

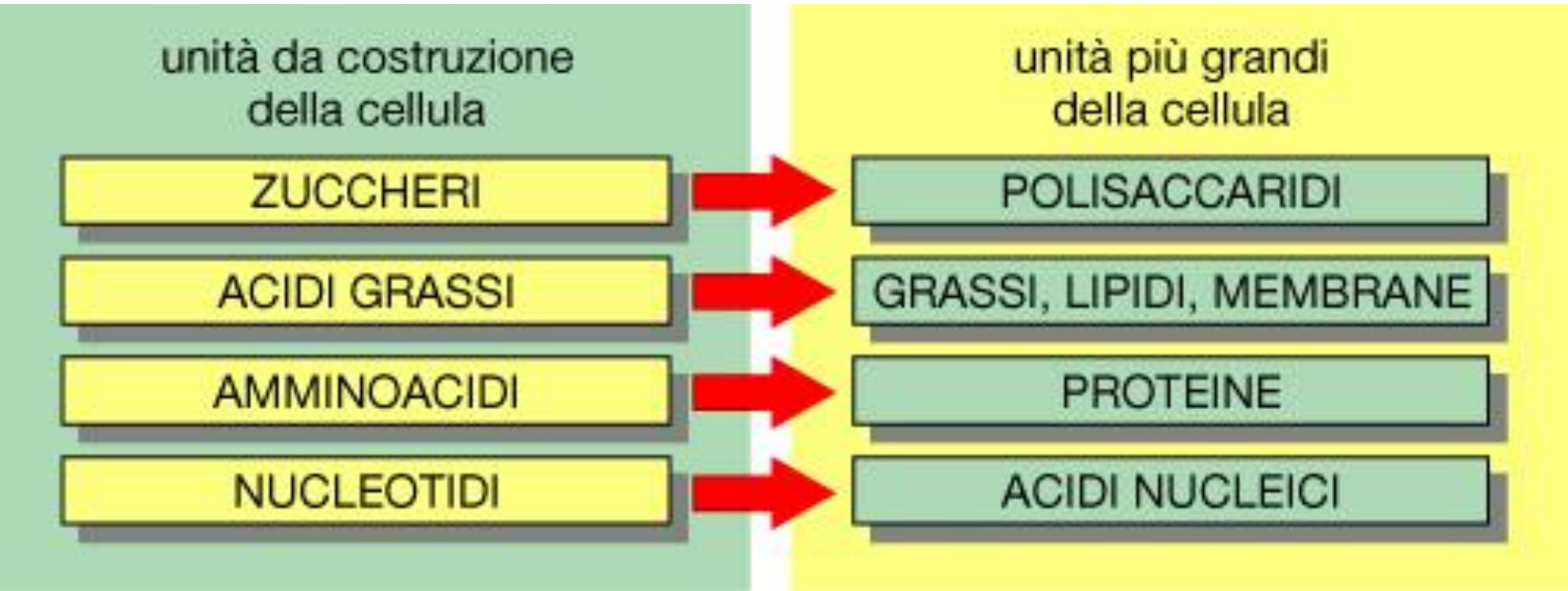
LEZIONE n° 1

# LE MACROMOLECOLE BIOLOGICHE

Le cellule contengono 4 famiglie principali di molecole organiche:

subunità

macromolecole



# I componenti chimici di una cellula

-Le **macromolecole** sono, in peso, i composti carboniosi più abbondanti della cellula vivente

-La sostanza più abbondante delle cellule **viventi è l'ACQUA**: essa rappresenta il 70% del peso di una cellula e la maggior parte delle reazioni intracellulari avvengono in un ambiente acquoso.

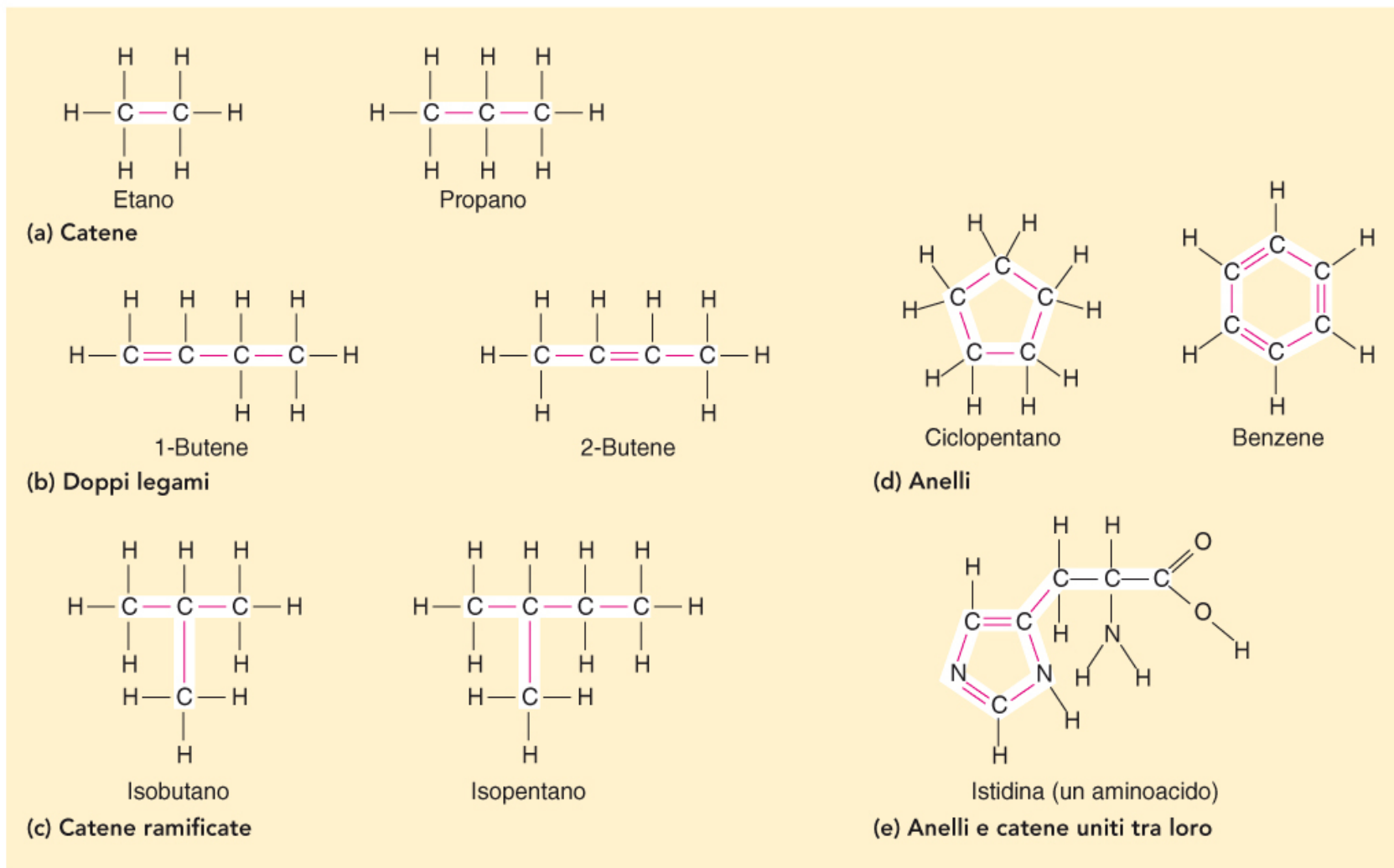
## Composizione chimica approssimativa di una cellula batterica

|  | <i>% del peso<br/>cellulare totale</i> | <i>N° di tipi di<br/>ciascuna molecola</i> |
|--|--|--|
| - Acqua  | 70                                     | 1  |
| - Ioni inorganici  | 1                                      | 20   |
| - Zuccheri e precursori  | 1                                      | 250  |
| - Aminoacidi e precursori  | 0,4                                    | 100  |
| - Nucleotidi e precursori  | 0,4                                    | 100  |
| - Acidi grassi e precursori                                      | 1                                      | 50   |
| - Altre piccole molecole   | 0,2                                    | ~300                                       |
| - Macromolecole<br>(proteine, acidi nucleici e<br>polisaccaridi) | 26                                     | ~3000                                      |

# LE MACROMOLECOLE

Le macromolecole cellulari sono **polimeri** formati semplicemente **unendo con legami covalenti molecole organiche piccole** (dette subunità o monomeri) in lunghe catene

# MOLECOLE ORGANICHE



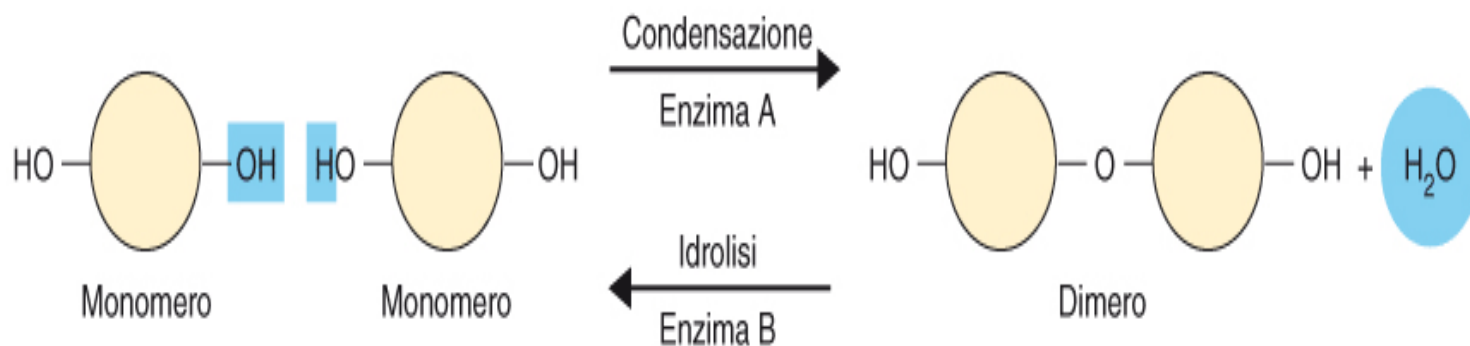
**FIGURA 3-1** Molecole organiche

Notare che ciascun atomo di carbonio forma quattro legami covalenti, producendo un'ampia varietà di forme.

# GRUPPI FUNZIONALI BIOLOGICAMENTE IMPORTANTI

| Gruppo funzionale e descrizione  | Formula di struttura  | Classe di componenti caratterizzati dal gruppo  |
|--|---|---|
| <b>Ossidrilico</b><br>Polare perché l'ossigeno elettronegativo attrae gli elettroni del legame covalente   | $R-OH$  | Alcoli<br>$\begin{array}{c} H & H \\   &   \\ H-C & -C-OH \\   &   \\ H & H \end{array}$ Esempio, etanolo   |
| <b>Carbonilico</b><br><b>Aldeidi:</b><br>Il carbonio del gruppo carbonilico è legato con almeno un atomo di H; polare perché l'ossigeno elettronegativo attrae gli elettroni del legame covalente<br><br><b>Chetoni:</b><br>Il carbonio del gruppo carbonilico è legato ad altri due atomi di carbonio; polare perché l'ossigeno elettronegativo attrae gli elettroni del legame covalente | $R-\overset{\overset{O}{  }}{C}-H$<br><br>$R-\overset{\overset{O}{  }}{C}-R$  | Aldeidi<br>$H-\overset{\overset{O}{  }}{C}-H$ Esempio, formaldeide<br><br>Chetoni<br>$\begin{array}{c} H & O & H \\   &    &   \\ H-C & -C & -C-H \\   & &   \\ H & & H \end{array}$ Esempio, acetone |
| <b>Carbossilico</b><br>Debolmente acido; può rilasciare uno ione $H^+$   | $R-\overset{\overset{O}{  }}{C}-OH$ Non ionizzato<br>$R-\overset{\overset{O}{  }}{C}-O^- + H^+$ Ionizzato   | Acidi carbossilici (acidi organici)<br>$R-\overset{\overset{O}{  }}{C}-OH$ Esempio, aminoacido  |
| <b>Amminico</b><br>Debolmente basico; può accettare uno ione $H^+$   | $R-N \begin{array}{l} / H \\ \backslash H \end{array}$ Non ionizzato<br>$R-N^+ \begin{array}{l} / H \\ \backslash H \\ \quad H \end{array}$ Ionizzato | Ammine<br>$\begin{array}{c} NH_2 & O \\   &    \\ R-C & -C-OH \\   & \\ H & \end{array}$ Esempio, aminoacido  |
| <b>Fosfato</b><br>Debolmente acido; possono essere rilasciati uno o due ioni $H^+$   | $R-O-\overset{\overset{O}{  }}{P}-OH$ Non ionizzato<br>$R-O-\overset{\overset{O}{  }}{P}-O^-$ Ionizzato   | Fosfati organici<br>$HO-\overset{\overset{O}{  }}{P}-O-R$ Esempio, estere fosfato (come nell'ATP)   |
| <b>Sulfidrilico</b><br>Aiuta a stabilizzare la struttura interna delle proteine  | $R-SH$  | Tioli<br>$\begin{array}{c} H & H & O \\   &   &    \\ H-C & -C & -C-OH \\   &   & \\ SH & NH_2 & \end{array}$ Esempio, cisteina   |

Ogni polimero si allunga applicando un nuovo monomero all'estremità di una catena polimerica in crescita mediante una **reazione di condensazione**, in cui una molecola di  $H_2O$  viene eliminata per ogni subunità aggiunta.



**FIGURA 3-5** Reazioni di condensazione e di idrolisi

L'unione di due monomeri produce un dimero; l'incorporazione di ulteriori monomeri forma un polimero. Notare che le reazioni di condensazione e di idrolisi sono catalizzate da enzimi diversi.

# LE MACROMOLECOLE

## I CARBOIDRATI

subunità

ZUCCHERI

ACIDI GRASSI

AMMINOACIDI

NUCLEOTIDI



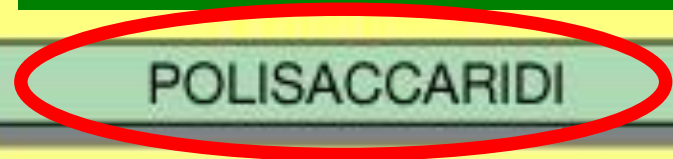
macromolecole

POLISACCARIDI

GRASSI, LIPIDI, MEMBRANE

PROTEINE

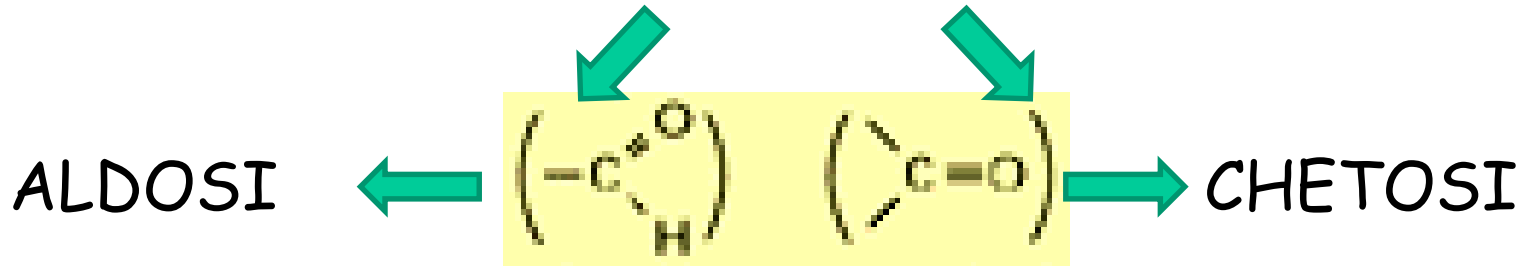
ACIDI NUCLEICI



# MONOSACCARIDI

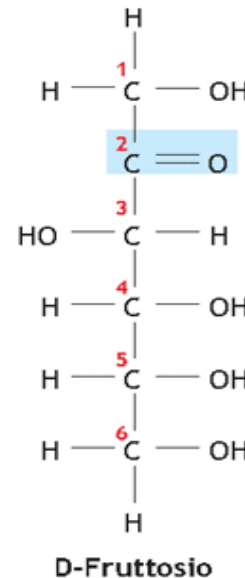
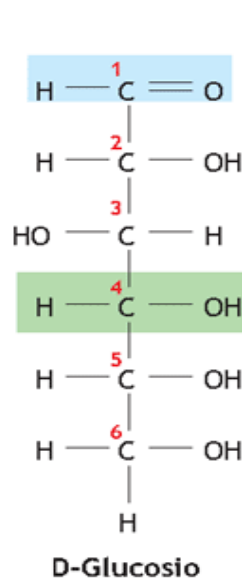
L'unità strutturale più semplice sono i monosaccaridi con formula generale:  $(CH_2O)_n$  e sono classificati in base a:

1. Presenza di un gruppo aldeidico o chetonico



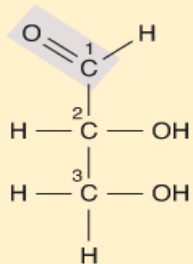
2. Numero di atomi di carbonio (2,3,4,5 o 6)

**D-Glucosio:**  
il più  
importante  
degli  
aldoesosi

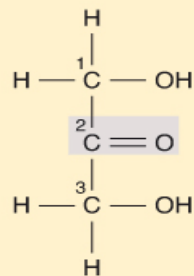


**D-Fruttosio:**  
il più  
importante  
dei  
cheto-esosi

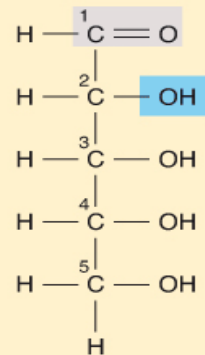




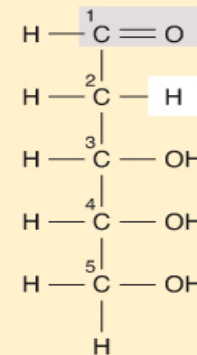
**Gliceraldeide (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>)**  
(un'aldeide)



**Diidrossiacetone (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>)**  
(un chetone)



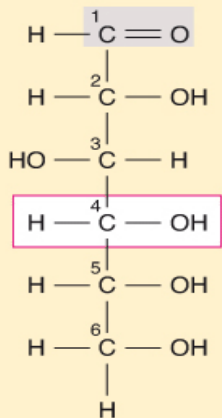
**Ribosio (C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)**  
(zucchero componente dell'RNA)



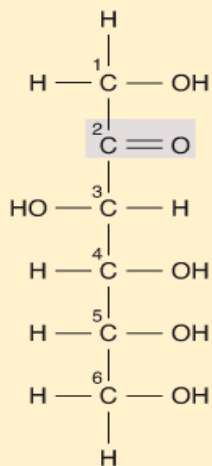
**Desossiribosio (C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>O<sub>4</sub>)**  
(zucchero componente del DNA)

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

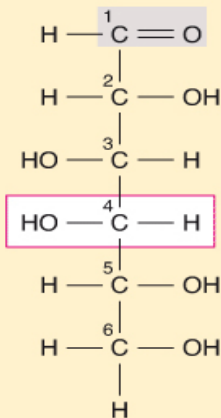
(b) Zuccheri pentosi (zuccheri a 5 atomi di carbonio)



**Glucosio (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>)**  
(un'aldeide)



**Fruttosio (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>)**  
(un chetone)



**Galattosio (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>)**  
(un'aldeide)

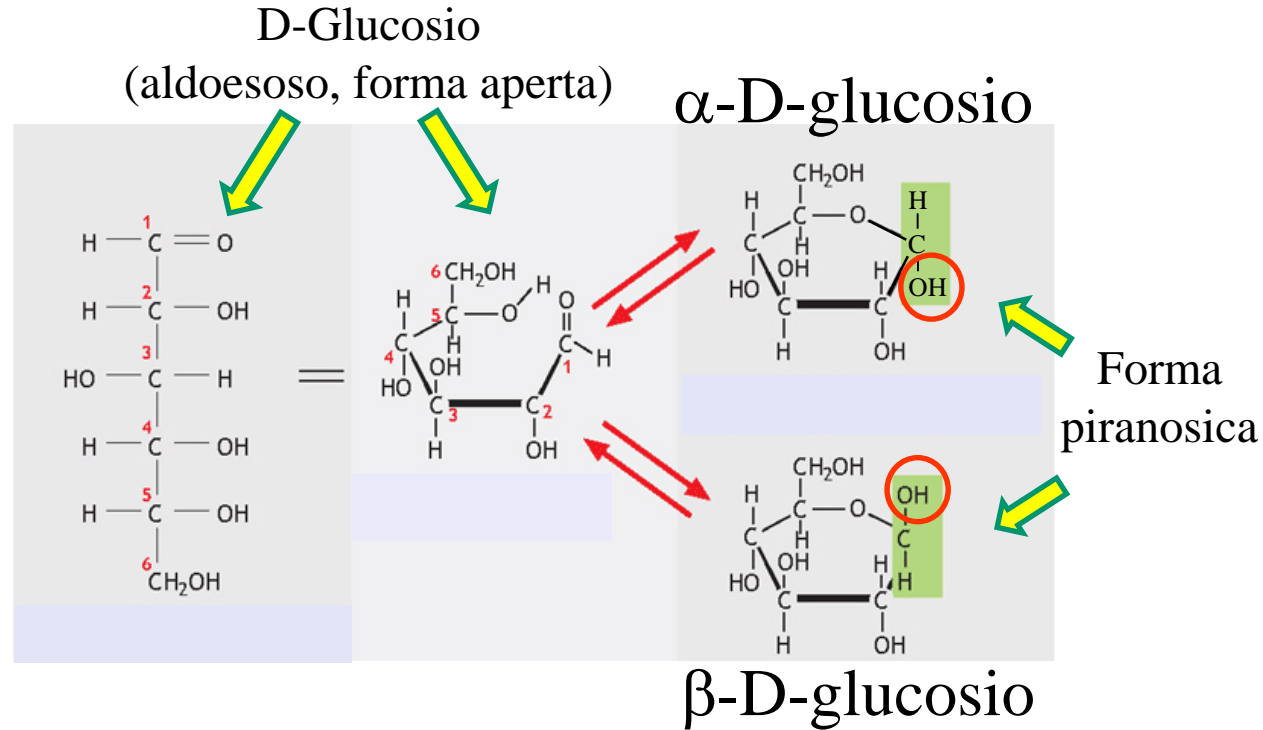
(c) Zuccheri esosi (zuccheri a 6 atomi di carbonio)

### 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 ossidrile (*in blu*), è legato al carbonio 2. Il glucosio e il galattosio sono enantiomeri che differiscono per la disposizione del gruppo ossidrile e dell'idrogeno legati al carbonio 4 (*in rosso*).

# FORMAZIONE DEGLI ANELLI

I gruppi aldeidici o chetonici di uno zucchero possono reagire con un gruppo ossidrilico della stessa molecola:



Una conseguenza di questa reazione è la **scomparsa del gruppo aldeidico (o chetonico)** e la formazione di un nuovo atomo di C asimmetrico (definito **glicosidico**) che porta un nuovo **OH**, che potrà trovarsi:

al di sotto (isoforma  $\alpha$ )

o la di sopra (isoforma  $\beta$ ) del piano in cui giace la forma ciclica



(a) Il glucosio, se sciolto in acqua, subisce un riarrangiamento degli atomi, dando origine ad una delle sue due strutture ad anello:  $\alpha$ -glucosio o  $\beta$ -glucosio. Anche se il disegno non è in grado di rendere l'idea della struttura tridimensionale, i legami rappresentati con una linea più spessa che si trovano nella parte bassa dell'anello servono a rappresentare quella parte della molecola che si protenderebbe fuori dalla pagina.



(b) Le principali differenze esistenti tra l' $\alpha$ -glucosio e il  $\beta$ -glucosio risultano più immediate osservando queste strutture semplificate. Si assume per convenzione che, se non è indicato nessun altro atomo, ad ogni angolo dell'anello sia presente un atomo di carbonio. Sono stati omessi anche molti degli atomi di idrogeno.

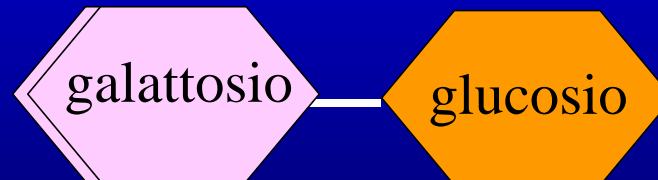
**FIGURA 3-7** Forme  $\alpha$  e  $\beta$  del glucosio

## Carboidrati: monosaccaridi

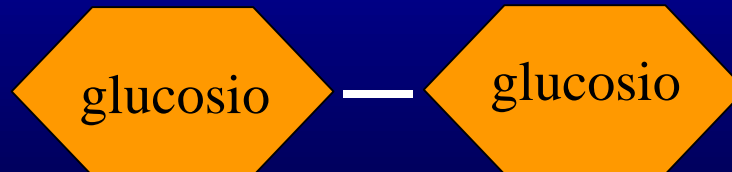


## Carboidrati: disaccaridi

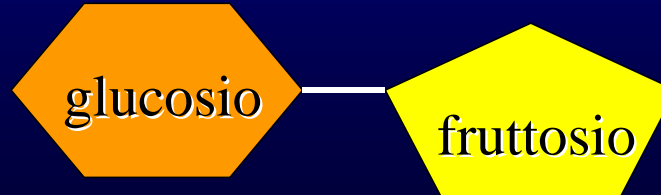
**LATTOSIO**



**MALTOSIO**



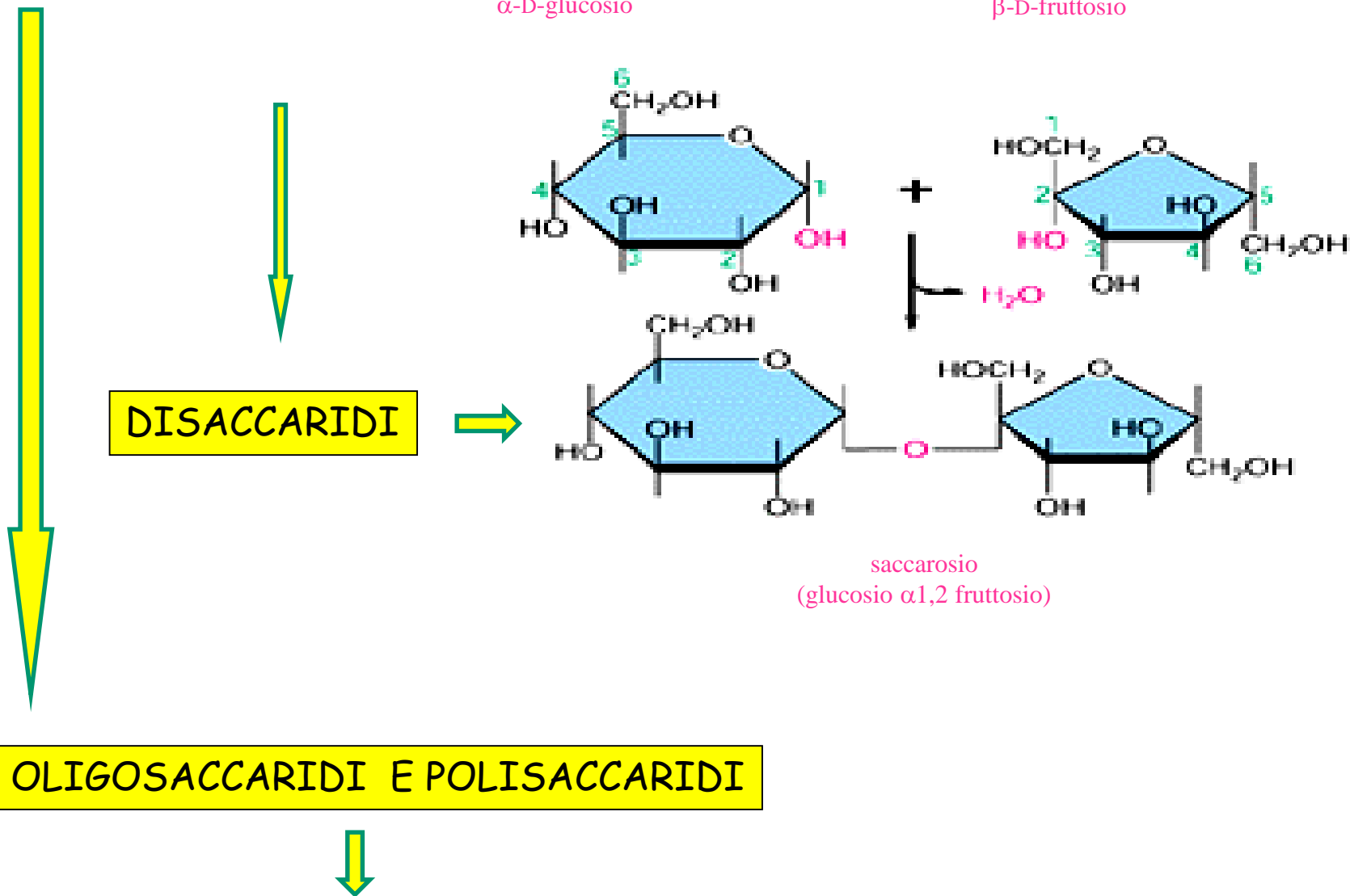
**SACCAROSIO**



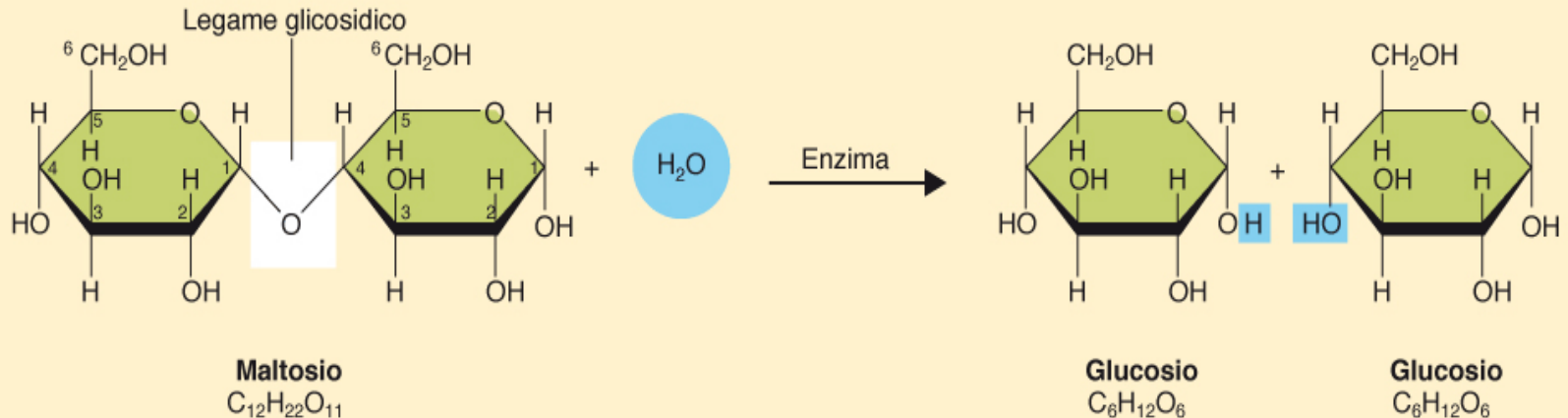
# IL LEGAME GLICOSIDICO E I DERIVATI DEI MONOSACCARIDI

Il C che porta l'aldeide o il chetone può reagire con qualunque gruppo ossidrilico di un secondo zucchero per formare un **legame glicosidico**.

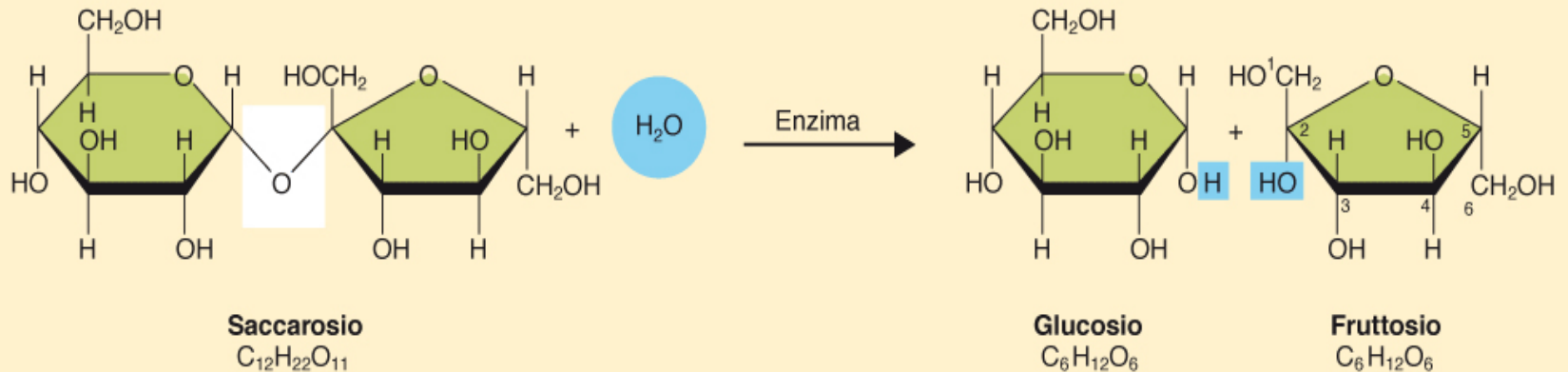
In questo modo si possono formare



# I DISACCARIDI



(a) Il maltosio può essere scisso (come durante la digestione) per formare due molecole di glucosio. Il legame glicosidico viene rotto mediante una reazione di idrolisi che richiede l'aggiunta di acqua.



(b) Il saccarosio può essere idrolizzato per produrre una molecola di glucosio ed una di fruttosio.

**FIGURA 3-8** Idrolisi dei disaccaridi

Notare che è necessario un enzima affinché queste reazioni possano avvenire.

# LE MACROMOLECOLE

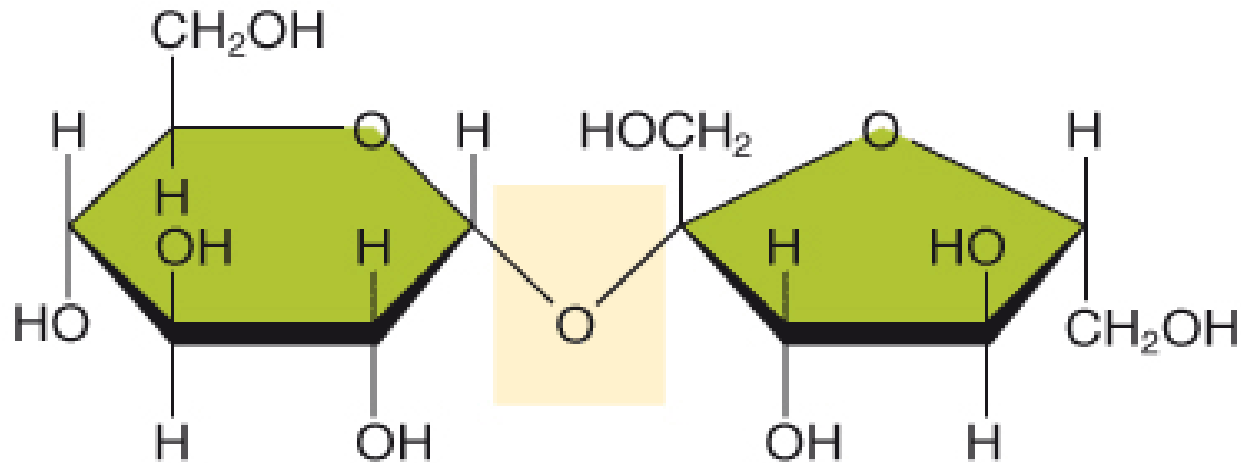
## Le macromolecole - polisaccaridi

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 **specificità 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



La maggior parte dei carboidrati è costituita da **polisaccaridi**, lunghe catene di unità ripetute di uno zucchero semplice. I carboidrati sono immagazzinati in modo tipico dalle piante sotto forma di **amido** e dagli animali sotto forma di **glicogeno**. Le pareti delle cellule vegetali sono costituite principalmente dal polisaccaride strutturale **cellulosa**.

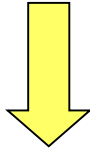


# Polisaccaridi

importanti fonti di energia

e

costituiscono strutture di supporto



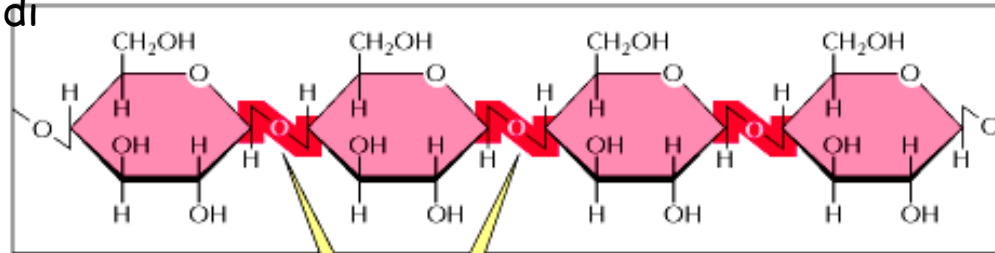
Il **glucosio** è il monosaccaride cui spetta un ruolo centrale tra le fonti di energia della cellula. Esso viene demolito in molecole più piccole in una serie di reazioni, nelle quali si libera energia utilizzabile dalla cellula per compiere lavoro utile.

Per immagazzinare energia e tenerla di riserva le cellule accantonano polisaccaridi contenenti solo glucosio sotto forma di **glicogeno** negli animali e **amido** nella piante



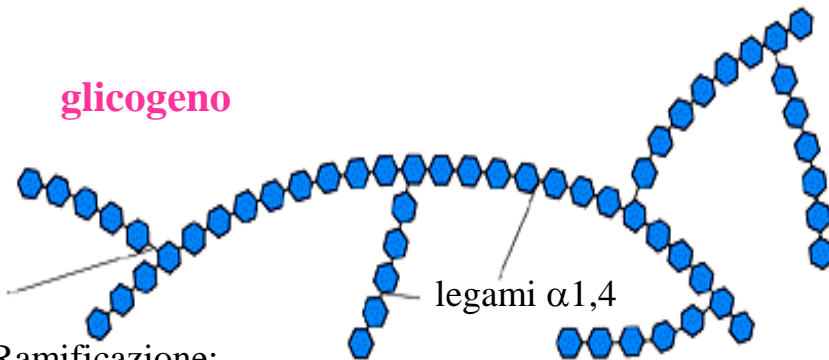
**Cellulosa:** polisaccaride del glucosio che costituisce le pareti cellulari vegetali ed è la sostanza organica più abbondante sulla Terra

**cellulosa**



legami  $\beta$  (1  $\rightarrow$  4)

**glicogeno**



legami  $\alpha$ 1,4

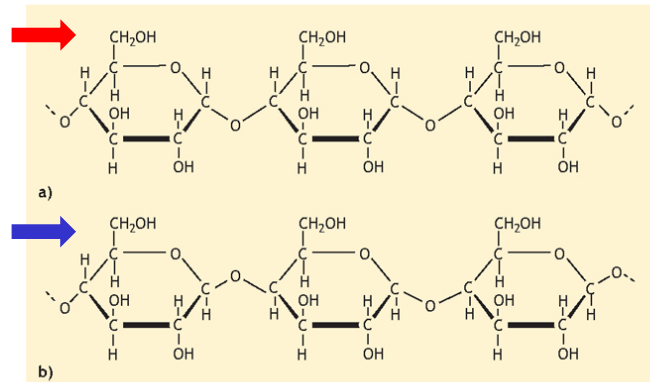
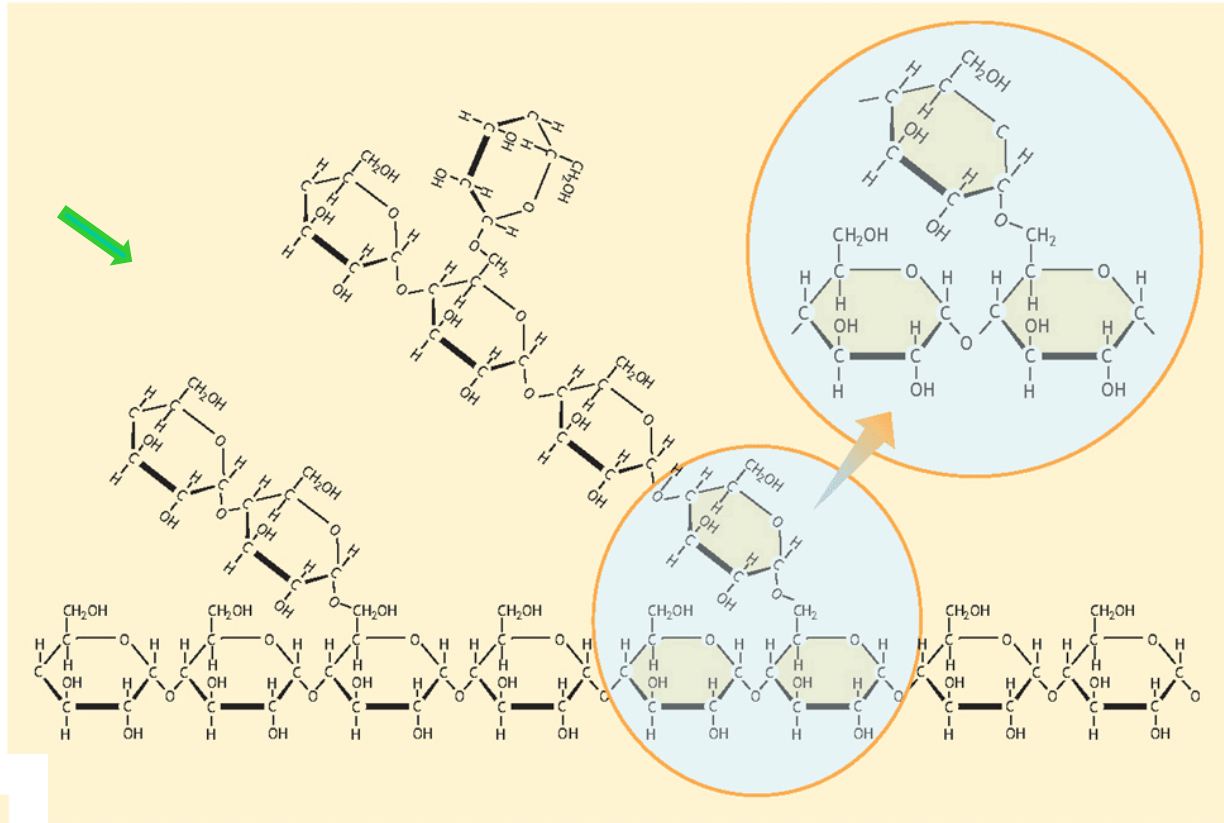
Ramificazione:  
legami  $\alpha$ 1,6

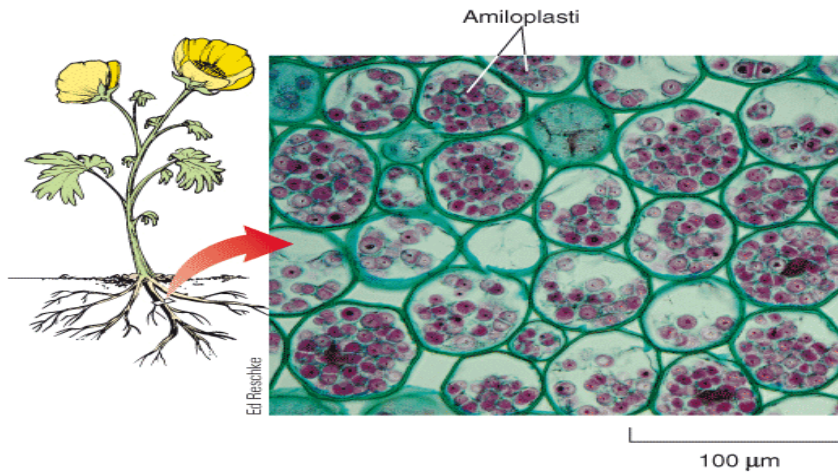
# POLISACCARIDI

## Glicogeno:

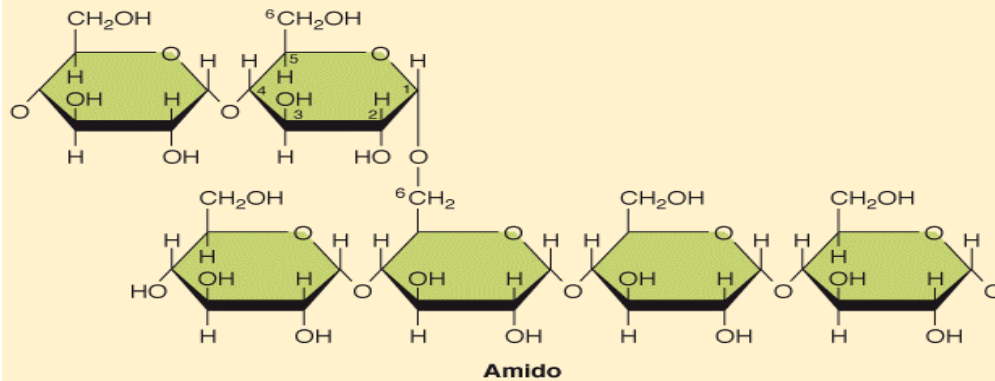
catene sono costituite da unità di glucosio unite da legami  $\alpha$ , 1-4 glicosidici

Le ramificazioni si inseriscono sulle catene principali mediante legami  $\alpha$ , 1-6 glicosidici

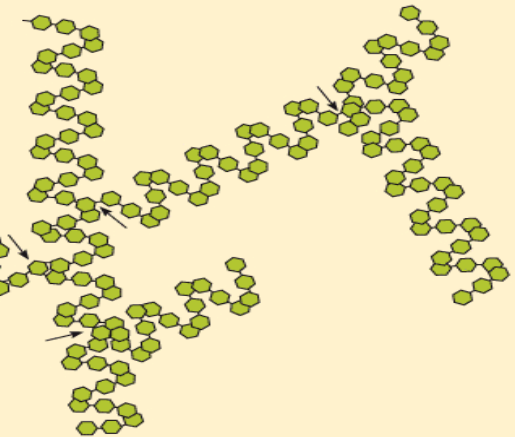




(a) L'amido (*in viola*) è immagazzinato in organelli specializzati, detti *amiloplasti*, in queste cellule di una radice di ranuncolo.



(b) L'amido è composto da molecole di  $\alpha$ -glucosio unite da legami glicosidici. Ai punti di ramificazione ci sono legami tra il carbonio 6 del glucosio della catena principale e il carbonio 1 del glucosio della catena laterale.



(c) L'amido ha catene altamente ramificate. Nella rappresentazione schematica, le frecce indicano i punti di ramificazione. Lo schema è semplificato perché nella realtà ciascuna catena ha una forma a spirale o elica resa stabile da legami a idrogeno tra i gruppi ossidrilici delle subunità di glucosio.

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

# Le macromolecole

## I LIPIDI

subunità

ZUCCHERI

ACIDI GRASSI

AMMINOACIDI

NUCLEOTIDI



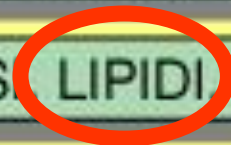
macromolecole

POLISACCARIDI

GRASSI LIPIDI MEMBRANE

PROTEINE

ACIDI NUCLEICI



# Lipidi

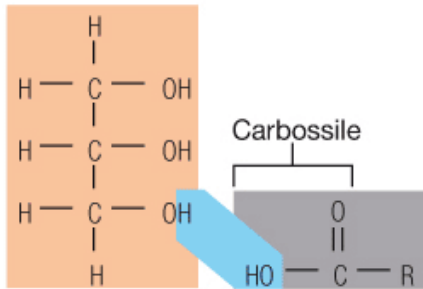
Tre importanti ruoli:

- (1) accumulo di energia;
- (2) il maggiore componente delle membrane cellulari;
- (3) segnalazione cellulare, sia sotto forma di ormoni steroidei (ad es. estrogeno e testosterone) sia come molecole messaggere (convogliano segnali dai recettori della superficie cellulare ai bersagli endocellulari).
- 4) Sono (i) Grassi-trigliceridi, (ii)fosfolipidi, (iii) steroidi, (iv)carotenoidi, (v)cere

# I TRIGLICERIDI SONO I PIU' ABBONDANTI LIPIDI



Solomon, Berg, Martin  
Biologia - VI Edizione  
EdiSES

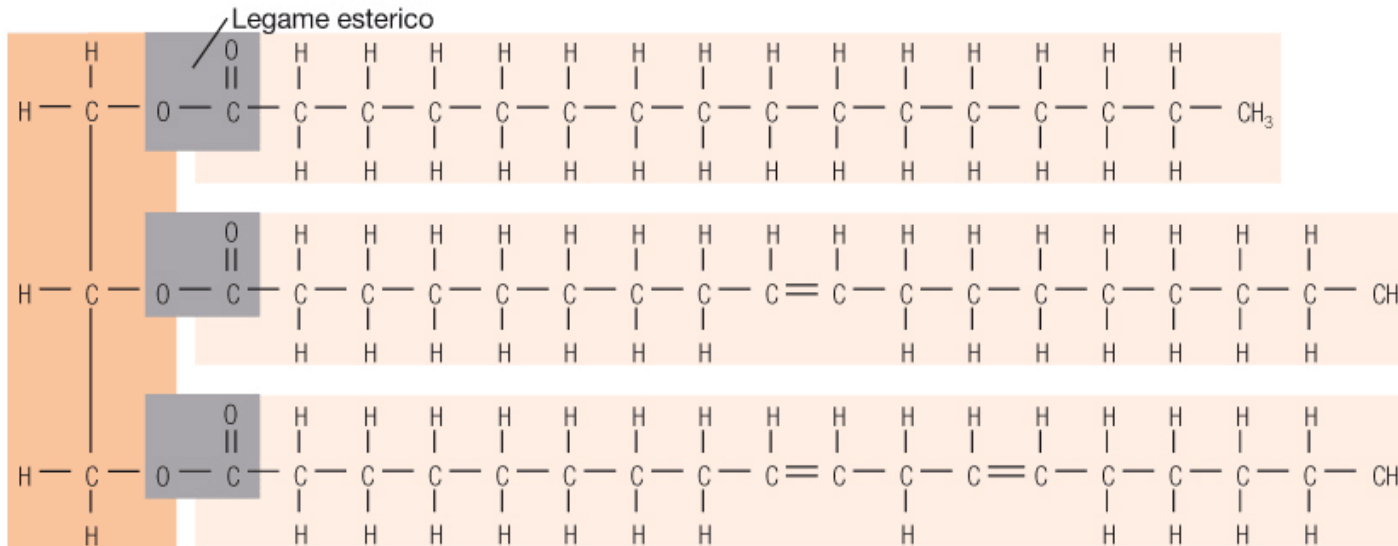


Glicerolo

Acido grasso

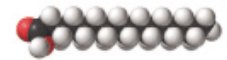
(a)

**ACIDI GRASSI**

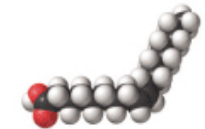


(b)

Un triacilglicerolo



(c) Acido palmitico



(d) Acido oleico



(e) Acido linoleico

## FIGURA 3-12 Il triacilglicerolo, il principale lipide di riserva

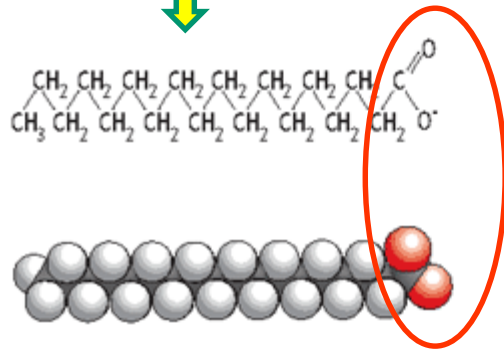
(a) Glicerolo ed acidi grassi sono i componenti dei grassi. (b) Il glicerolo è legato agli acidi grassi mediante legami esterici (*in grigio*). I modelli a spazio pieno mostrano la vera forma degli acidi grassi. (c) L'acido palmitico, un acido grasso saturo, ha una struttura a catena lineare. (d) L'acido oleico (monoin-saturo) e (e) l'acido linoleico (polinsaturo) sono piegati o attorcigliati in corrispondenza di ogni doppio legame carbonio-carbonio.

# ACIDI GRASSI COMUNI

La molecola di acido grasso presenta 2 regioni chimicamente distinte

una lunga catena idrocarburica:  
idrofobica e chimicamente poco reattiva

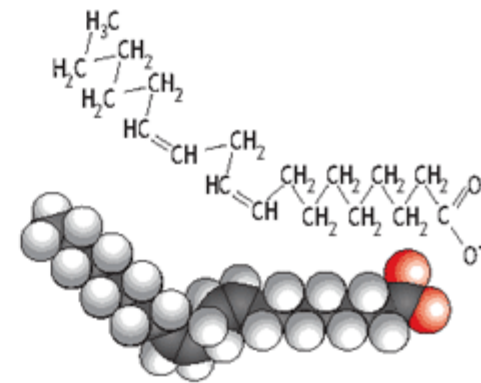
un gruppo  $-COOH$ ,  
che si comporta come un acido,  
ionizzato in soluzione ( $COO^-$ )  
estremamente idrofilico e  
chimicamente reattivo



acido stearico

**Acido grasso saturo:**  
contiene il massimo numero di  
H ed è privo di doppi legami

Molecole  
**anfipatiche:**  
1 regione  
idrofilica e  
1 idrofobica



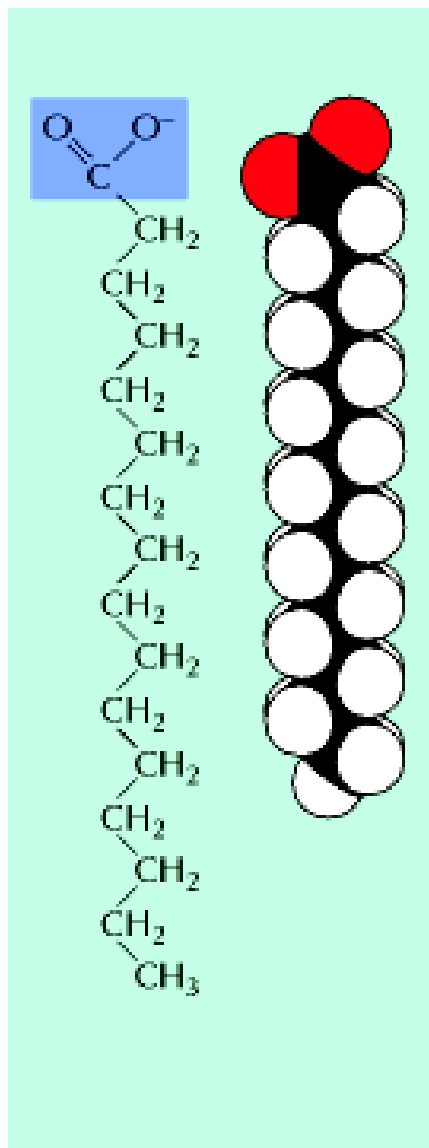
acido linoleico

**Acido grasso insaturo:**  
con uno o più doppi legami  
tra atomi di C

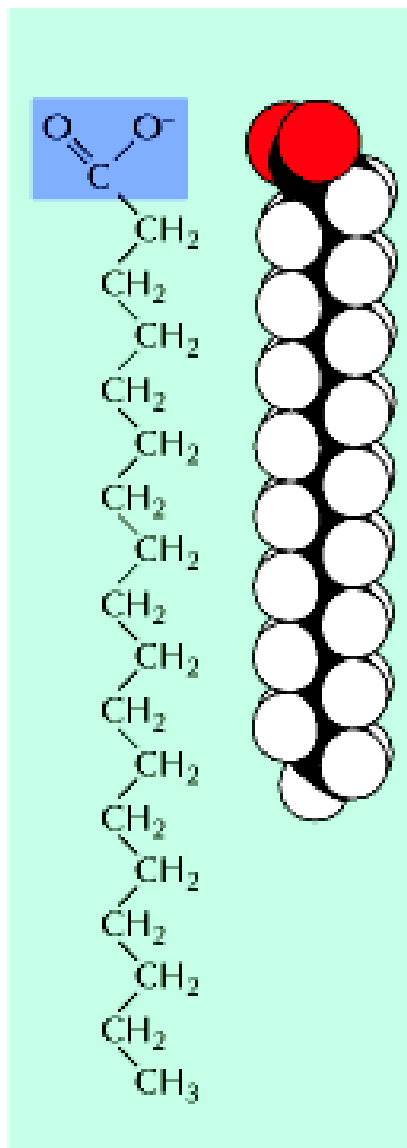
I numerosi acidi grassi presenti nelle cellule differiscono solo per la lunghezza della catena idrocarburica e per il numero e la posizione dei doppi legami C-C

# ACIDI GRASSI COMUNI

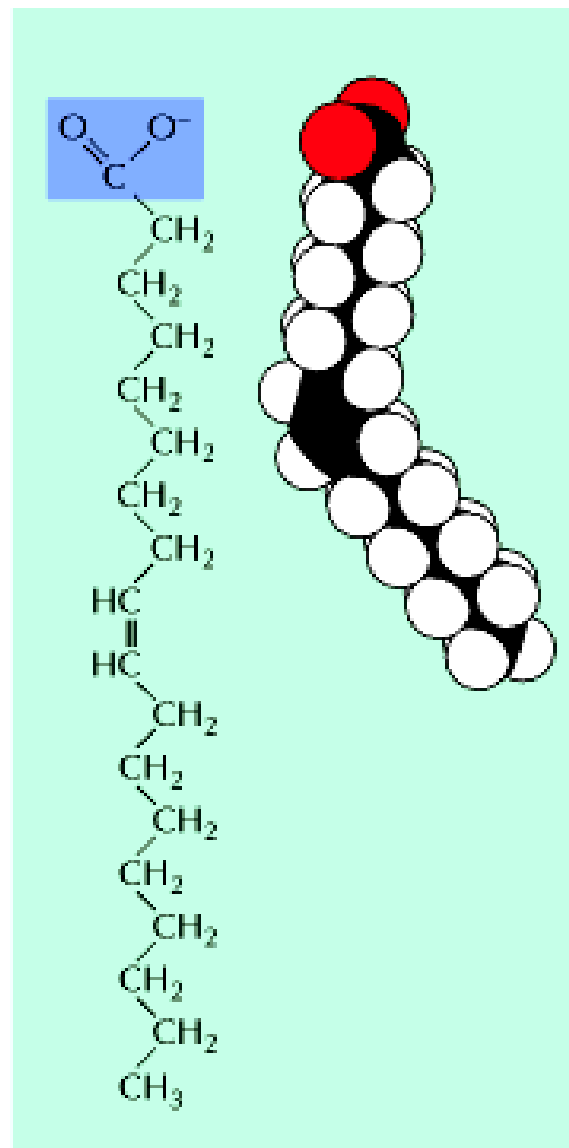
A. Palmitico (C<sub>16</sub>)



A. Stearico (C<sub>18</sub>)



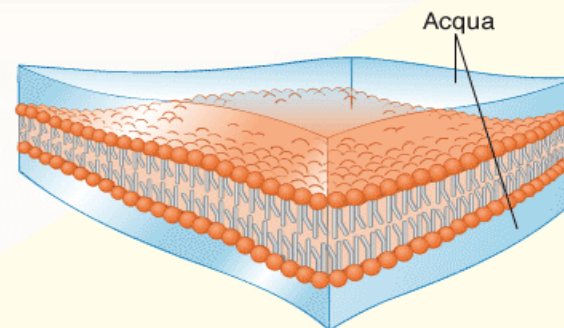
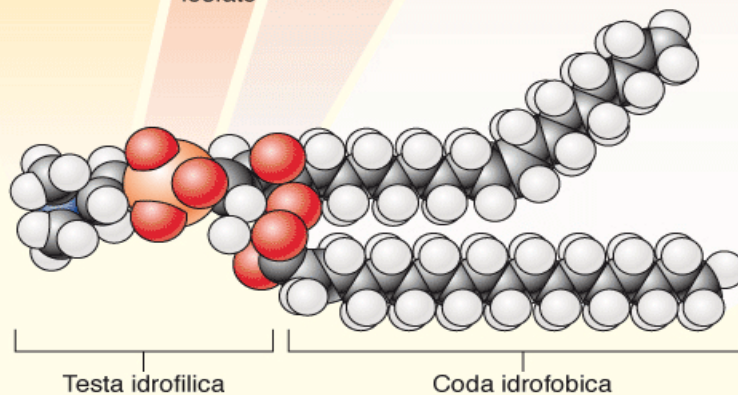
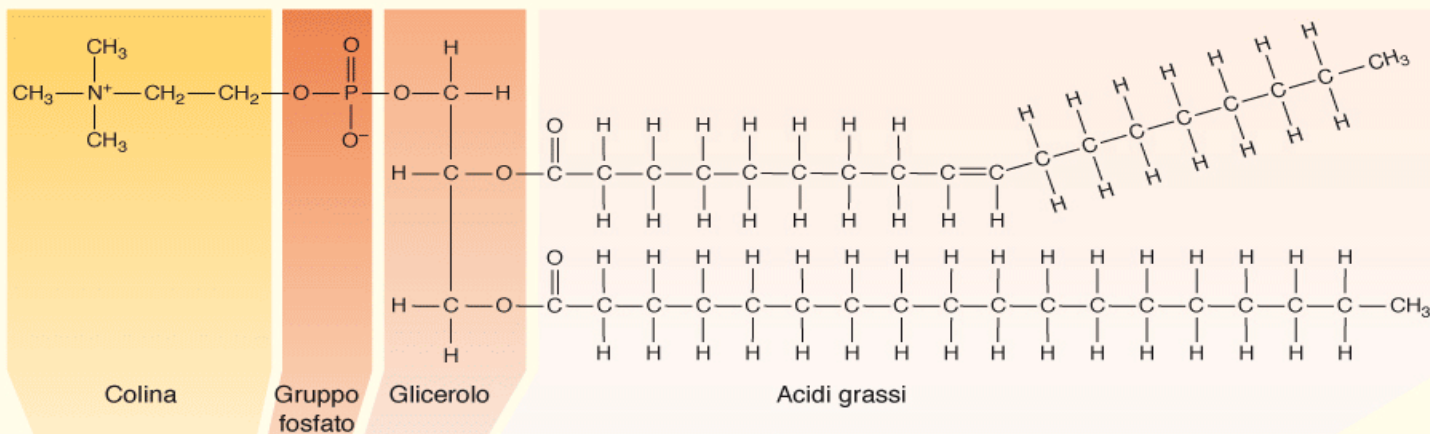
A. Oleico (C<sub>18</sub>)





# FOSFOLIPIDI

## Lipidi anfipatici: estremità idrofilica e idrofobica



**(a) Fosfolipide (lecitina).** Un fosfolipide è costituito da una coda idrofobica, costituita da due acidi grassi, e da una testa idrofila, che comprende un glicerolo legato ad un gruppo fosfato, il quale a sua volta è legato ad un gruppo organico che può essere di varia natura. La molecola rappresentata in figura è la lecitina (o fosfatidilcolina), in cui la colina costituisce la porzione organica. L'acido grasso più in alto nella figura è monoinsaturo e contiene un doppio legame che determina una caratteristica piega nella catena.

**(b) Doppio strato fosfolipidico.** I fosfolipidi formano doppi strati lipidici in cui le teste idrofiliche interagiscono con l'acqua e le code idrofobiche si trovano all'interno del doppio strato.

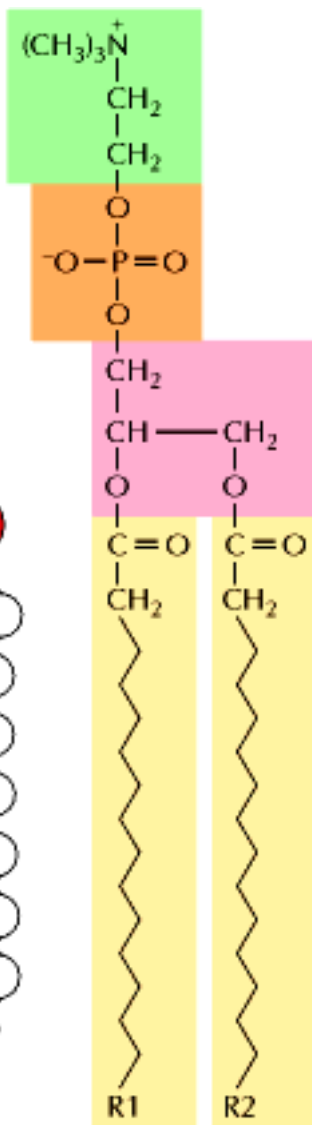
**FIGURA 3-13** Un fosfolipide e un doppio strato fosfolipidico

# FOSFOLIPIDI

I maggiori componenti delle membrane cellulari

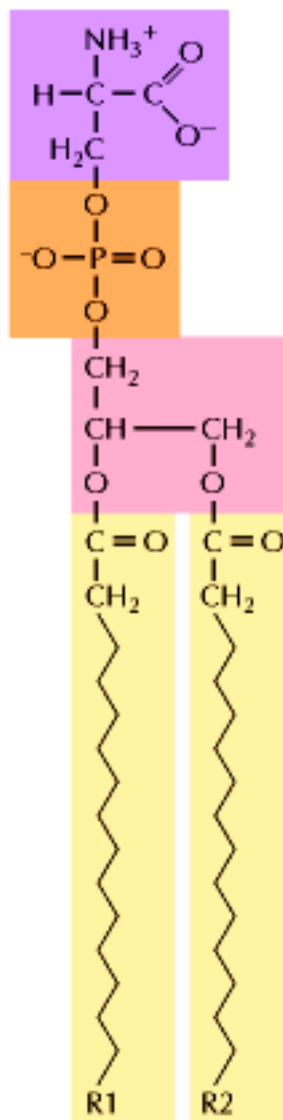
## Fosfatidilcolina

Colina



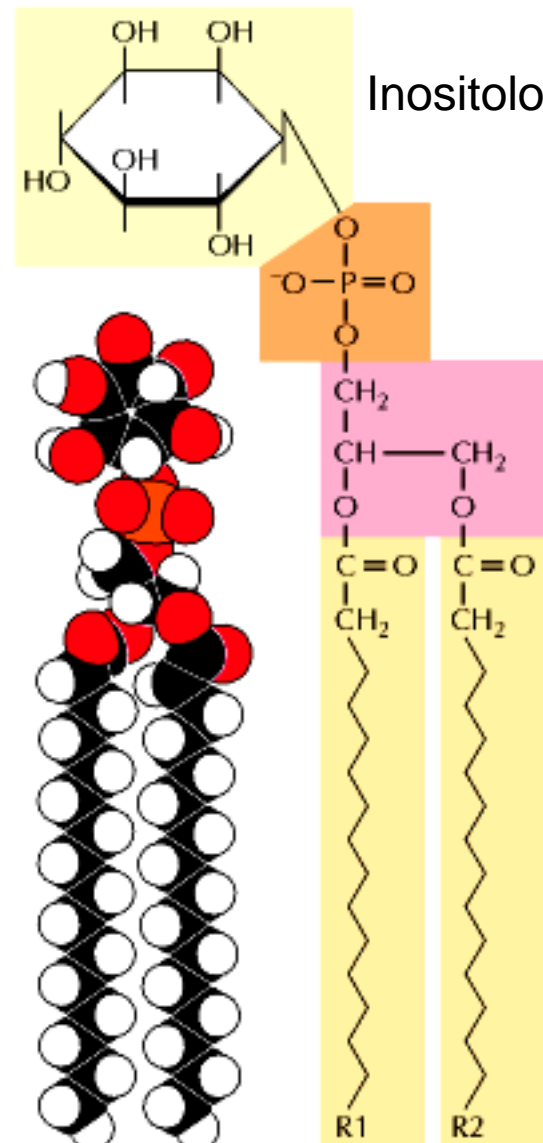
## Fosfatidilserina

Serina



## Fosfatidilinositolo

Inositolo



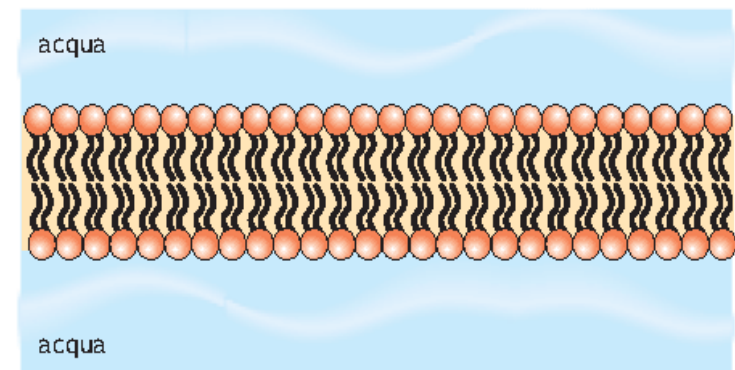
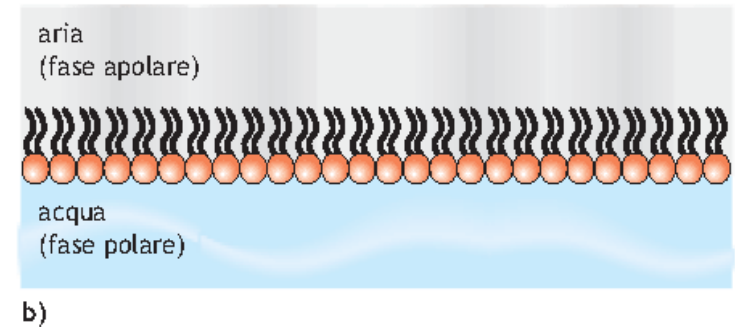
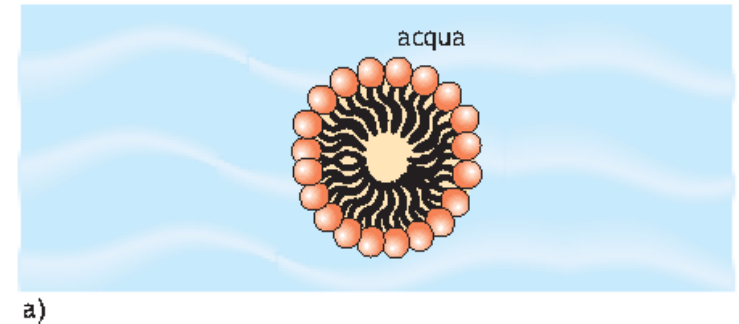
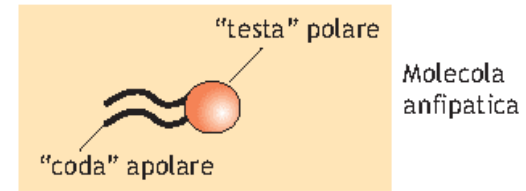
# AGGREGATI LIPIDICI

Gli acidi grassi e i fosfolipidi hanno:  
una testa idrofilica  
e una coda idrofobica

In H<sub>2</sub>O possono formare

- piccole micelle
- un film superficiale

I **fosfolipidi** e i **glicolipidi** formano doppi strati lipidici autosigillanti che sono la base di tutte le membrane cellulari



# **STEROIDI**

Gli steroidi più importanti dal punto di vista biologico sono il colesterolo, sali biliari, ormoni sessuali , cortisolo e gli ormoni secreti dalla corteccia surrenale.

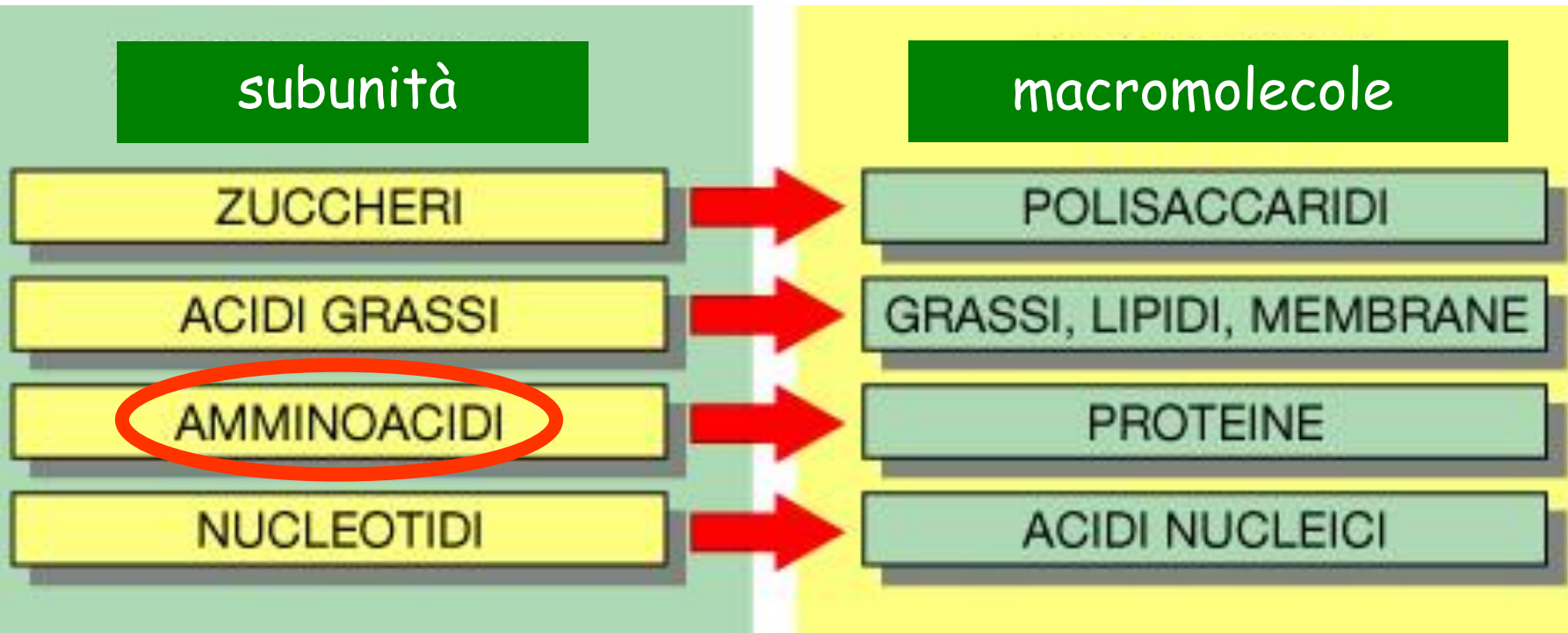
Il colesterolo è componente fondamentale delle membrane plasmatiche in eccesso procura placche sulle pareti delle arterie.

## **Carotenoidi**

I pigmenti vegetali arancioni e gialli detti carotenoidi vengono classificati tra i lipidi in quanto insolubili in acqua e con consistenza oleosa

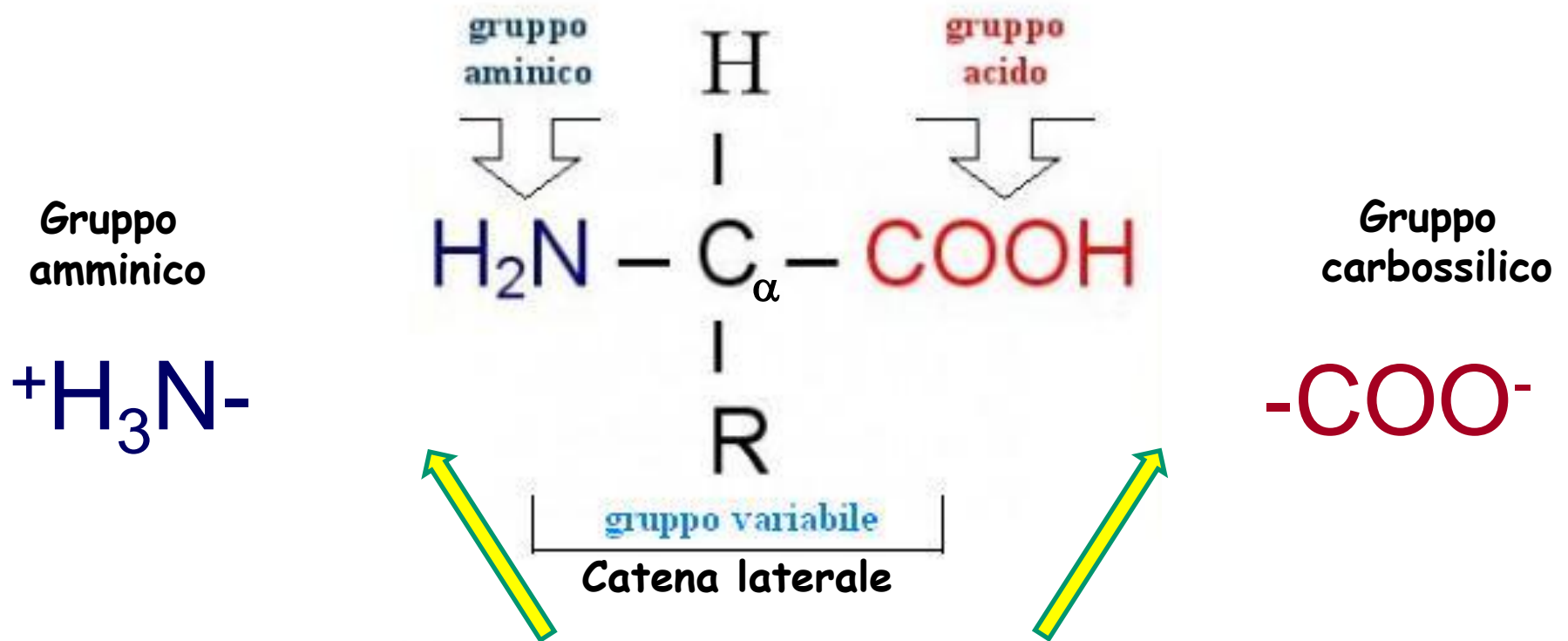
# I componenti chimici di una cellula

Le cellule contengono 4 famiglie principali di piccole molecole organiche:

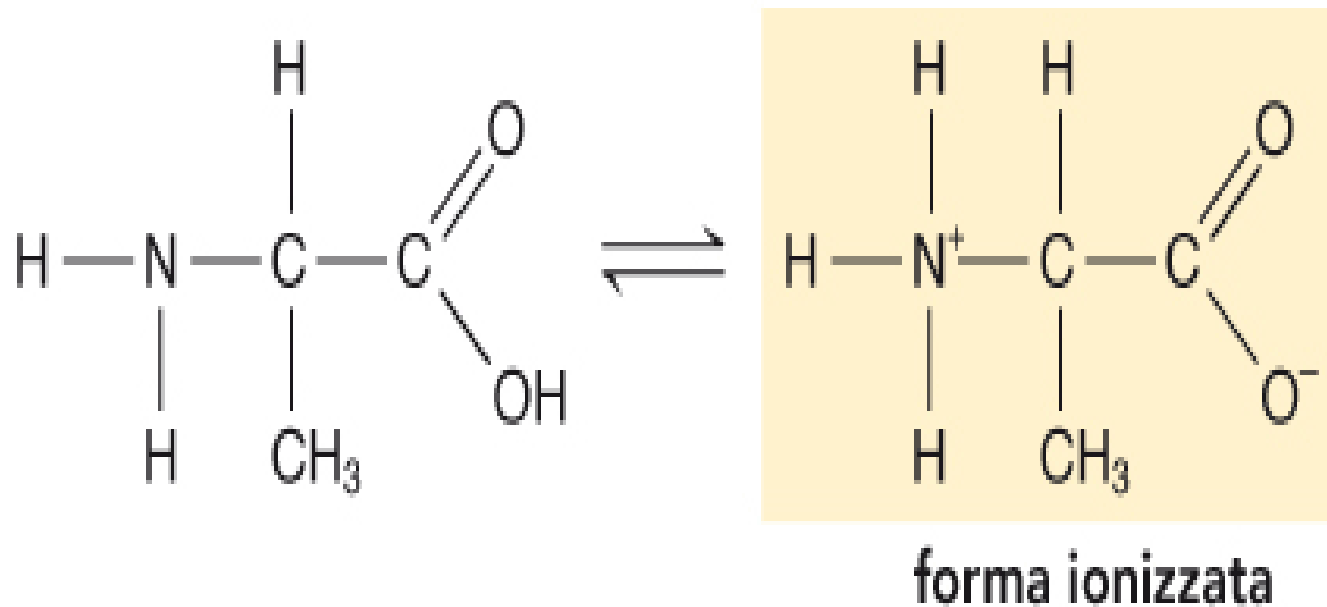


# Struttura degli aminoacidi

Gli aminoacidi sono una variegata classe di molecole che hanno alcune proprietà in comune e si distinguono solamente in base alla catena laterale:



A pH fisiologico  
 $\text{COOH}$  ed  $\text{NH}_2$  sono  
ionizzati

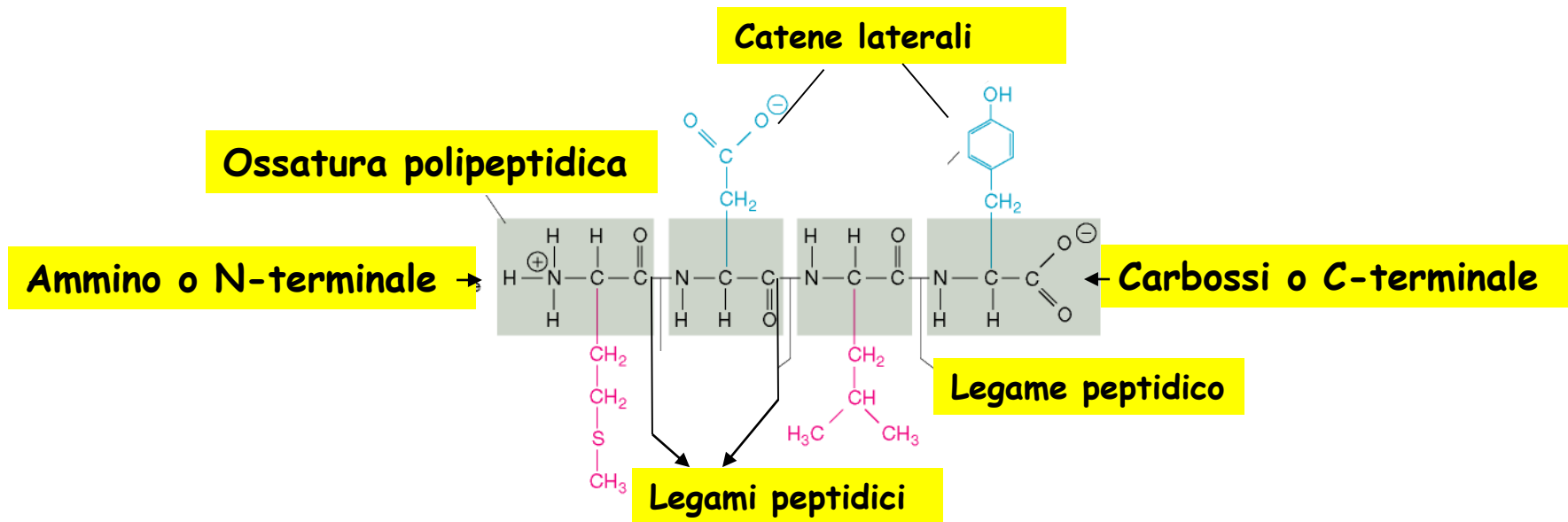


**FIGURA 3-16** Un aminoacido a pH 7

Nelle cellule viventi, gli aminoacidi esistono prevalentemente in forma ionizzata, come ioni dipolari.

# Struttura delle proteine

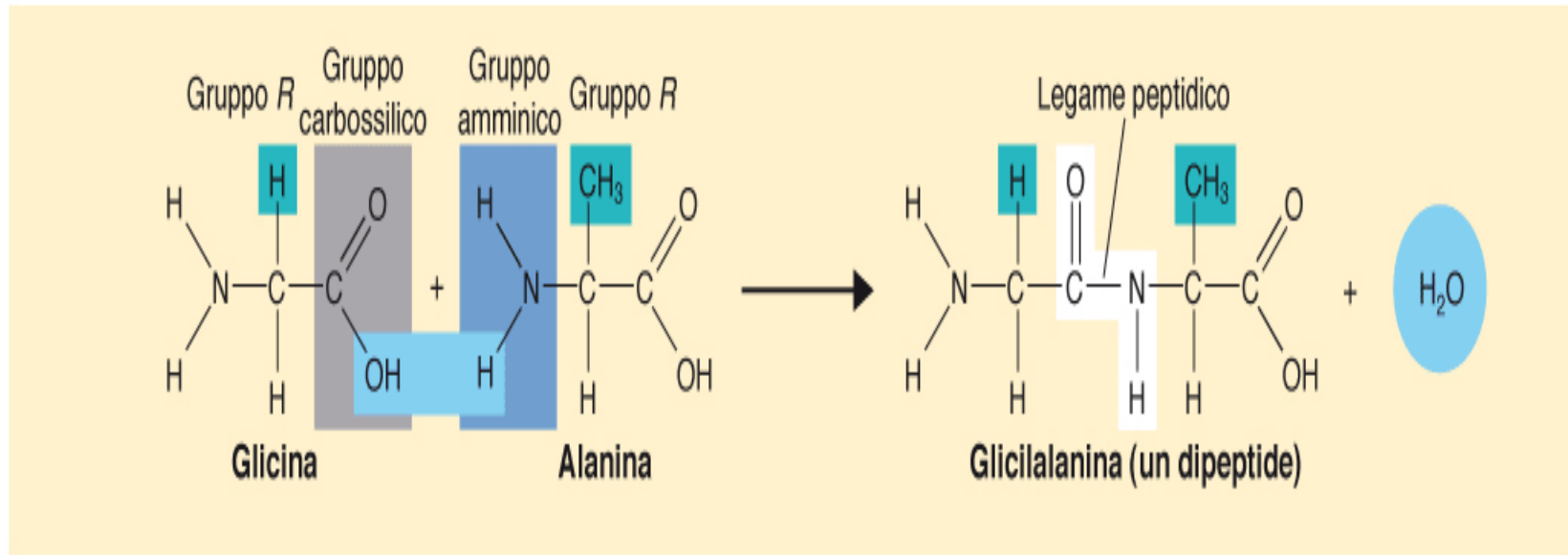
I polipeptidi hanno una precisa direzionalità, cioè una polarità strutturale:



- I polipeptidi sono sintetizzati dall'N-term al C-term
- la seq degli aa viene scritta nello stesso ordine



# Il legame peptidico

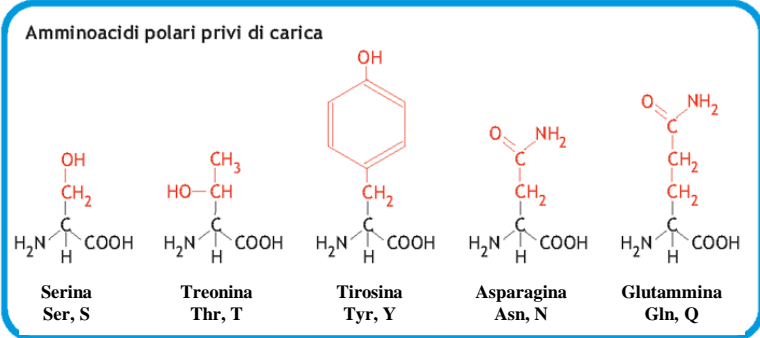


**FIGURA 3-18** Legami peptidici

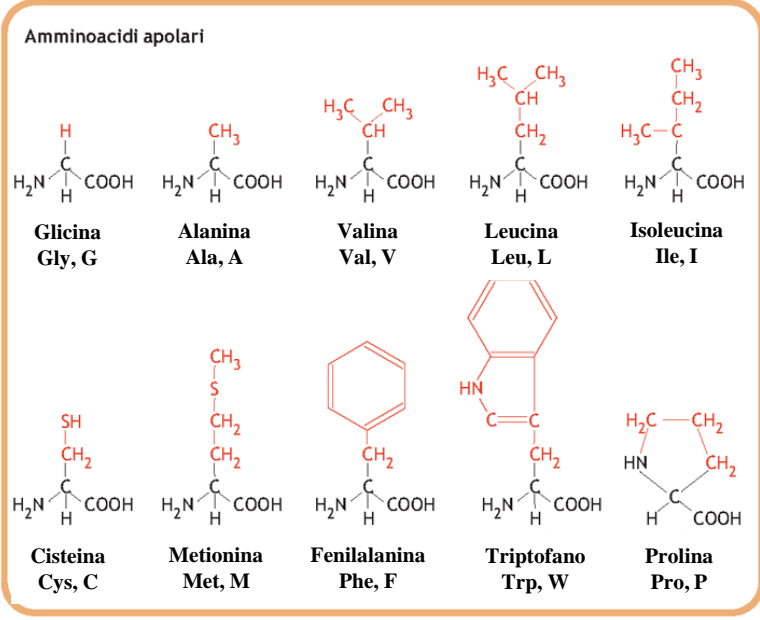
Un dipeptide si forma per rimozione dell'equivalente di una molecola di acqua dal gruppo carbossilico di un aminoacido e dal gruppo amminico di un altro aminoacido (reazione di condensazione). Il legame peptidico che ne risulta è un legame covalente carbonio-azoto. Notare che il carbonio è anche parte di un gruppo carbonilico, e che l'azoto è anche legato covalentemente ad un idrogeno. Si possono aggiungere anche altri aminoacidi per formare una lunga catena polipeptidica con un gruppo amminico libero ad una estremità ed un gruppo carbossilico libero all'altra.

Gli amminoacidi costituenti le proteine vengono classificati in 3 gruppi sulla base delle proprietà chimico-fisiche del loro radicale:

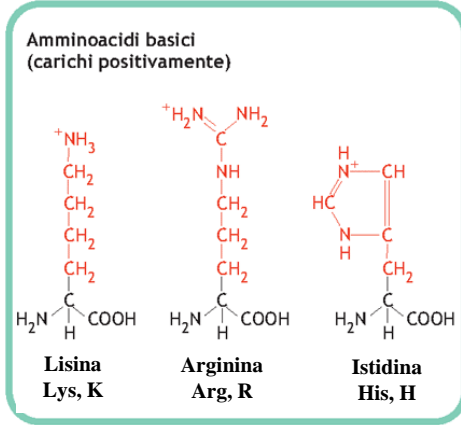
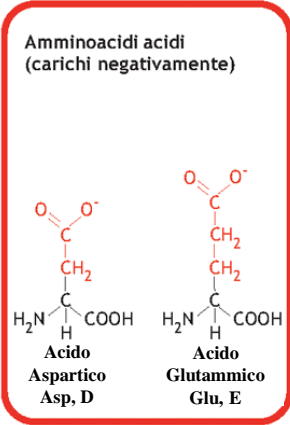
Polari ma privi di carica



Apolari




Ionizzabili:  
acidi o basici



# Amminoacidi essenziali e non essenziali

1. sintesi (aa non essenziali)
2. processi di assorbimento (aa essenziali: devono essere introdotti con la dieta)
3. dalla demolizione di proteine (**riciclaggio**)

| Essenziali   | Non essenziali  |
|--------------|---|
| Istidina     | Alanina   |
| Isoleucina   | Arginina <sup>a</sup>  |
| Leucina      | Asparagina  |
| Lisina       | Aspartato   |
| Metionina    | Cisteina  |
| Fenilalanina | Glutammato  |
| Treonina     | Glutamina   |
| Triptofano   | Glicina   |
| Valina       | Prolina   |
|              | Serina  |
|              | Tirosina  |

<sup>a</sup>Arg: non essenziale, ma i bambini in crescita ne devono assumere anche con la dieta

# Organizzazione tridimensionale delle proteine

Le proteine sono **polimeri** di aa che si uniscono con un **legame peptidico** in una lunga catena che non rimane filamentosa, ma si ripiegano assumendo una **struttura tridimensionale** di tipo globulare che presenta una caratteristica conformazione per ognuna di esse.

Le proteine si dispongono in modo da stabilire il **maggior numero di interazioni** con il mezzo circostante, con atomi o gruppi appartenenti alla molecola stessa (interazioni **intramolecolari**) o a molecole circostanti (interazioni **intermolecolari**).

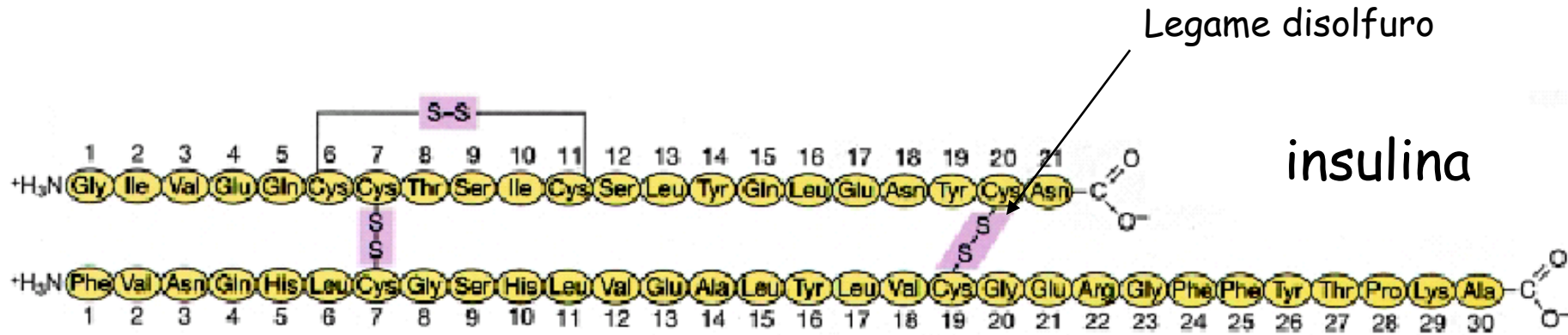
**Legami deboli**: legami H, interazioni elettrostatiche e forze di Van der Waals

La struttura tridimensionale delle proteine è stata semplificata e scomposta in vari livelli di organizzazione:

- Struttura primaria**
- Struttura secondaria**
- Struttura terziaria**
- Struttura quaternaria**

# La struttura primaria delle proteine

è data dalla successione degli aminoacidi che compongono la proteina



La sequenza aa è **unica** per ogni tipo di proteina, e in ogni molecola di quella proteina la seq è rigorosamente **la stessa**

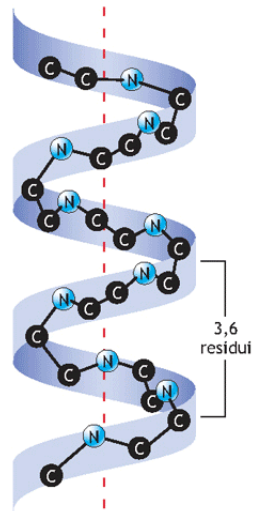
Sono state identificate molte **migliaia** di proteine diverse: ognuna ha una sua propria seq aa

Possono esistere infinite proteine **con identica composizione aa, ma con diversa sequenza**: sono pt diverse

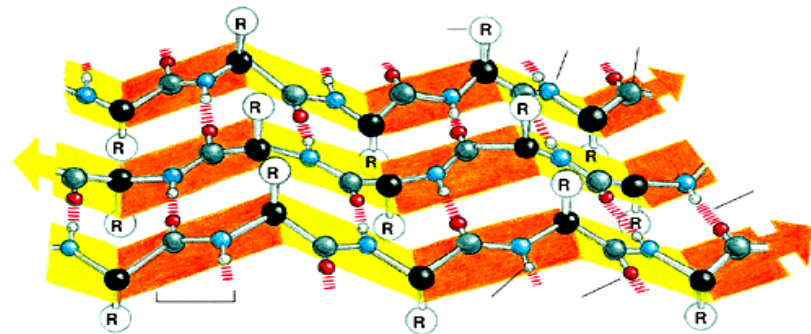
# La struttura secondaria delle proteine

Interessa tratti più o meno lunghi di una catena polipeptidica, che assumono un ripiegamento regolare e ripetitivo

Alfa elica



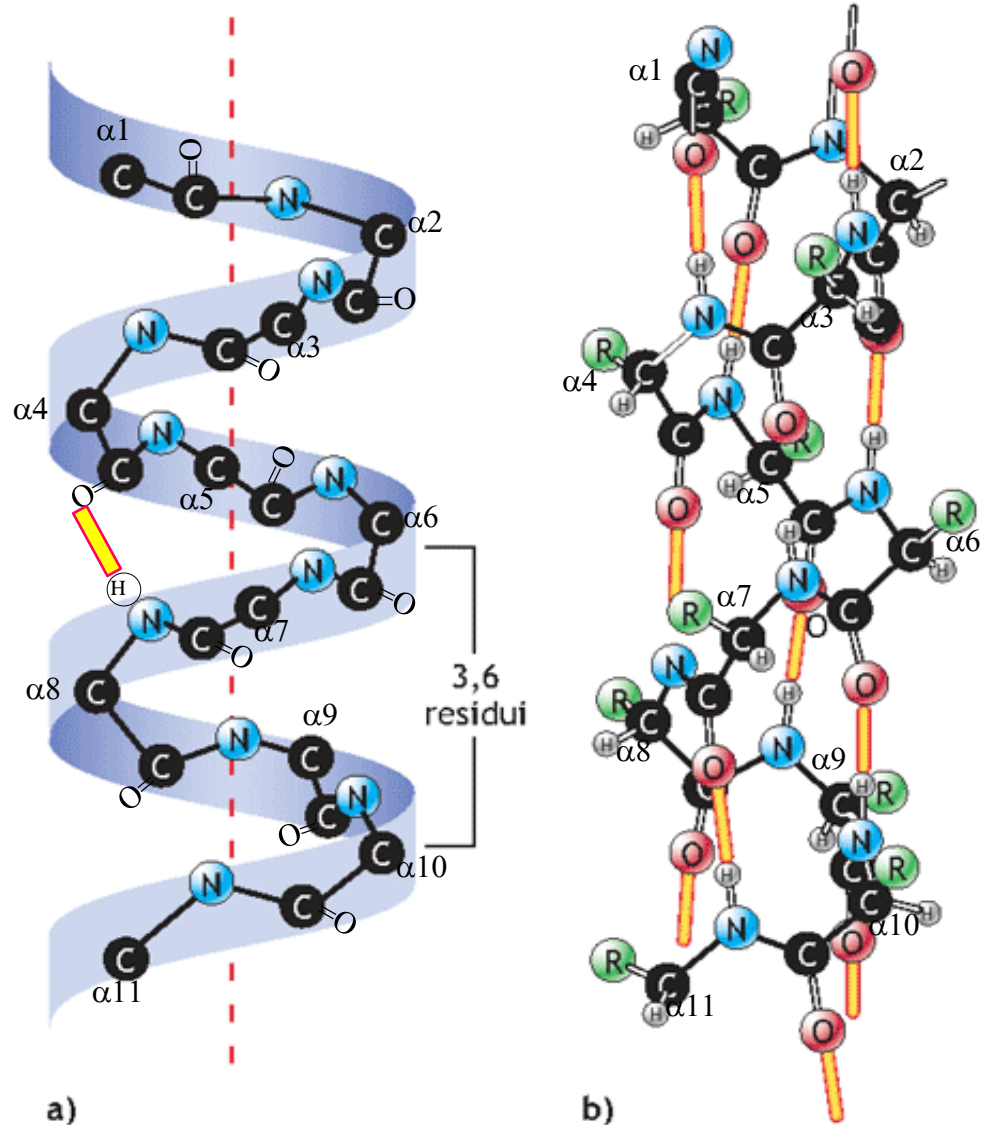
Beta foglietto



Entrambe queste strutture secondarie sono tenute insieme da legami idrogeno fra gruppi NH e CO dei legami peptidici

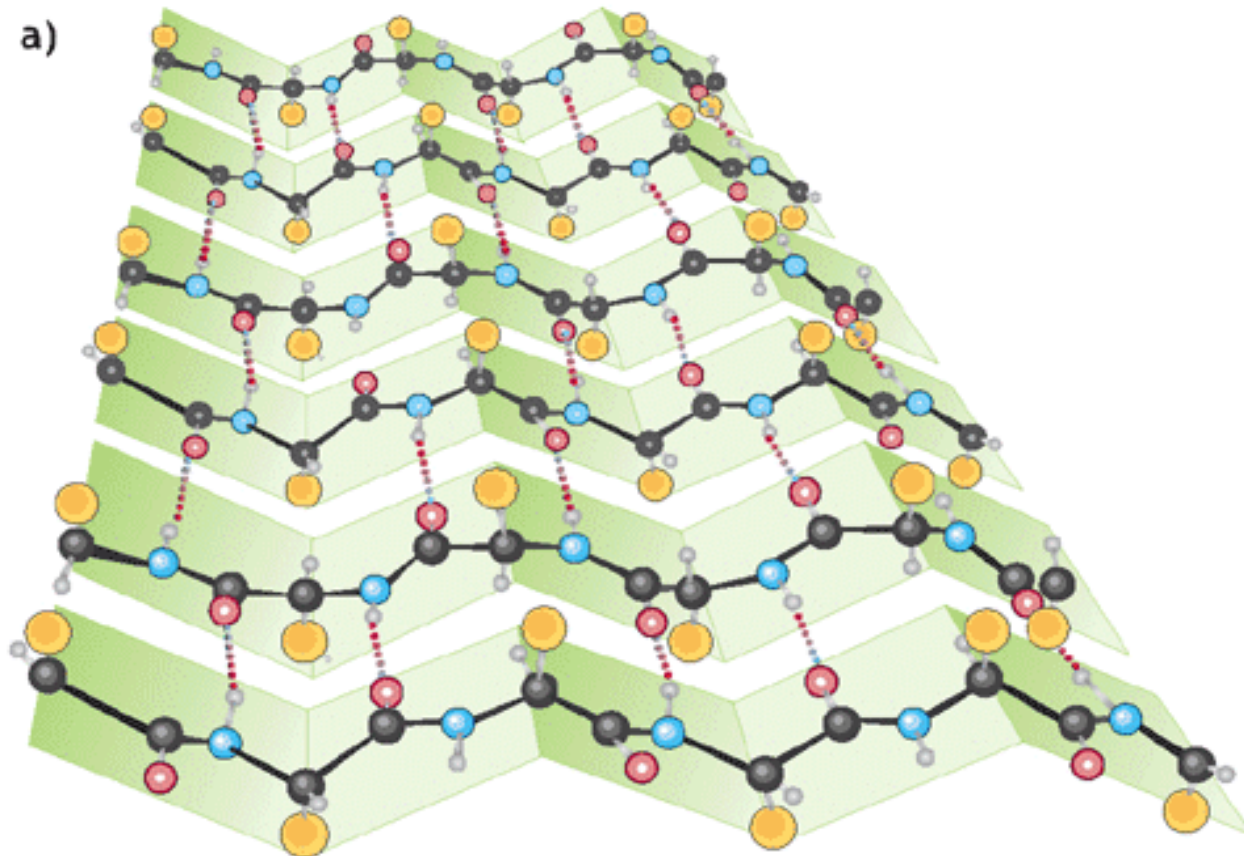
# La struttura secondaria delle proteine: Struttura alfa-elica

Un' $\alpha$ -elica si forma quando una regione di una catena polipeptidica si avvolge su se stessa, con il gruppo CO di un legame peptidico che forma un **legame idrogeno** con il gruppo NH di un legame peptidico posto **4 residui più a valle** nella catena polipeptidica lineare



# La struttura secondaria delle proteine: Struttura beta-foglietto

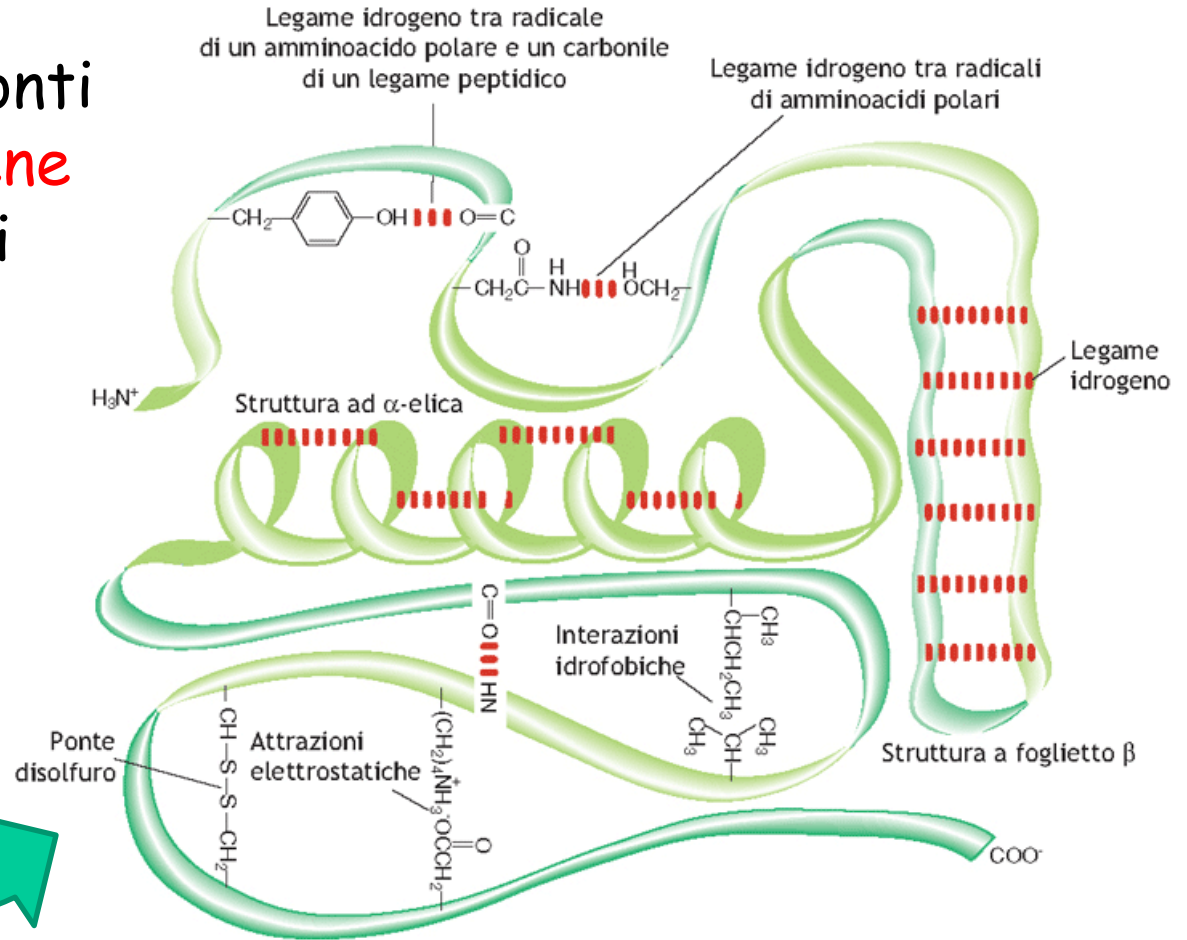
I legami ad H si formano tra catene polipeptidiche differenti o anche tra regioni differenti di una stessa catena polipeptidica ripiegata su se stessa. Si forma una struttura a zig-zag, la struttura conferisce forza.





# La struttura terziaria delle proteine:

**Legami deboli** (o ponti disolfuro) fra **catene laterali di aa** che si trovano in regioni diverse della seq primaria



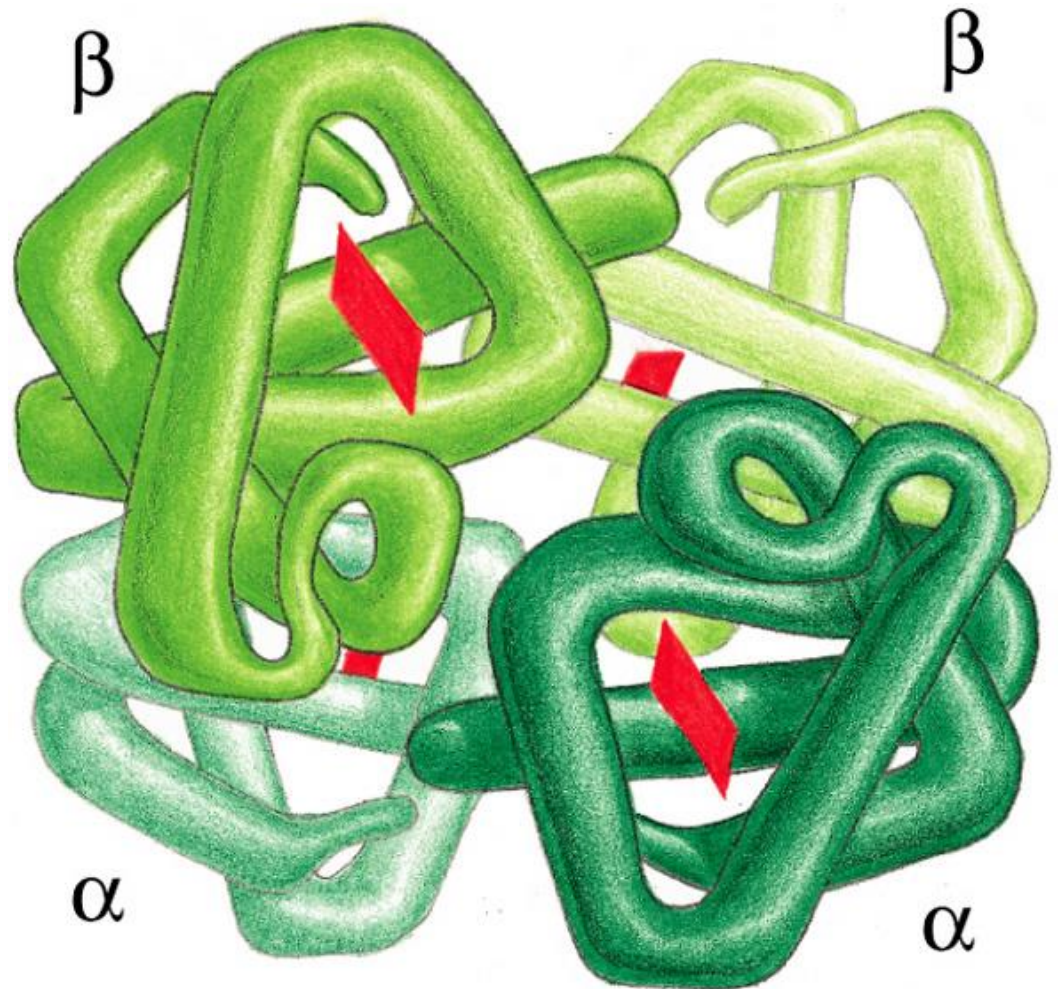
## La struttura quaternaria delle proteine

La struttura quaternaria consiste nelle **interazioni fra catene polipeptidiche diverse** in proteine composte da più di un polipeptide. L'associazione delle diverse catene è guidata dalla **stessa logica** che ha consentito il raggomitolamento nella struttura terziaria:

- legami deboli
- ponti disolfuro
- aa apolari e aa polari

### Emoglobina:

Eterodimero costituito dall'aggregazione di 4 subunità uguali a 2 a 2.



# Denaturazione e rinaturazione di una proteina

Il riscaldamento e il trattamento con un riducente disgregano la conformazione nativa denaturando la proteina

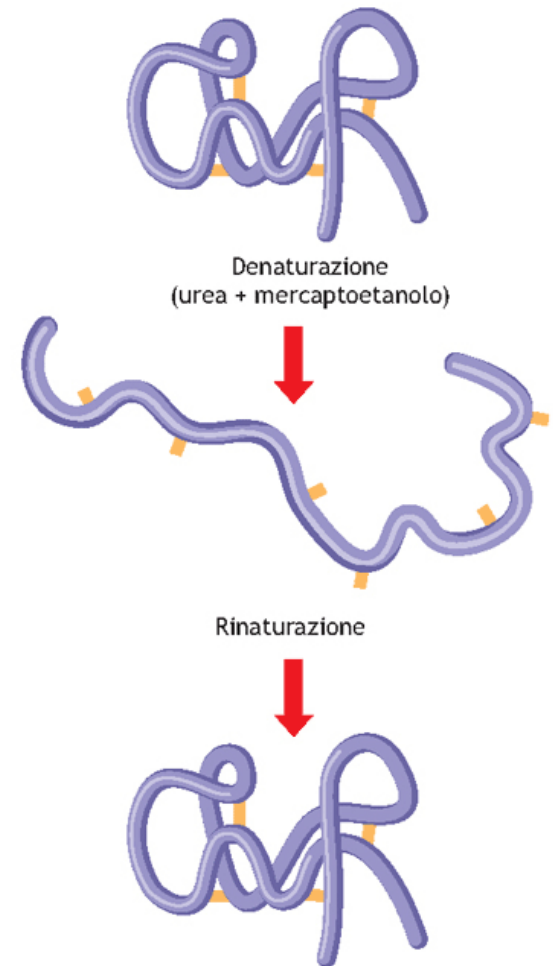
## Agenti denaturanti:

- Fisici: calore, radiazioni
- Chimici: pH, urea, guanidina, ecc

Rompono i legami che stabilizzano le strutture **secondaria, terziaria e quaternaria**: si modifica la struttura tridimensionale senza modificare la seq aa

La denaturazione causa la **scomparsa dell'attività biologica** della proteina, ciò evidenzia chiaramente il legame tra attività biologica e struttura tridimensionale

La **rinaturazione** si accompagna alla ricomparsa di tutte le proprietà della proteina nativa, compresa l'attività biologica

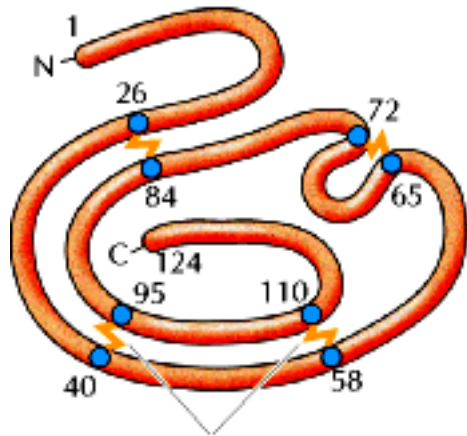


# Le proteine

## Rinaturazione e ripiegamento delle proteine

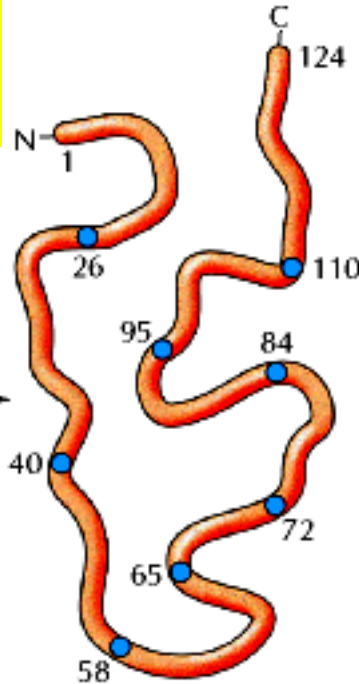
Il riscaldamento e il trattamento con un riducente che rompe i legami disolfuro disgregano la conformazione nativa denaturando la proteina

Se la Rnasi denaturata viene poi riportata in condizioni native si ripiega spontaneamente nella sua conformazione nativa

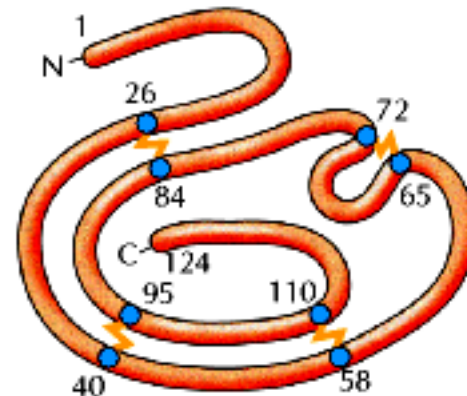


Legami disolfuro

RNasi nativa



RNasi denaturata



RNasi nativa

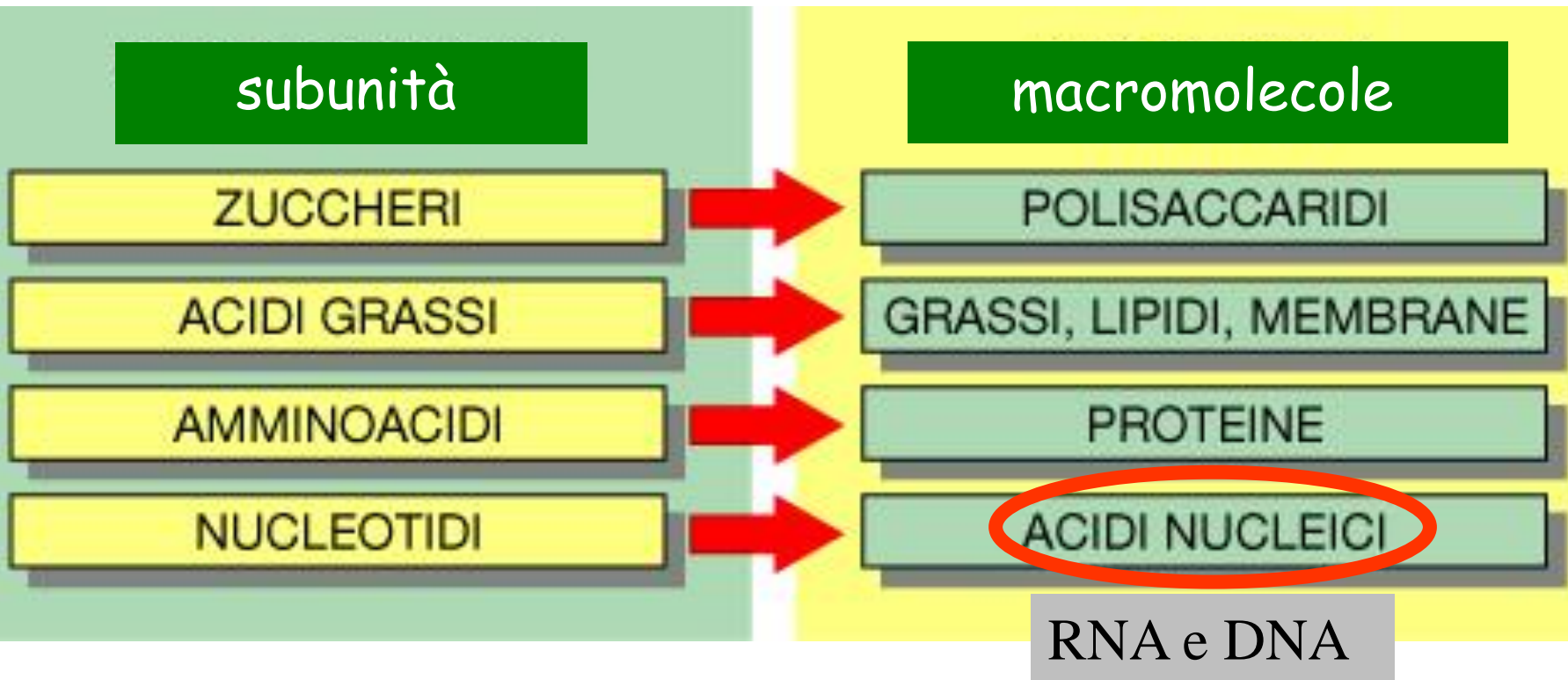
La ribonucleasi (RNasi)

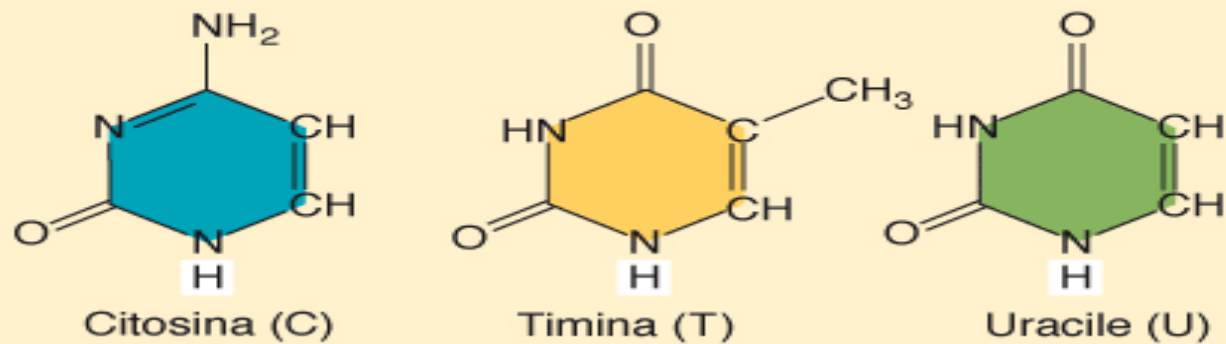
**TABELLA 3-2****Principali classi di proteine e loro funzioni**

| <b>Classi di proteine</b> | <b>Funzioni ed esempi</b>  |
|---------------------------|--|
| Enzimi                    | Catalizzano specifiche reazioni chimiche   |
| Proteine strutturali      | Rafforzano e proteggono le cellule e i tessuti (ad es. il collagene rafforza i tessuti animali)  |
| Proteine di riserva       | Nutrienti di riserva; particolarmente abbondanti nelle uova (ad es. l'ovoalbumina nell'albume dell'uovo) e nei semi (ad es. la zeina nei semi di grano)  |
| Proteine di trasporto     | Trasportano specifiche sostanze tra le cellule (ad es. l'emoglobina trasporta l'ossigeno nei globuli rossi); spostano specifiche sostanze attraverso la membrana cellulare (ad es. ioni, glucosio, aminoacidi) |
| Proteine di regolazione   | Alcune sono ormoni (insulina); alcune controllano l'espressione di specifici geni  |
| Proteine di movimento     | Partecipano al movimento cellulare (ad es. actina e miosina sono fondamentali per la contrazione muscolare)  |
| Proteine di difesa        | Proteine che proteggono da agenti estranei (ad es. gli anticorpi giocano un ruolo fondamentale nel sistema immunitario)  |

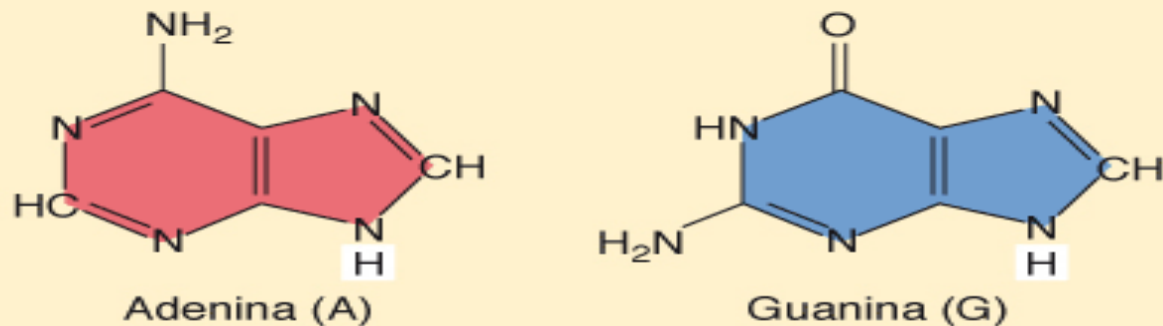
# I componenti chimici di una cellula

Le cellule contengono 4 famiglie principali di piccole molecole organiche:





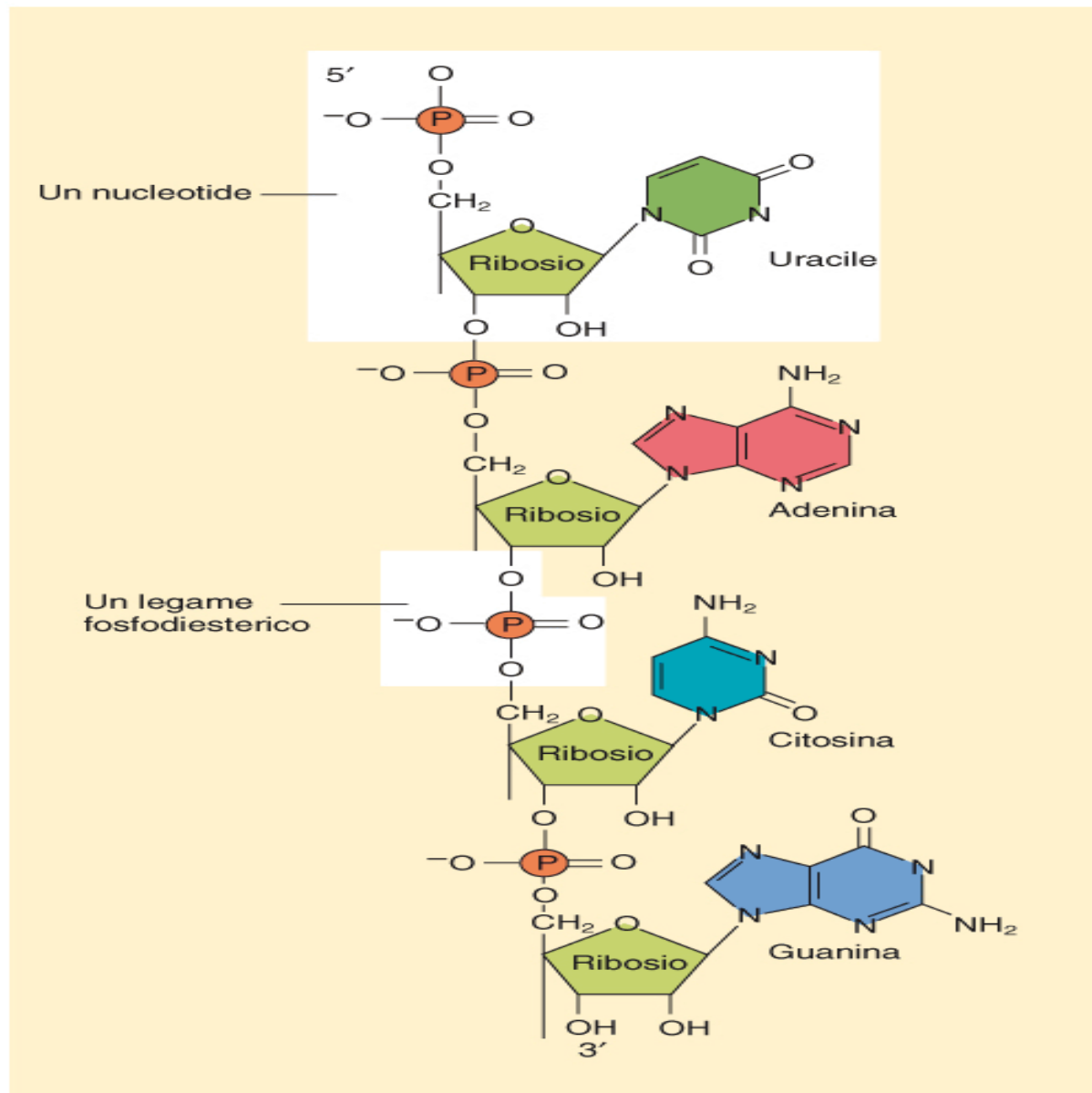
**(a) Pirimidine.** Le tre principali basi pirimidiniche che si trovano nei nucleotidi sono la citosina, la timina (solo nel DNA) e l'uracile (solo nell'RNA).



**(b) Purine.** Le due principali basi puriniche che si trovano nei nucleotidi sono l'adenina e la guanina.

### FIGURA 3-23 I componenti dei nucleotidi

Gli atomi di idrogeno indicati dai quadratini sono rimossi quando la base si lega ad uno zucchero.



**FIGURA 3-24** L'RNA, un acido nucleico

I nucleotidi, ciascuno con una specifica base, sono legati tra loro mediante legami fosfodiesterici.



FINE