esterna) che questa libellula sta perdendo.

Figura 3-11 La chitina, un polisaccaride strutturale