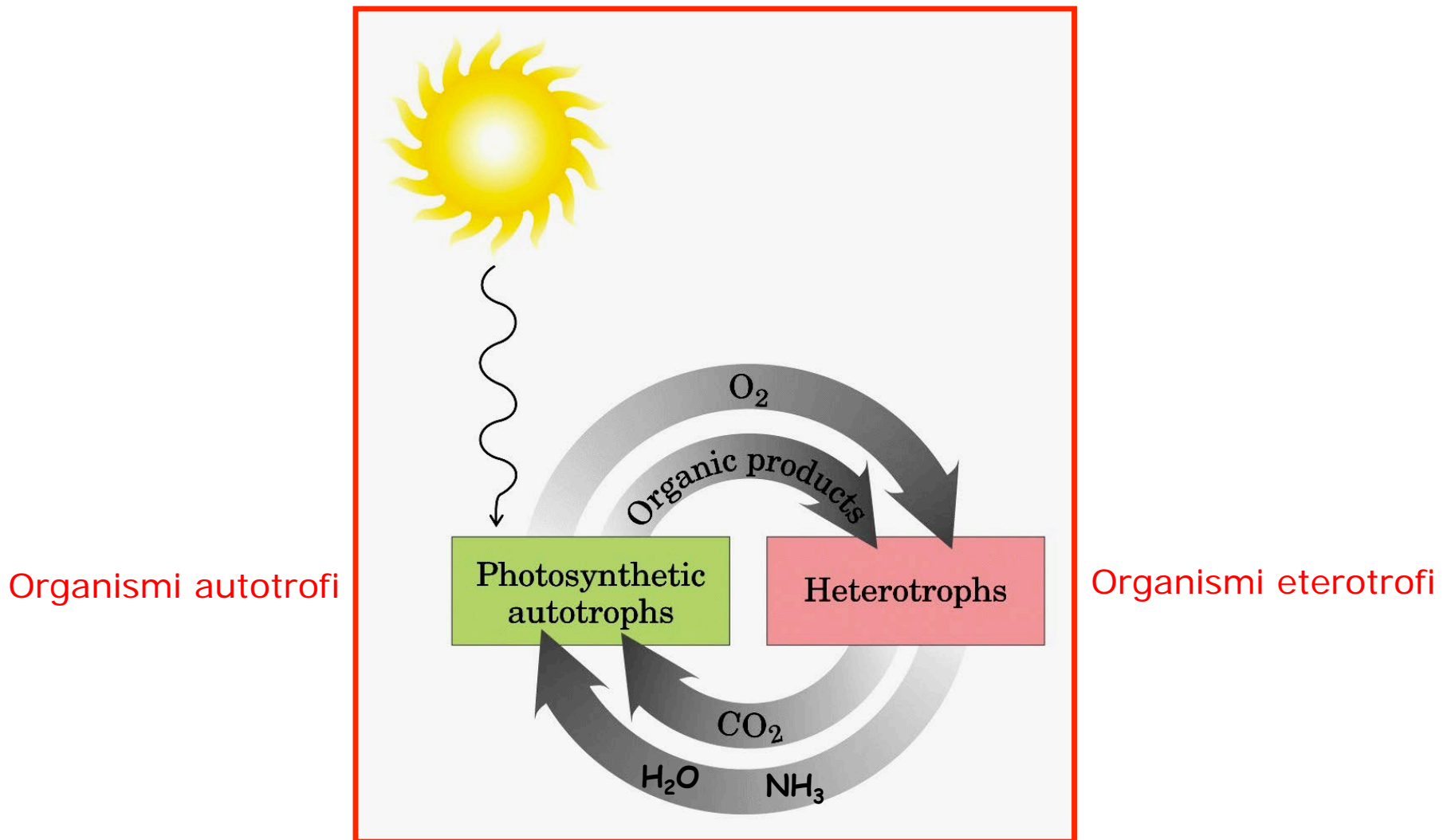


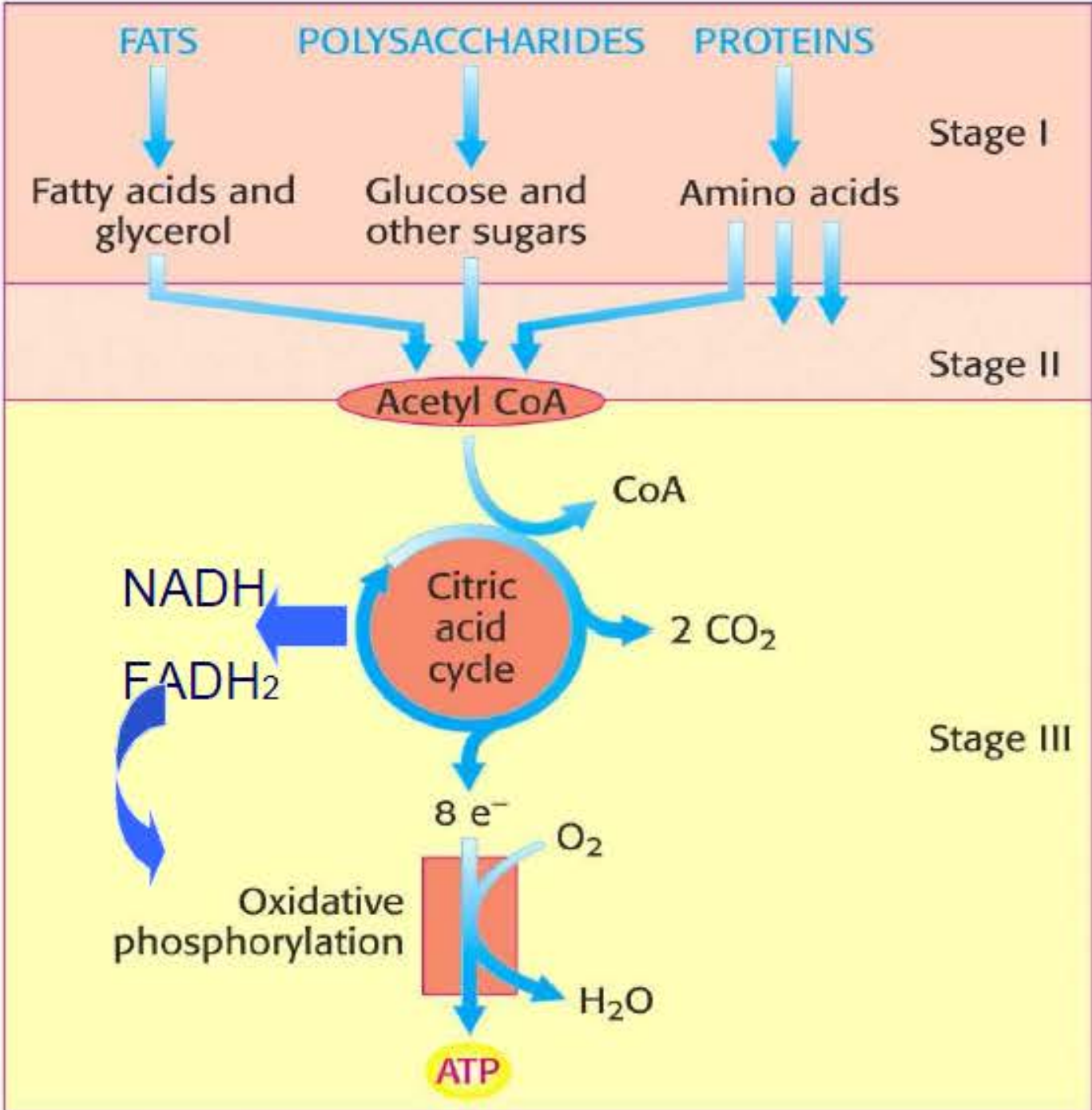
LA BIOCHIMICA SI OCCUPA principalmente

- Dei componenti chimici degli organismi viventi
- Delle trasformazioni energetiche che avvengono negli organismi viventi (BIOENERGETICA)
- Dei processi con cui questi componenti vengono sintetizzati e demoliti (METABOLISMO)



Le cellule prelevano l'energia da fonti esterne allo scopo di far procedere le reazioni che consumano energia. L'energia può derivare dalla conversione dell'energia solare in energia chimica (organismi autotrofi fotosintetici) o dall'assunzione e degradazione di composti organici (organismi eterotrofi)

Processi con cui questi
componenti vengono
sintetizzati e demoliti
(METABOLISMO)



Metaboliti complessi

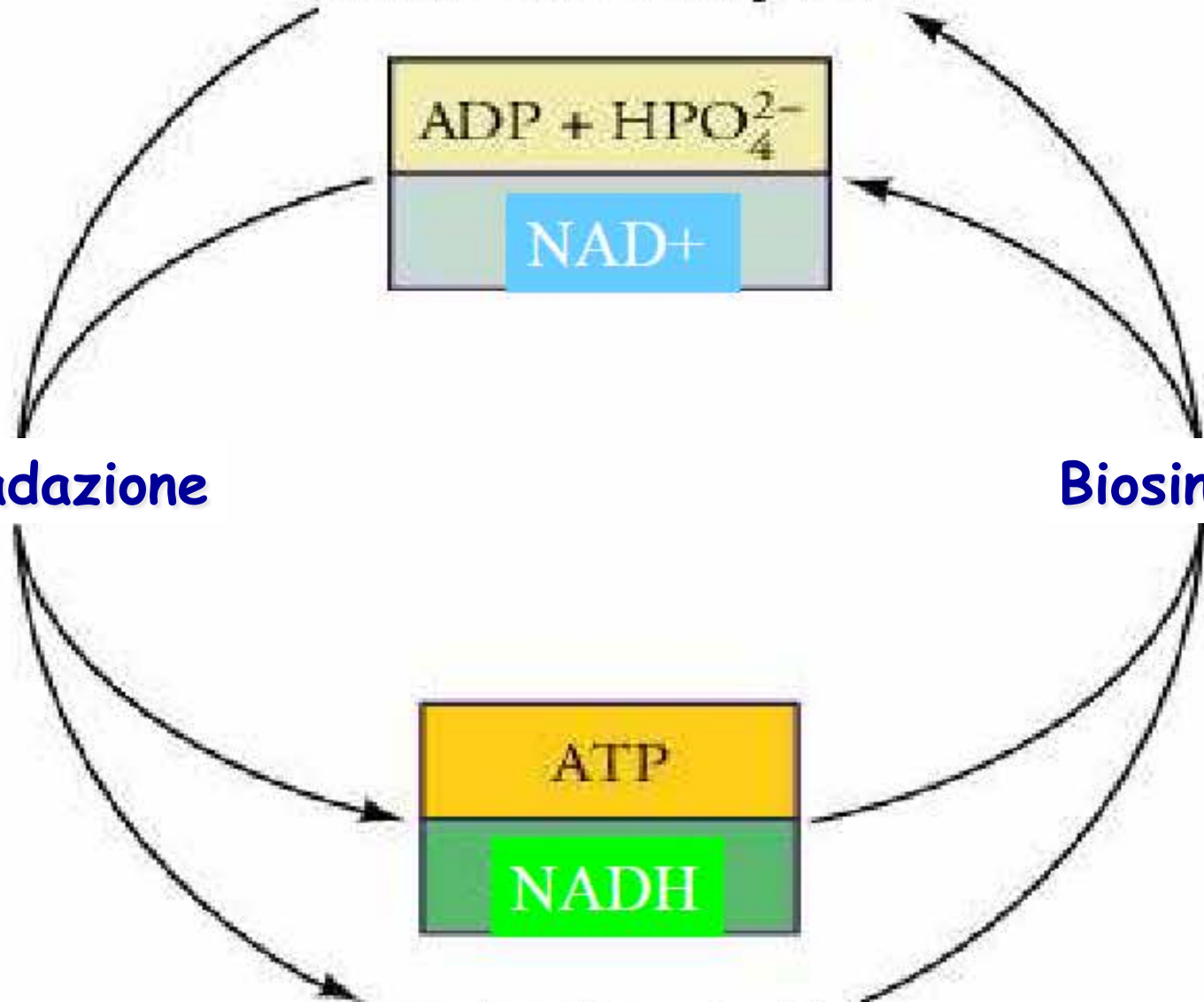


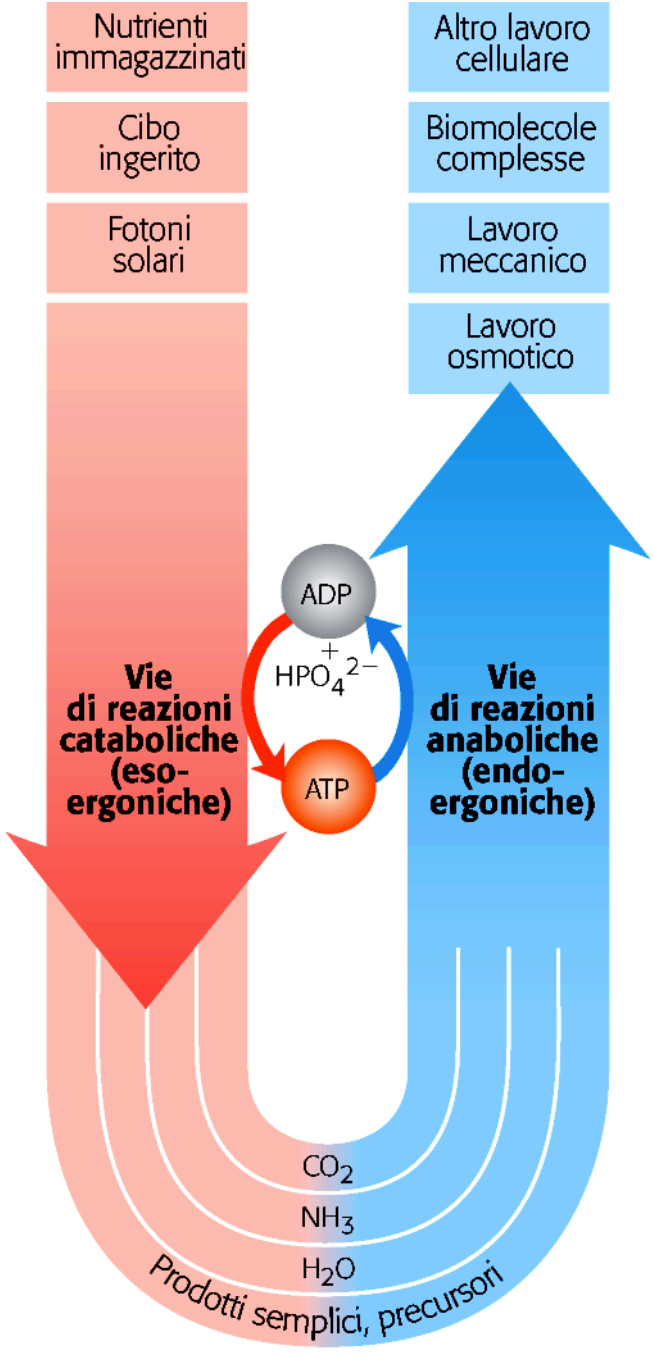
Degradazione

Biosintesi

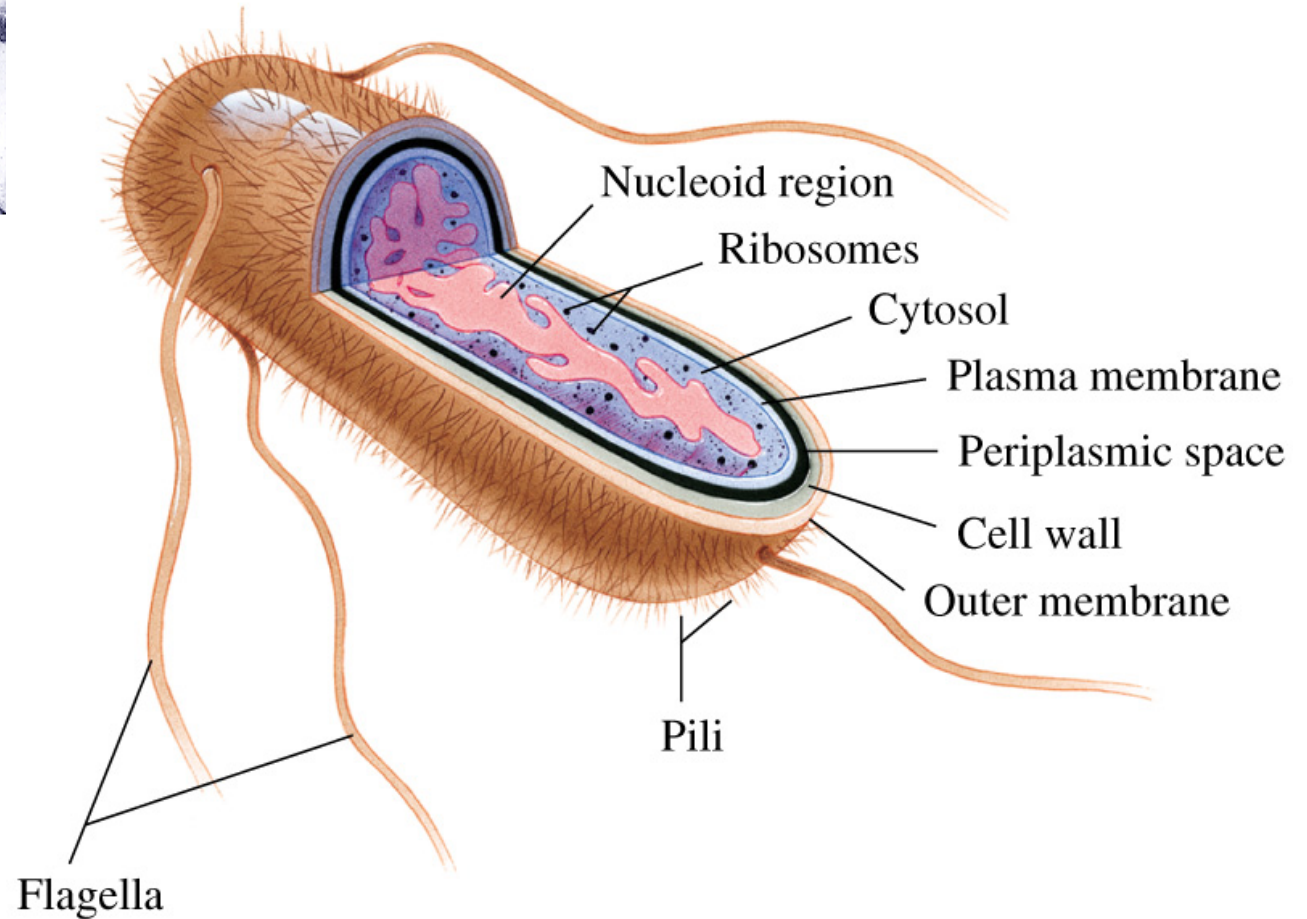
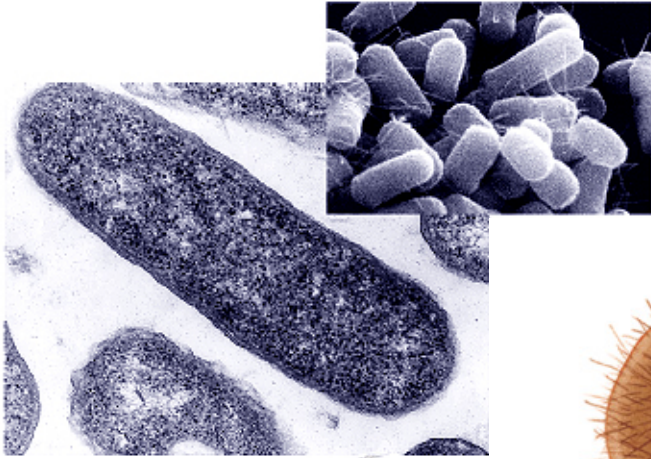


Prodotti semplici



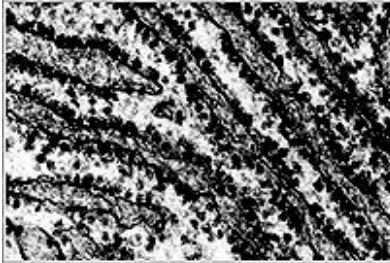


Cellula Procariotica

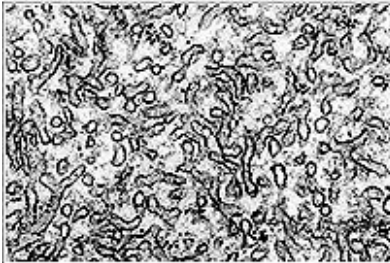


Cellule Eucariotiche

Reticolo endoplasmatico rugoso
(caratteristico di piante ed animali)



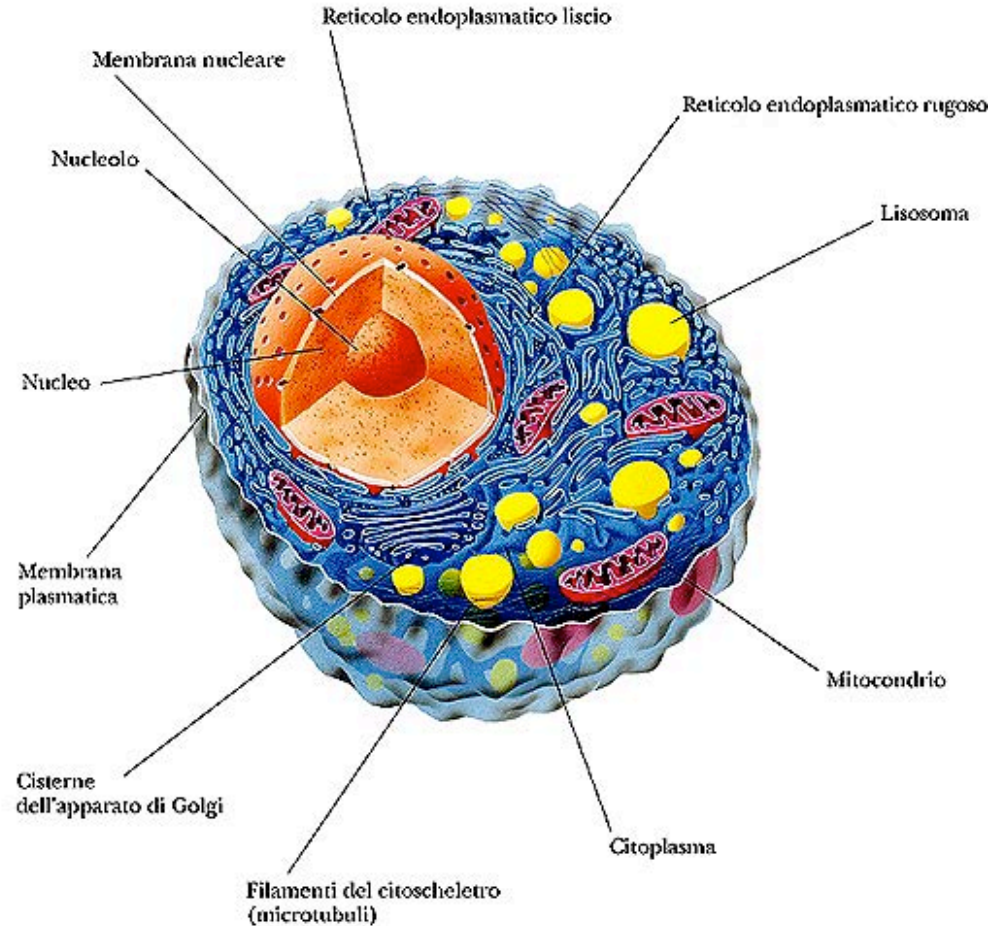
Reticolo endoplasmatico liscio
(caratteristico di piante ed animali)



Mitocondrio
(caratteristico di piante ed animali)



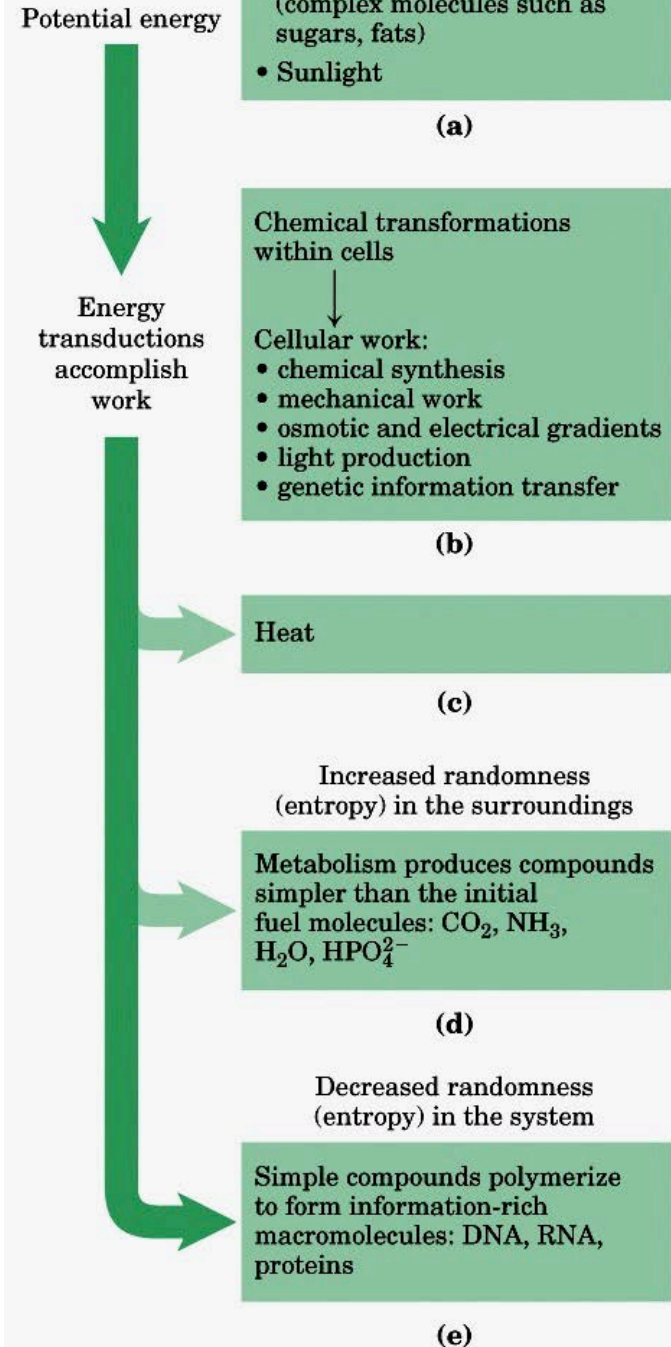
UNA CELLULA ANIMALE SUPERIORE



L'energia è il tema centrale della BIOCHIMICA

- Gli organismi non sono mai in equilibrio con il loro ambiente circostante
- La composizione molecolare riflette uno stato stazionario dinamico
- Gli organismi scambiano energia e materia con il loro ambiente circostante

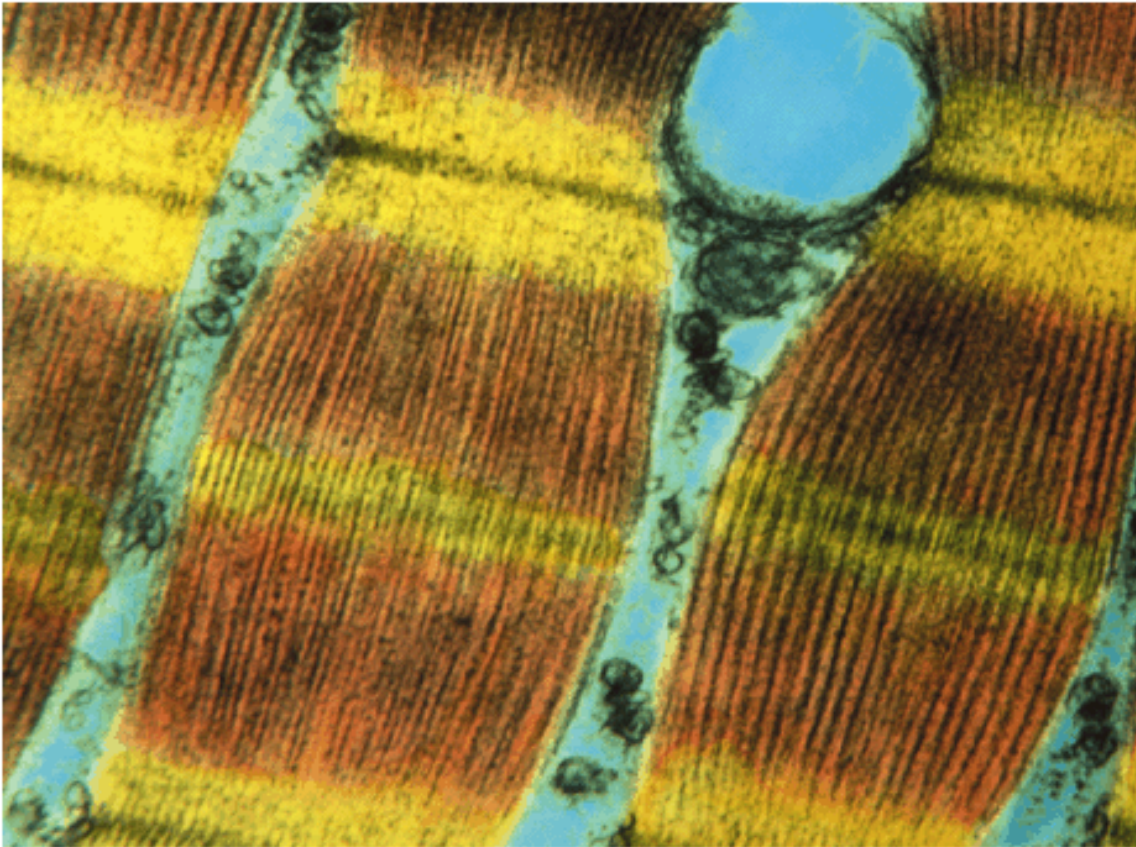
La biochimica prende in esame i processi attraverso i quali l'energia viene estratta, incanalata e consumata



Gli organismi viventi sono composti da
molecole prive di vita

Che cosa distingue un organismo vivente da
un oggetto inanimato?

Gli organismi viventi hanno un alto grado di complessità chimica e di organizzazione microscopica



Sezione sottile di muscolo di vertebrato, ottenuta al microscopio elettronico

Gli organismi viventi estraggono l'energia dall'ambiente e sono in grado di trasformarla e di utilizzarla



Un falco reale acquisisce i nutrienti mangiando animali più piccoli

L'uomo è un **organismo chemiotrofo** (energia da composti chimici), **eterotrofo** (carbonio da composti organici), **organotrofo** (energia da composti organici)

Gli organismi viventi hanno la capacità di autoreplicarsi e di autocostruirsi in modo assolutamente preciso



Componenti chimici degli organismi viventi

Il peso della maggior parte degli organismi è costituito per più del 97% da sei elementi: **C, H, O, N, P, S**

| | Group IA | Group IIA | TRANSITION METALS | | | | | | | | | | Group IIIB | Group IVB | Group VB | Group VIB | Group VIIB | Group 0 |
|----------|-----------------------------|------------------------------|-------------------|----|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------|
| Period 1 | 1 H hydrogen | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| Period 2 | 3 | 4 | | | | | | | | | | | 5 B boron | 6 C carbon | 7 N nitrogen | 8 O oxygen | 9 F fluorine | 10 |
| Period 3 | 11 Na sodium | 12 Mg magnesium | | | | | | | | | | | 13 Al aluminum | 14 Si silicon | 15 P phosphorus | 16 S sulfur | 17 Cl chlorine | 18 |
| Period 4 | 19 K potassium | 20 Ca calcium | 21 | 22 | 23 V vanadium | 24 Cr chromium | 25 Mn manganese | 26 Fe iron | 27 Co cobalt | 28 Ni nickel | 29 Cu copper | 30 Zn zinc | 31 Ga gallium | 32 | 33 As arsenic | 34 Se selenium | 35 Br bromine | 36 |
| Period 5 | | | | | | 42 Mo molybdenum | | | | | | 48 Cd cadmium | | | | | 53 I iodine | |
| Period 6 | | | | | | 74 W tungsten | | | | | | | | | | | | |
| Period 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figure 1-3 Concepts in Biochemistry, 3/e
© 2006 John Wiley & Sons

La vita dipende soprattutto da pochi elementi (C, H, O, N), sebbene molti altri vengano utilizzati in quantità minori

On a daily basis, our bodies require...on average...more than 100 mg of the major minerals:

Ca^{2+} calcium

K^{+} potassium

Na^{+} sodium

Cl^{-} chloride

Mg^{2+} magnesium

P phosphorus (PO_4^{3-})

S sulfur (SO_4^{2-})

Minor ...or trace...minerals:

B boron

Cr chromium

Cu copper

I iodine

Va vanadium

Zn zinc

Fe iron

Mn manganese

Mo molybdenum

Se selenium

Si silicon

Table 6.2

Enzymes requiring metal ions as cofactors

| Enzyme | Metal Ion |
|---|---------------------------------------|
| Catalase, peroxidase, aconitase, and cytochrome oxidase | Fe ²⁺ and Fe ³⁺ |
| Alcohol dehydrogenase, carboxypeptidase A, carboxypeptidase B, and DNA polymerase | Zn ²⁺ |
| Cytochrome oxidase, lysyl oxidase, ascorbate oxidase, and superoxide dismutase | Cu ²⁺ |
| Hexokinase and glucose-6-phosphatase | Mg ²⁺ |
| Arginase | Mn ²⁺ |
| Pyruvate kinase | K ⁺ |
| Urease | Ni ²⁺ |
| Nitrate reductase | Mo ⁴⁺ and Mo ⁶⁺ |
| Carbonic anhydrase | Zn ²⁺ , Cd ²⁺ |

• Quale proprietà unisce H, O, C e N e rende questi atomi così idonei per la "chimica della vita"?

• La loro "capacità" di formare legami covalenti

• Versatilità del carbonio

| Atoms | e ⁻ pairing | Covalent bond | Bond energy (kJ/mol) |
|-----------|------------------------|-----------------|----------------------|
| H· + H· | → H:H | H—H | 436 |
| ·C· + H· | → ·C:H | —C—H | 414 |
| ·C· + ·C· | → ·C:C· | —C—C— | 343 |
| ·C· + ·N· | → ·C:N: | \ —C—N / | 292 |
| ·C· + ·O· | → ·C:O: | — —C—O— | 351 |
| ·C· + ·C· | → C::C | \ C=C / | 615 |
| ·C· + ·N· | → C::N: | \ C=N— | 615 |
| ·C· + ·O· | → C::O: | \ C=O | 686 |
| ·O· + ·O· | → ·O:O· | —O—O— | 142 |
| ·O· + ·O· | → ·O::O: | O=O | 402 |
| ·N· + ·N· | → :N::N: | N≡N | 946 |
| ·N· + H· | → :N:H | \ —N—H | 393 |
| ·O· + H· | → ·O:H | —O—H | 460 |

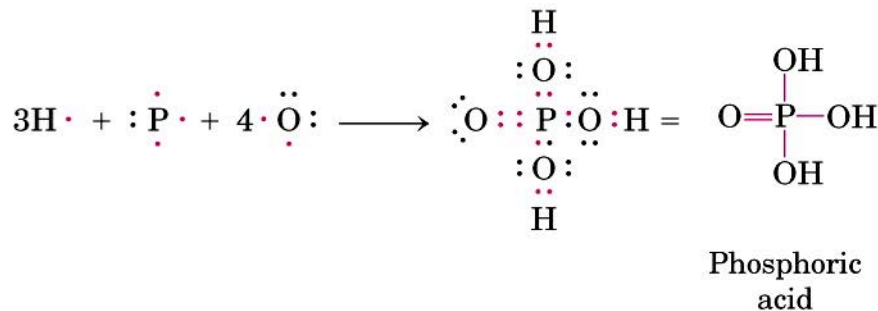
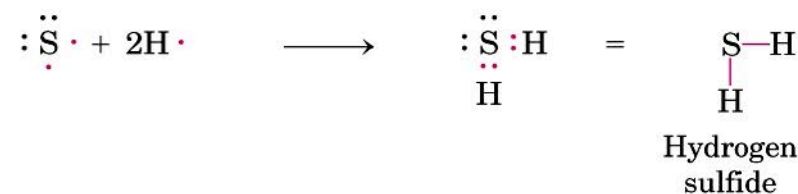
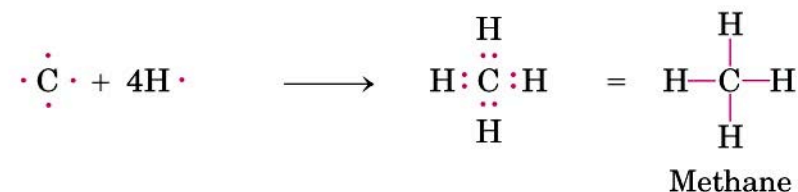
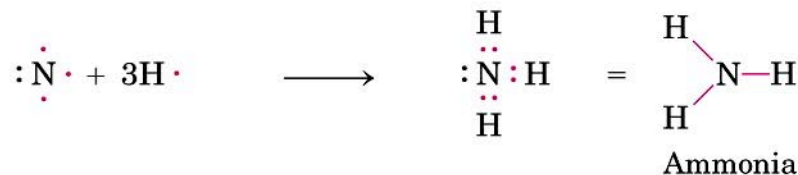
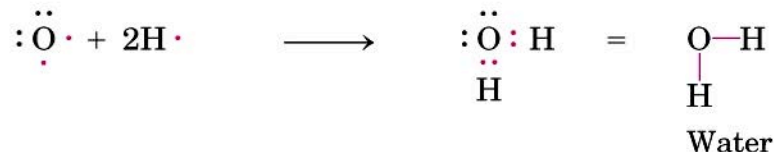
LEGAMI NELLE BIOMOLECOLE

| Tipo di legame | | |
|----------------|---|---|
| COVALENTE | | Messa in comune di elettroni |
| NON COVALENTE | | |
| | Interazioni ioniche o elettrostatiche (carica-carica) | Si realizzano tra due particelle elettricamente cariche |
| | Legami idrogeno | Legame debole tra un atomo di idrogeno, legato ad un atomo fortemente elettronegativo ed un atomo elettronegativo che dispone di un doppietto elettronico |
| | Forze di van der Waals | Interazioni tra dipoli |
| | Interazioni idrofobiche | Si realizzano tra molecole o gruppi non polari |

Il legame covalente

Due atomi con elettroni non appaiati nei loro orbitali esterni possono formare legami covalenti tra loro condividendo coppie di elettroni.

| Atom | Number of unpaired electrons (in red) | Number of electrons in complete outer shell |
|------|---------------------------------------|---|
| H· | 1 | 2 |
| :Ö· | 2 | 8 |
| :N· | 3 | 8 |
| ·C· | 4 | 8 |
| :S· | 2 | 8 |
| :P· | 3 | 8 |



La forza dei legami dipende dalle proprietà degli atomi impegnati nel legame (elettronegatività, distanza degli elettroni di legame da ogni nucleo, carica nucleare)

The Electronegativities of Some Elements

| Element | Electronegativity* |
|---------|--------------------|
| F | 4.0 |
| O | 3.5 |
| Cl | 3.0 |
| N | 3.0 |
| Br | 2.8 |
| S | 2.5 |
| C | 2.5 |
| I | 2.5 |
| Se | 2.4 |
| P | 2.1 |
| H | 2.1 |
| Cu | 1.9 |
| Fe | 1.8 |
| Co | 1.8 |
| Ni | 1.8 |
| Mo | 1.8 |
| Zn | 1.6 |
| Mn | 1.5 |
| Mg | 1.2 |
| Ca | 1.0 |
| Li | 1.0 |
| Na | 0.9 |
| K | 0.8 |

Strengths of Bonds Common in Biomolecules

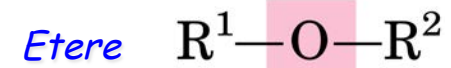
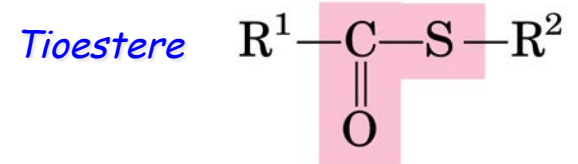
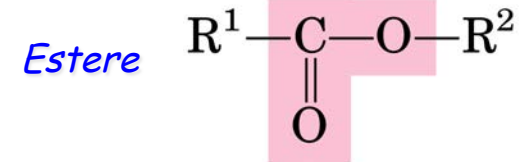
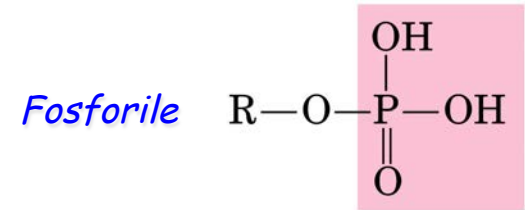
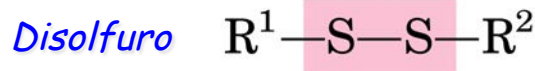
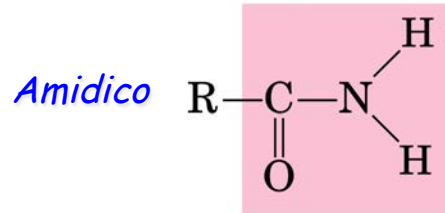
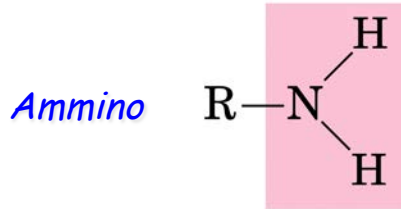
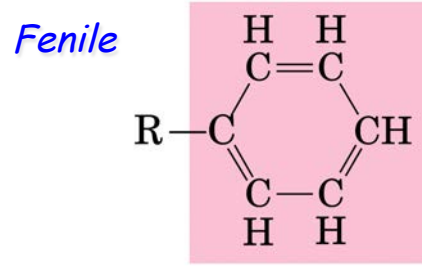
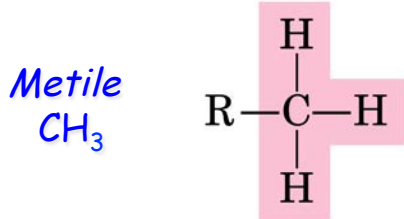
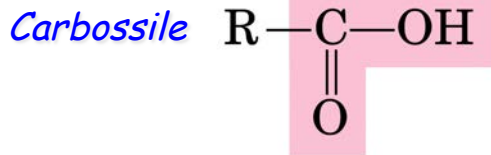
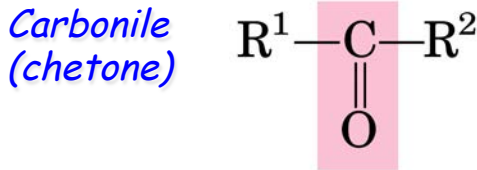
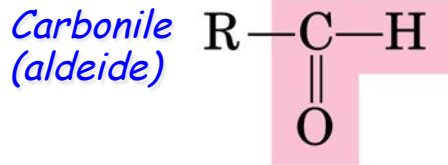
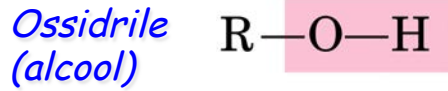
| Type of bond | Bond dissociation energy* (kJ/mol) | Type of bond | Bond dissociation energy (kJ/mol) |
|---------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Single bonds | | Double bonds | |
| O—H | 461 | C=O | 712 |
| H—H | 435 | C=N | 615 |
| P—O | 419 | C=C | 611 |
| C—H | 414 | P=O | 502 |
| N—H | 389 | | |
| C—O | 352 | Triple bonds | |
| C—C | 348 | C≡C | 816 |
| S—H | 339 | N≡N | 930 |
| C—N | 293 | | |
| C—S | 260 | | |
| N—O | 222 | | |
| S—S | 214 | | |

* Più grande è il numero, maggiore è l' **ELETTRONEGATIVITA'** (l'affinità per gli elettroni) dell' elemento

* Quanto maggiore è l' energia necessaria per la dissociazione di un legame, tanto più forte è quel legame

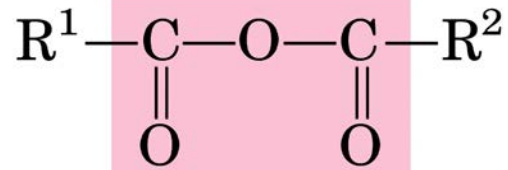
*Alcuni GRUPPI FUNZIONALI
che si incontrano
frequentemente nelle
biomolecole e che conferiscono
proprietà chimiche specifiche*

Alcuni GRUPPI FUNZIONALI che si incontrano frequentemente nelle biomolecole e che conferiscono proprietà chimiche specifiche

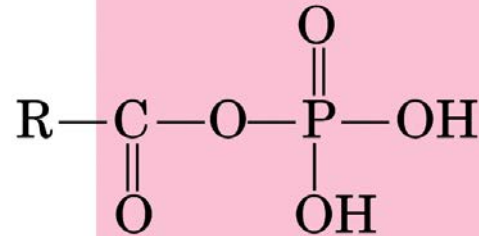


Alcuni GRUPPI FUNZIONALI che si incontrano frequentemente nelle biomolecole e che conferiscono proprietà chimiche specifiche

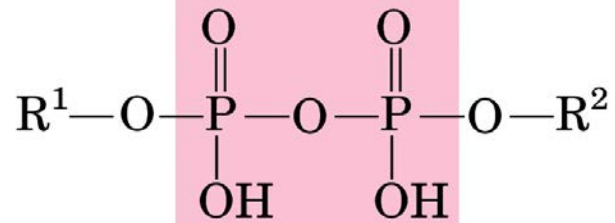
*Anidride
(due acidi carbossilici)*



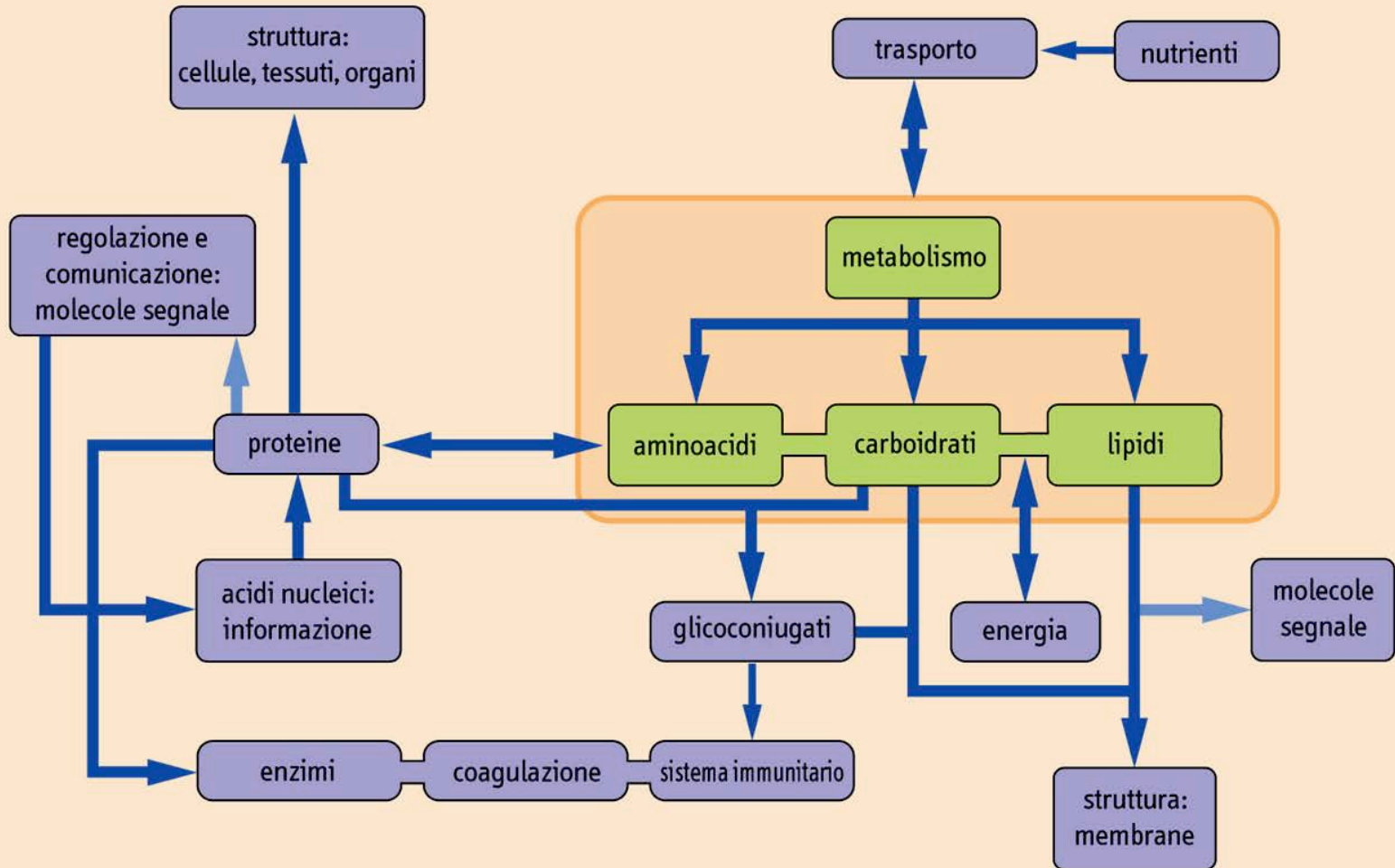
*Anidride mista
(acido carbossilico ed acido fosforico;
detta anche acil fosfato)*



Fosfoanidride



Visione d'insieme della Biochimica umana



*LE MOLECOLE PIU'
COMUNI
COSTITUENTI LA
MATERIA VIVENTE*

Acqua (H₂O)

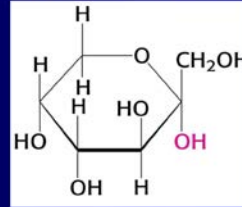
Elemento fondamentale:

- Tutte le funzioni cellulari si svolgono in ambiente acquoso
- Tutte le funzioni cellulari sono favorite dalle proprietà chimico-fisiche dell'acqua
- Solvente ideale per le reazioni biologiche
- Elemento più abbondante in tutti i tessuti
- Feto: 95-75% del peso totale
- Bambino: 75-70%
- Adulto: diminuisce con l'età fino a 60% nell'età avanzata
 - Su 70 kg di peso, 43-44 kg sono di acqua
 - 50% nei muscoli
 - 5-9% nel sangue

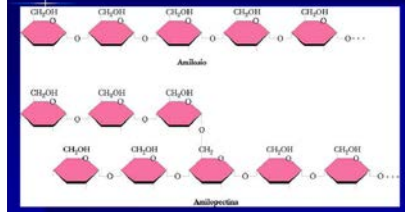
Molecole Organiche
considerate
‘mattoni’ della
materia vivente

Glucidi

GLUCIDI - Glucosio

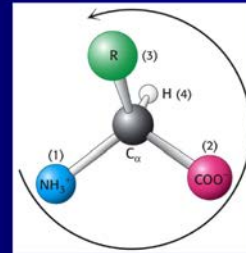


POLISACCARIDI

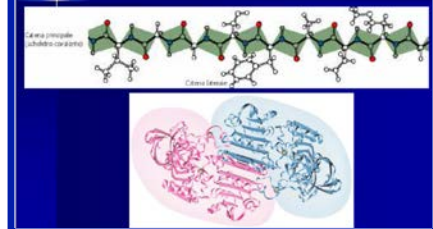


Proteine

20 AMMINOACIDI (isomeri L)

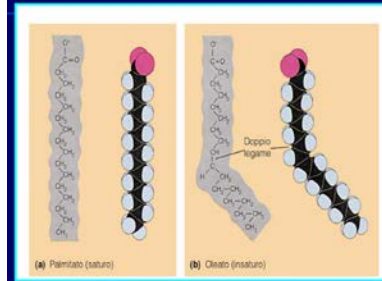


PROTEINE

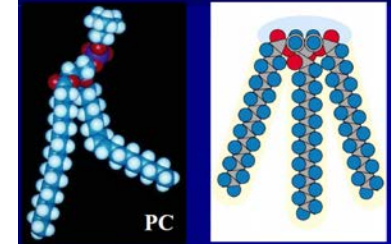


Lipidi

LIPIDI- Acidi grassi

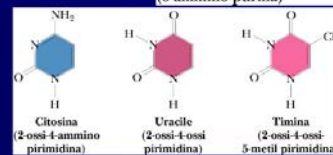
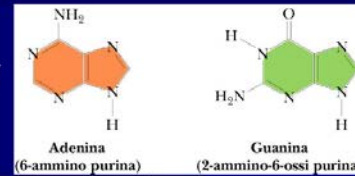


LIPIDI complessi

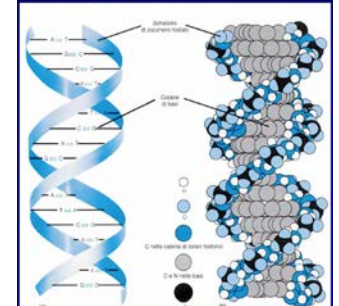


Acidi Nucleici

■ BASI AROMATICHE

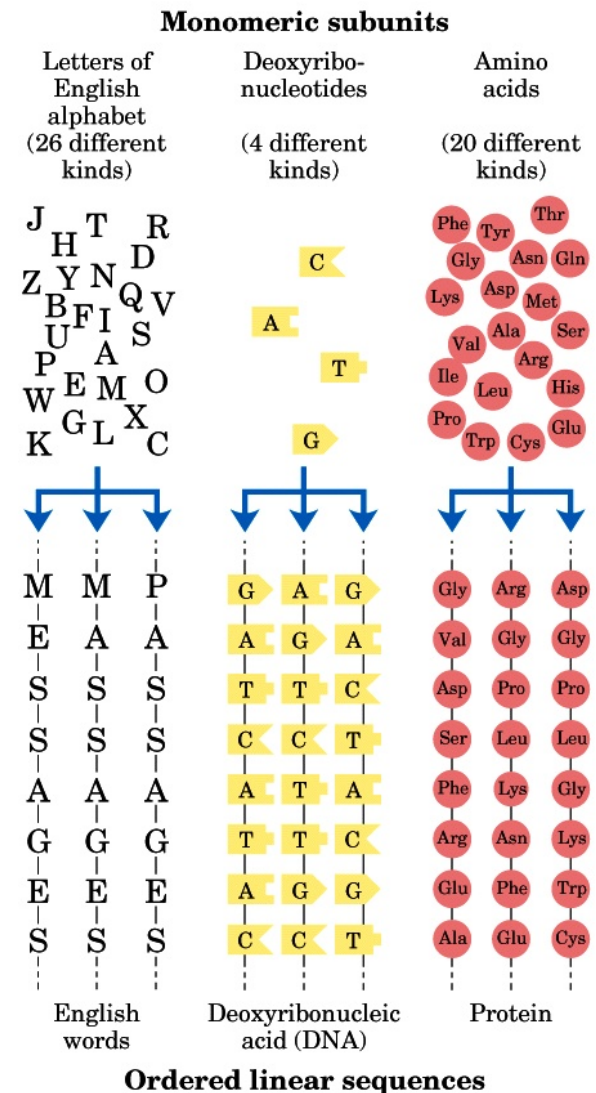


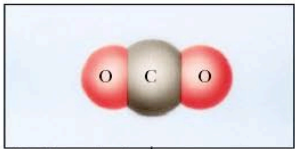
DNA e RNA



Tutte le macromolecole sono costituite da pochi composti semplici

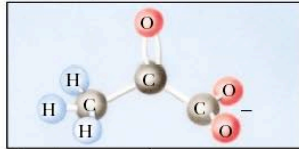
- tutti gli organismi viventi hanno gli stessi tipi di subunità monomeriche
- le strutture delle macromolecole determinano la loro funzione biologica
- ogni genere e ogni specie è definita da un caratteristico gruppo di macromolecole





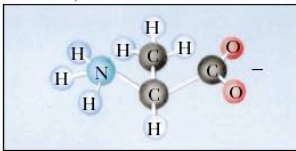
I precursori inorganici:
(18-64 dalton)
Anidride carbonica, Acqua, Ammoniaca,
Azoto (N_2), Ione nitrato (NO_3^-)

Anidride carbonica



I Metaboliti:
(50-250 dalton)
Piruvato, Citrato, Succinato,
Gliceraldeide-3-fosfato,
Fruttosio-1,6-difosfato,
Acido 3-fosfoglicerico

Piruvato



I Monomeri:
(100-350 dalton)
Aminoacidi, Nucleotidi,
Monosaccaridi, Acidi grassi,
Glicerolo

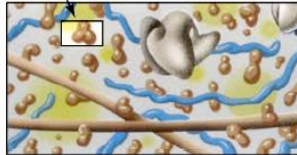
Alanina (un aminoacido)



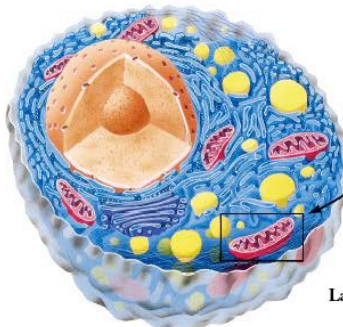
Le Macromolecole:
(10^3 - 10^9 dalton)
Proteine, Acidi Nucleici,
Polisaccaridi, Lipidi

Una proteina

Complessi sopramolecolari:
(10^6 - 10^9 dalton)
Ribosomi, Citoscheletro,
Complessi multienzimatici



Gli organelli:
Nucleo, Mitochondri,
Cloroplasti, Reticolo endoplasmico,
Apparato di Golgi, Vacuoli



La Cellula

Organizzazione della materia vivente

- elementi
- composti organici semplici (monomeri)
- macromolecole (polimeri)
- Strutture sovramolecolari
- organelli
- cellule
- tessuti
- organismi

BIOCHIMICA

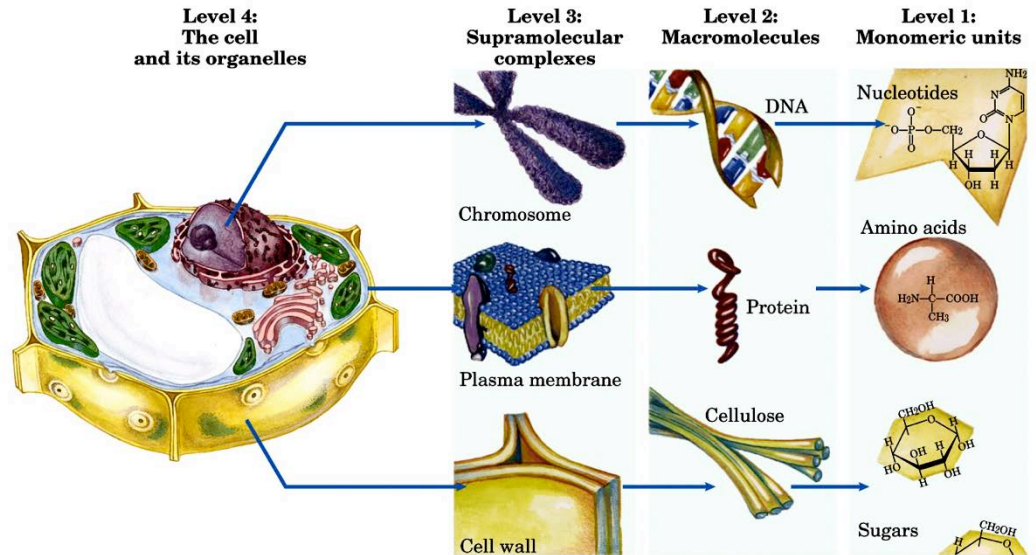
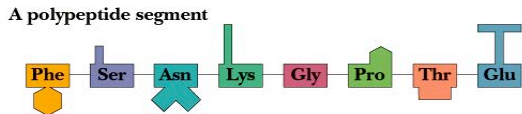
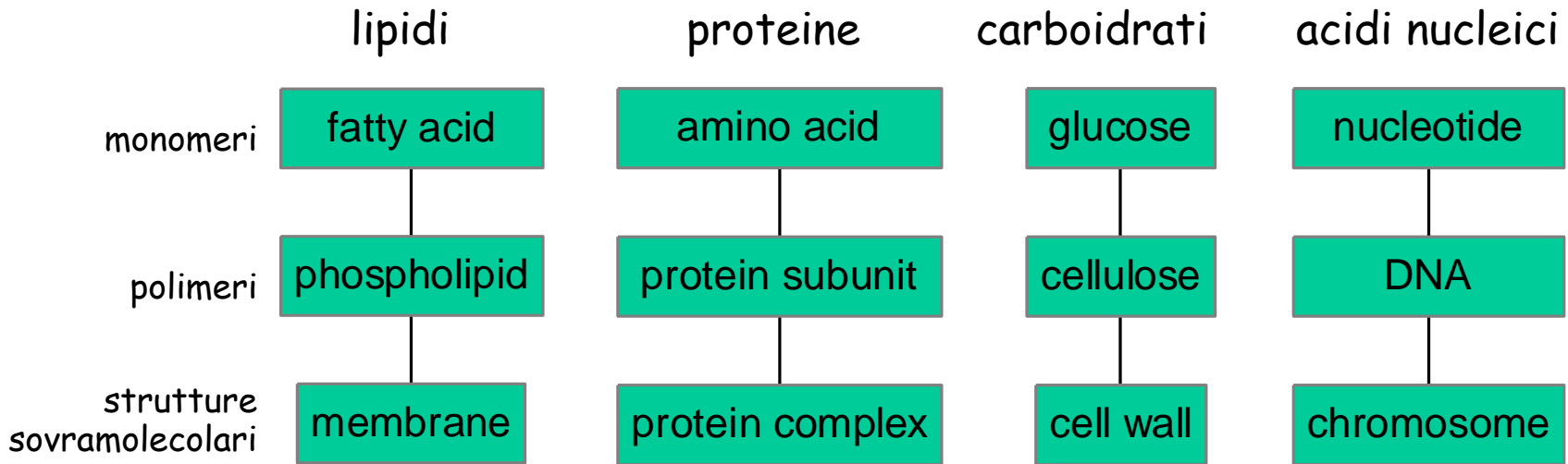
Carboidrati: monosaccaridi, disaccaridi, polisaccaridi.

Lipidi: acidi grassi, trigliceridi, fosfolipidi, terpeni e steroidi, colesterolo.

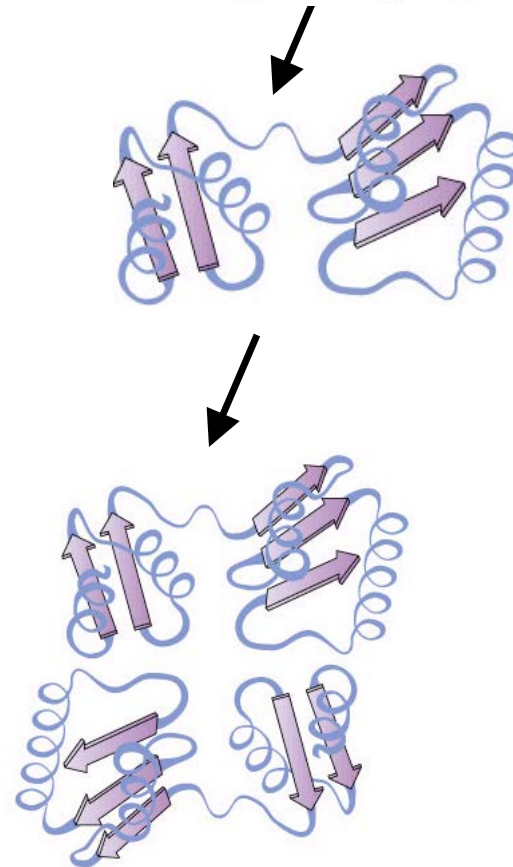
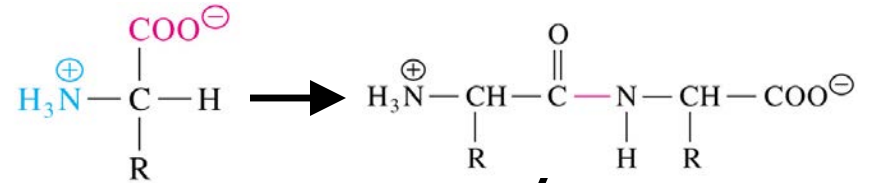
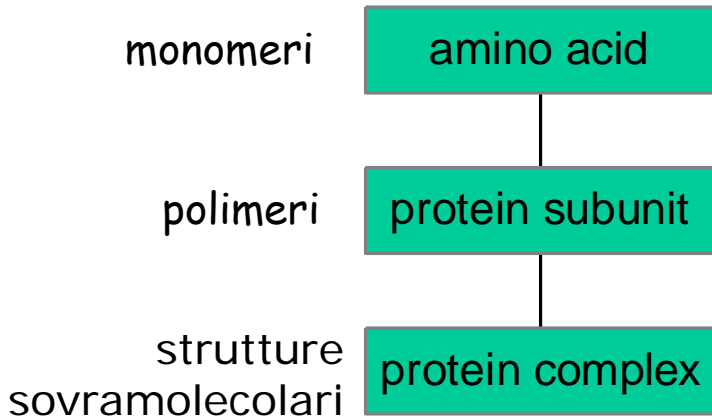
Proteine: gli aminoacidi e il legame peptidico, livelli di organizzazione strutturale.

Acidi nucleici: nucleotidi, acido deossiribonucleico, acido ribonucleico.

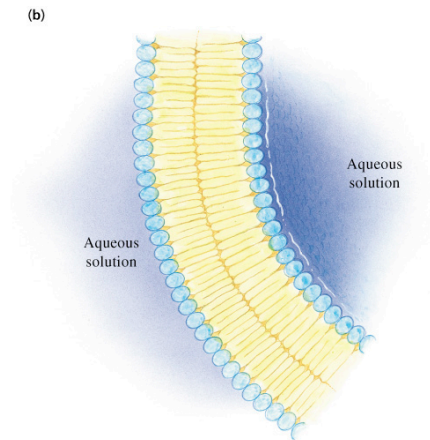
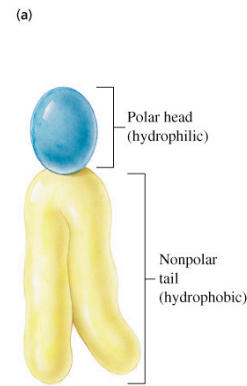
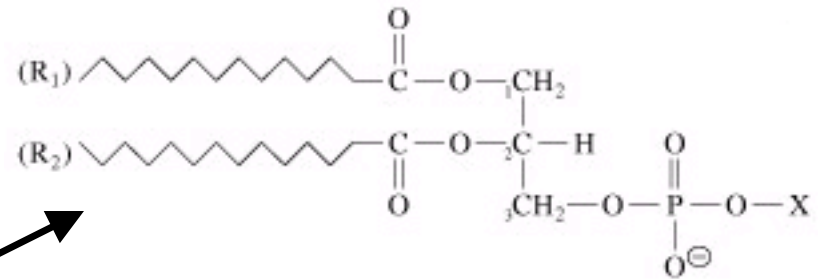
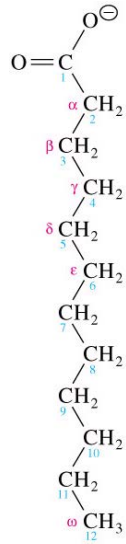
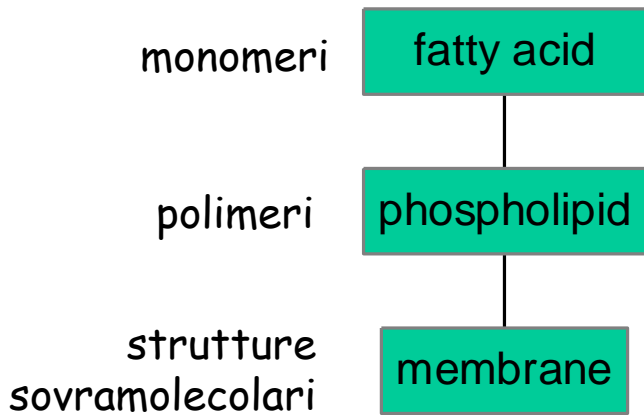
Le macromolecole e le loro subunità monomeriche



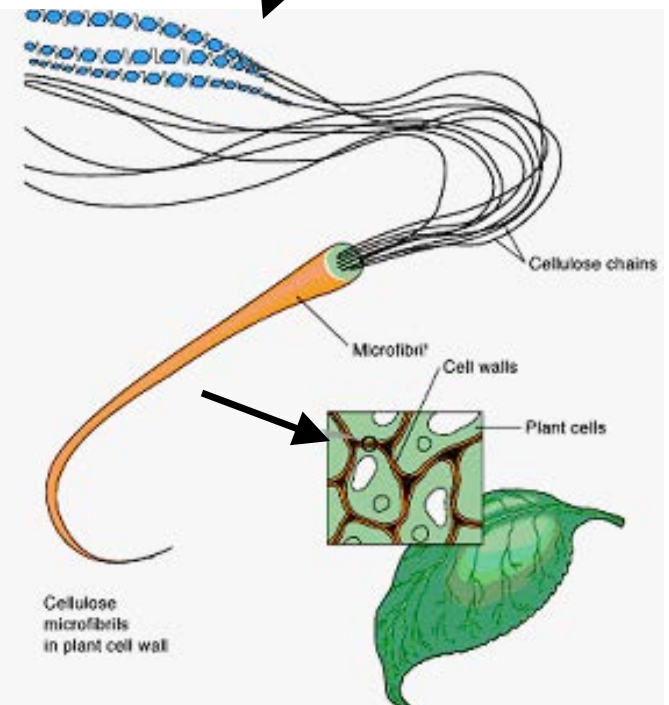
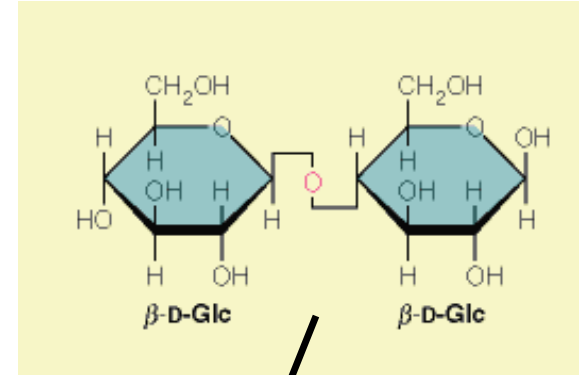
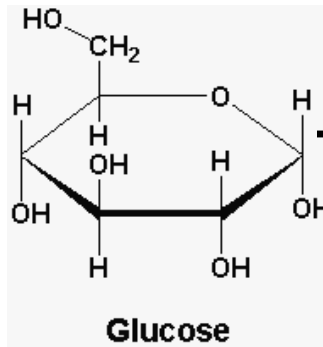
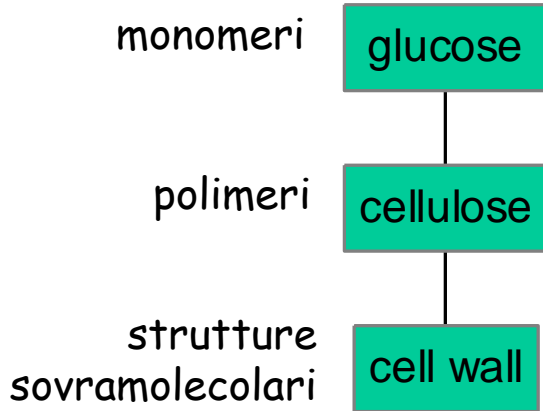
Proteine



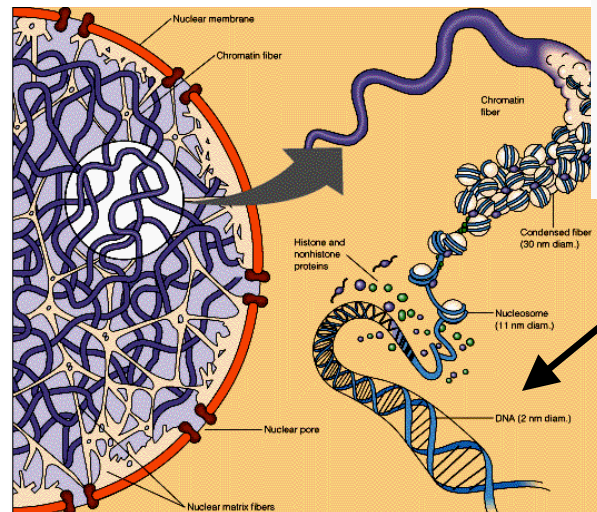
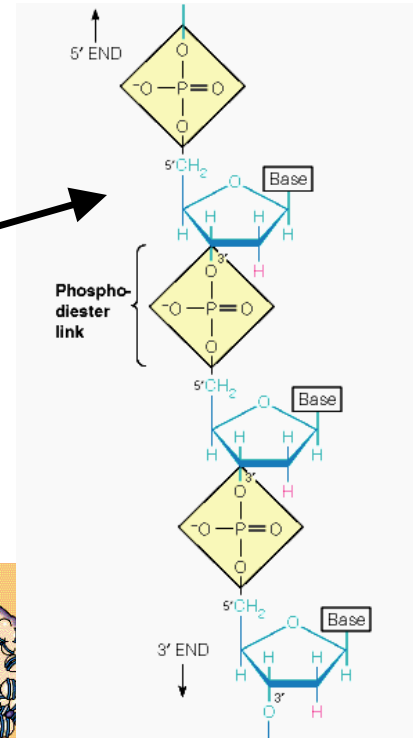
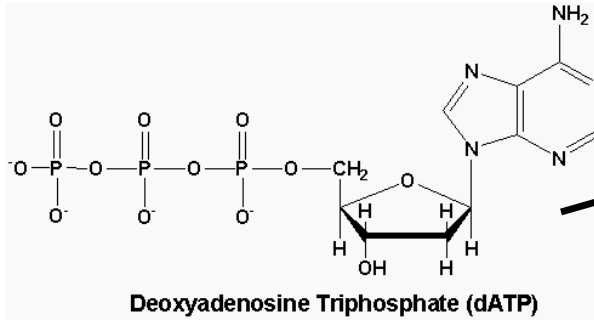
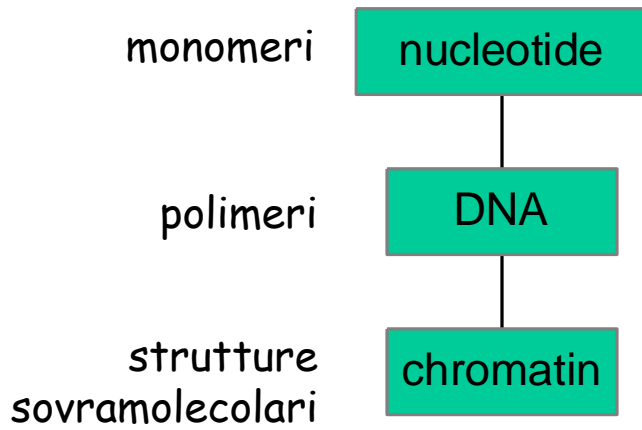
Lipidi



Carboidrati



Acidi nucleici



CARBOIDRATI

I carboidrati, o glucidi, o saccaridi, costituiscono una classe di composti organici di notevole interesse biologico. Infatti essi sono presenti sia nel regno vegetale che in quello animale.

I carboidrati sono formati fundamentalmente da **H, C, O**.

Sono *composti polifunzionali*; infatti sono presenti nella loro molecola **gruppi ossidrilici** e **gruppi aldeidici** oppure **gruppi ossidrilici** e **gruppi chetonici**.

POLIDROSSIALDEIDE : gruppo/i ossidrilico/i + gruppo aldeidico

POLIDROSSICHETONE : gruppo/i ossidrilico/i + gruppo chetonico

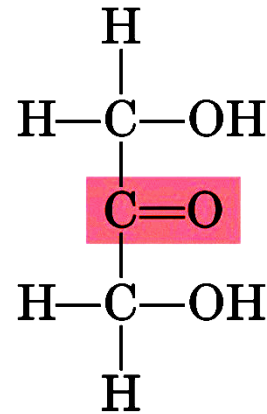
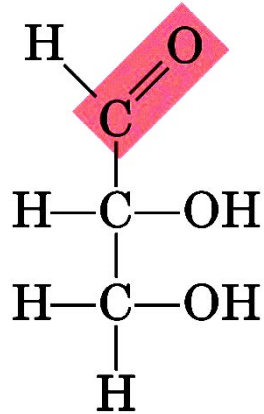
Le funzioni dei carboidrati sono molteplici :

- IMMAGAZZINAMENTO DI ENERGIA
- PRODUZIONE DI ENERGIA
- STRUTTURA E SOSTEGNO
- RICONOSCIMENTO CELLULARE

CARBOIDRATI

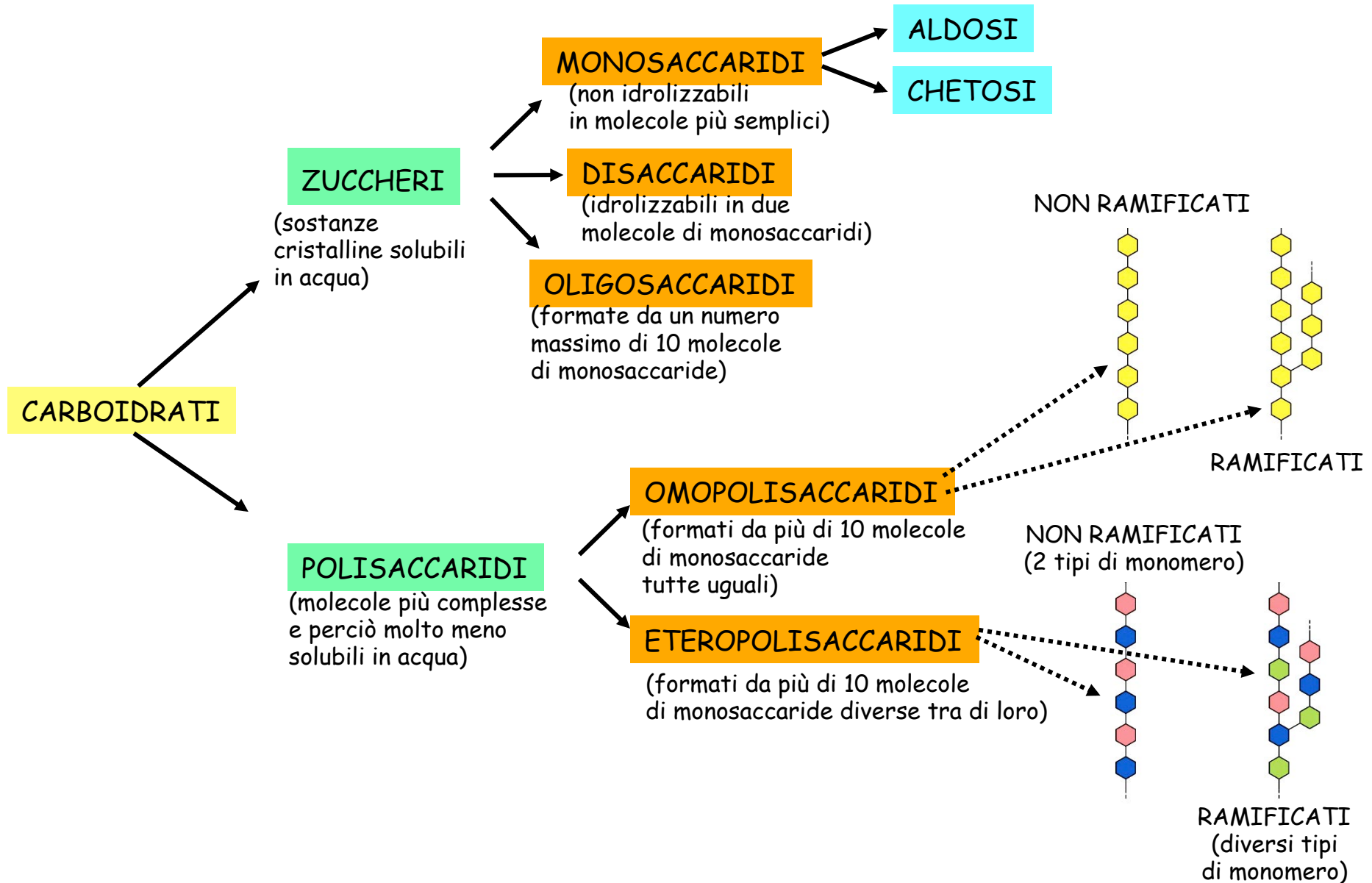
Lo zucchero più semplice è quello a tre atomi di carbonio, e può essere un aldoso (*gliceraldeide*) o un chetoso (*diidrossiacetone*).

Gliceraldeide
(aldotrioso)



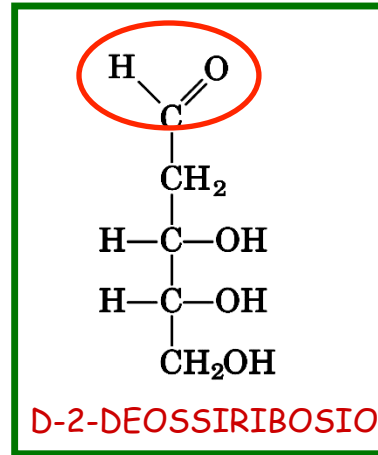
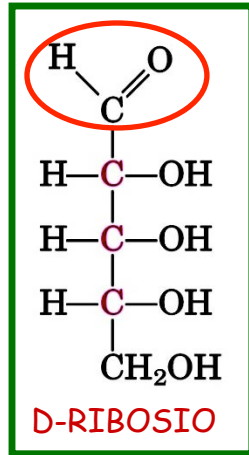
Diidrossiacetone
(chetotrioso)

CLASSIFICAZIONE DEI CARBOIDRATI

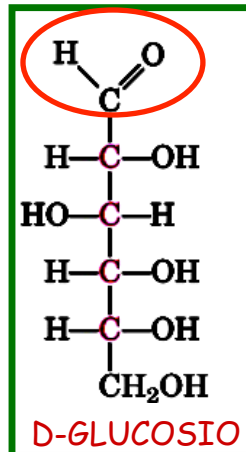


ALDOSI IMPORTANTI IN CAMPO BIOLOGICO

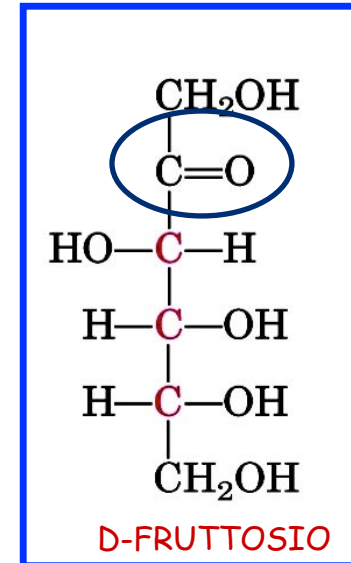
5 C



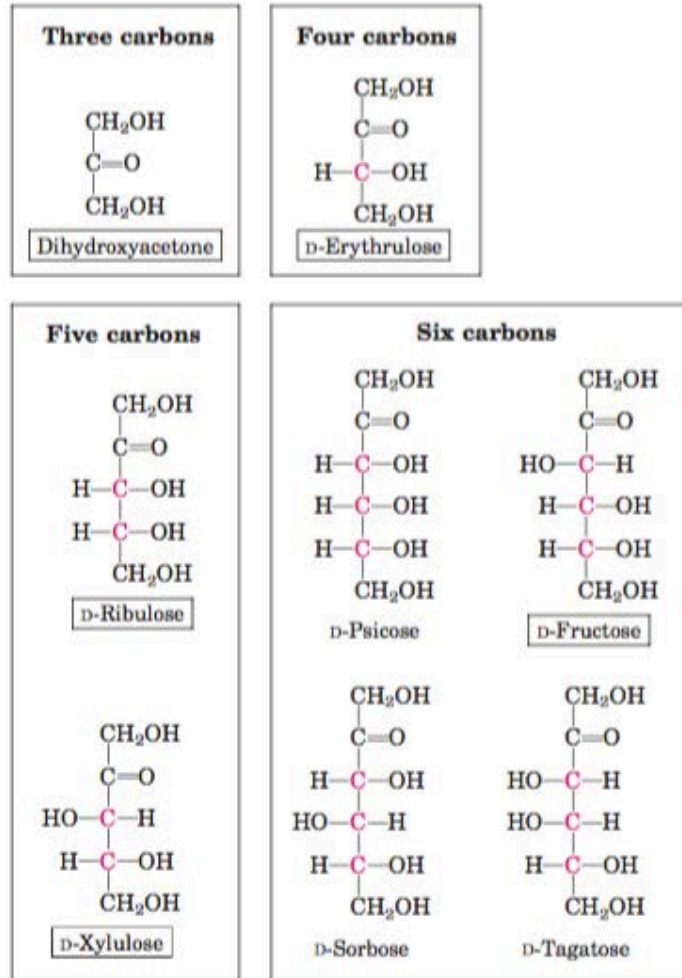
6 C



CHETOSO a 6 C

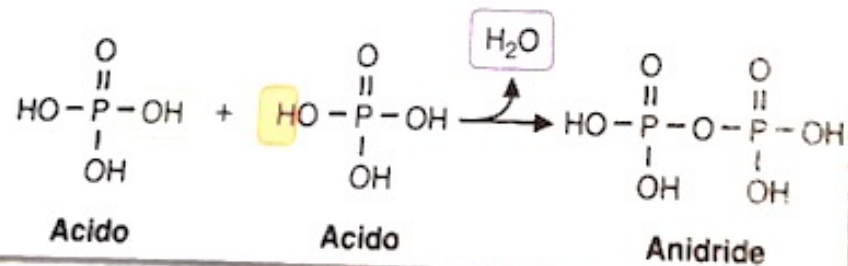
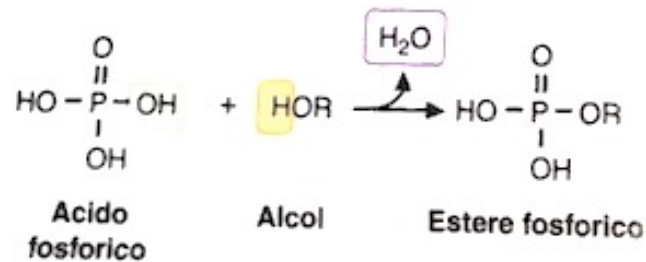
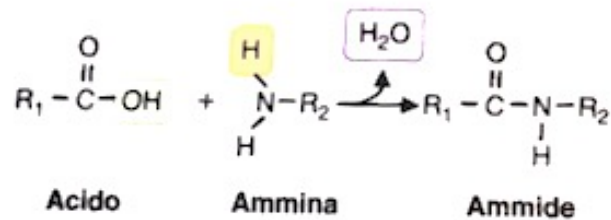
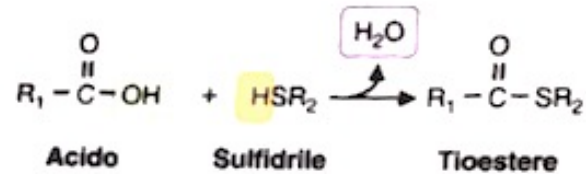
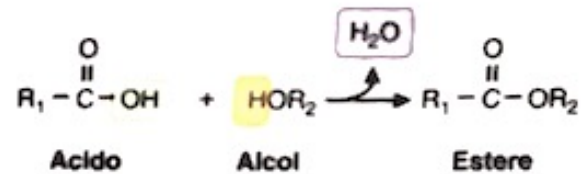


I CHETOSI



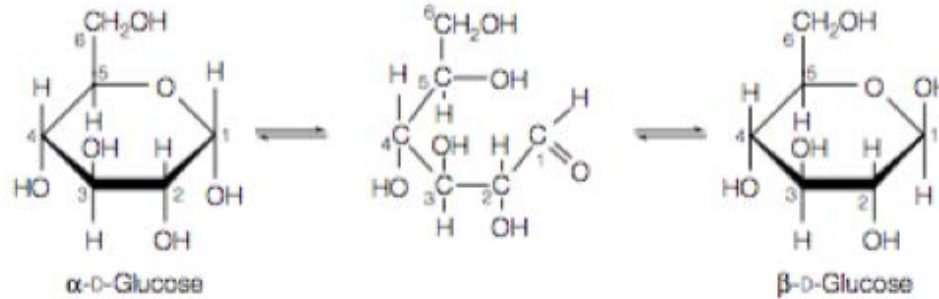
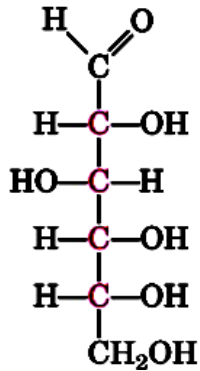
D-Ketoses
(b)

Formazione di alcuni GRUPPI FUNZIONALI

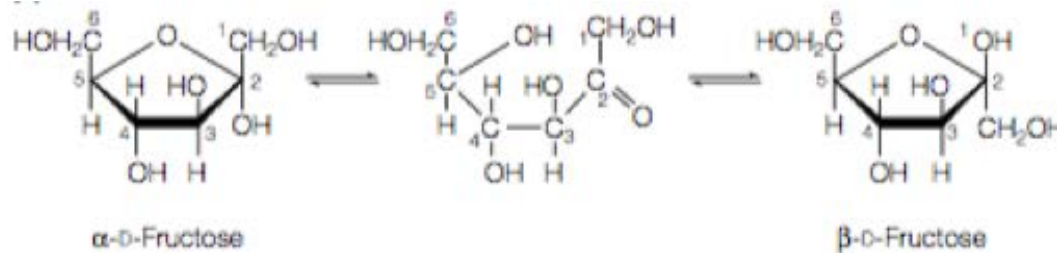
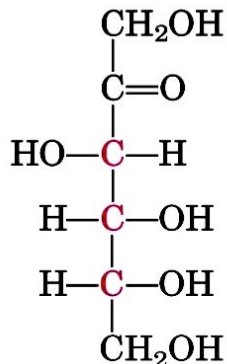
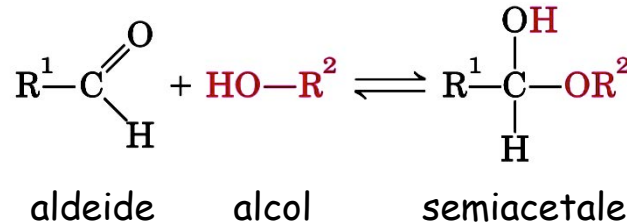


CICLIZZAZIONE DEI CARBOIDRATI

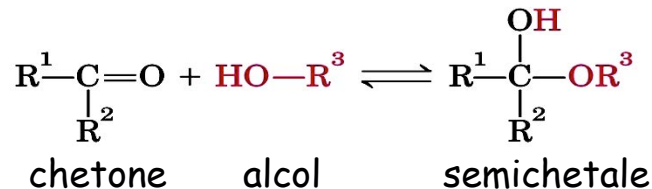
A partire dai monosaccaridi a 5 e a 6 atomi di carbonio, la struttura dei carboidrati non è più lineare, aperta, ma chiusa a *ciclo*. Ciò è possibile in quanto avviene una reazione di *semiacetilizzazione intramolecolare* (avente *cinetica di ordine zero*) che porta alla formazione di un semiacetale stabile.



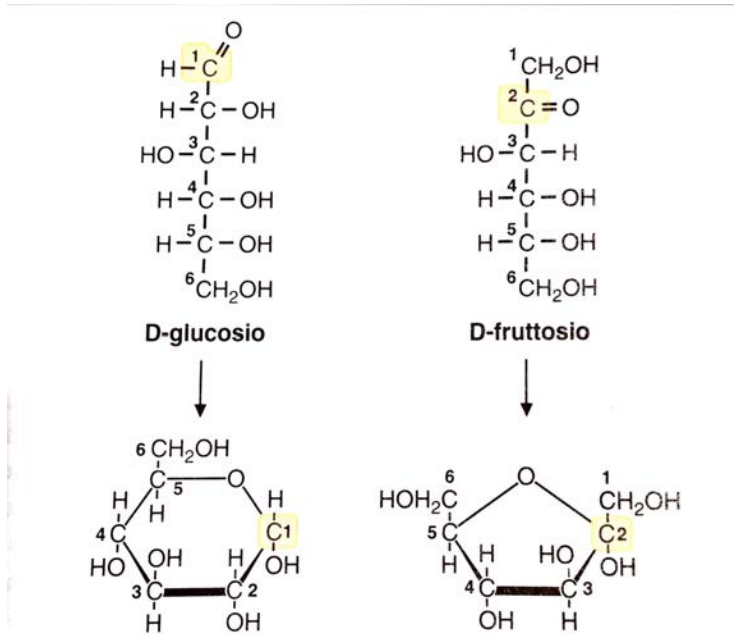
Pyran



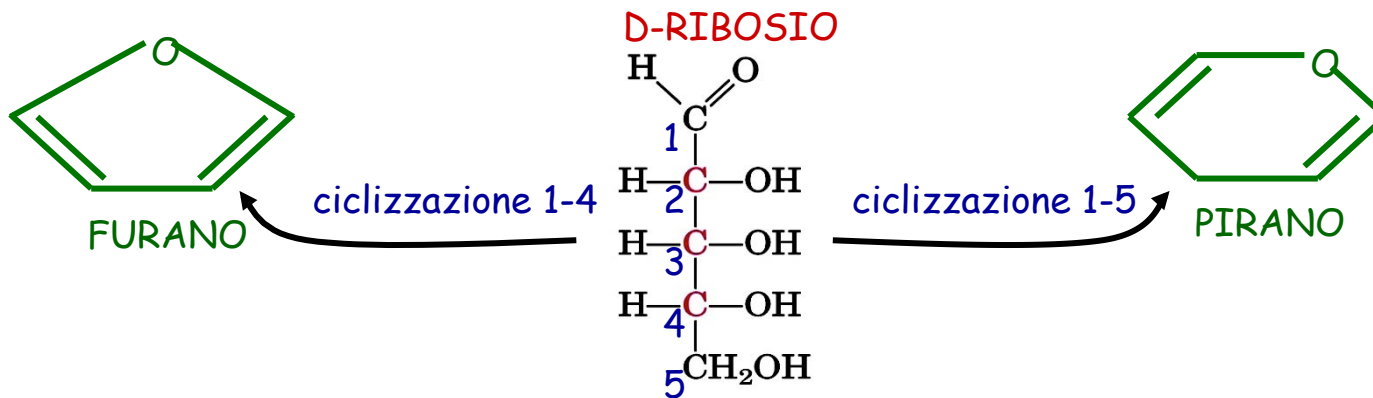
Furan



CICLIZZAZIONE DEI CARBOIDRATI



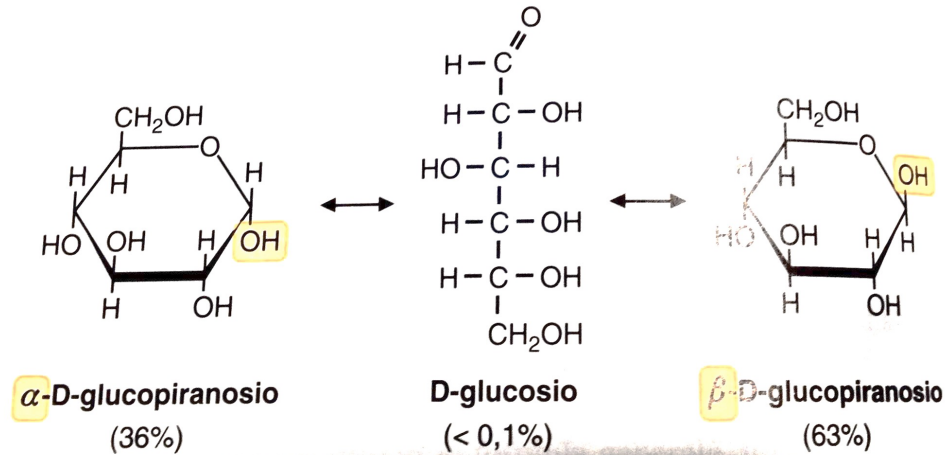
I cicli possono assumere forma pentagonale (**forme furanosiche**) oppure esagononale (**forme piranosiche**).



Alla fine della reazione di ciclizzazione il carbonio prochirale (C n.1) è diventato chirale; pertanto si formano altri due stereoisomeri detti **anomeri** (α e β).

CICLIZZAZIONE DEI CARBOIDRATI

Un gruppo ossidrilico sul carbonio anomero posizionato sotto l'anello è in posizione α , mentre se posizionato sopra l'anello è in posizione β



Mutarotazione del glucosio in soluzione, con la percentuale di ciascuna forma all'equilibrio.

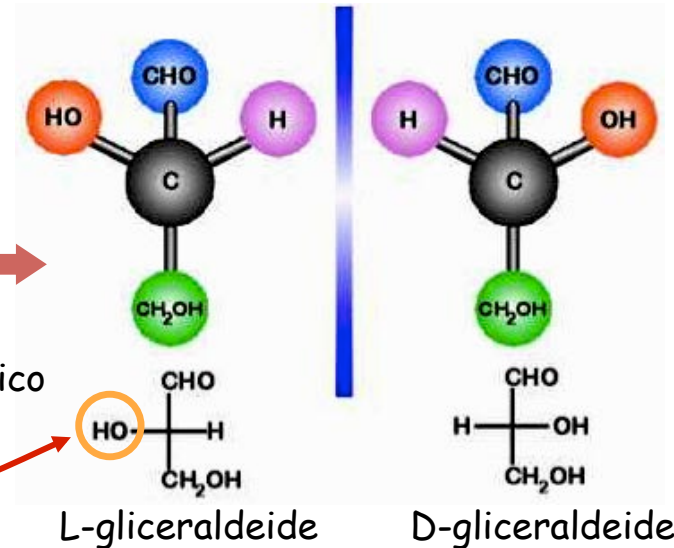
Glucidi con formazione D o L

- Un atomo di carbonio legato a 4 gruppi chimici differenti forma un **centro asimmetrico** (o **chirale**).
- I gruppi attaccati a un carbonio asimmetrico possono formare due isomeri differenti che sono **immagini speculari tra di loro e non sono sovrapponibili**.
- Gli **stereoisomeri** dei monosaccaridi si designano D o L in base alla posizione del gruppo ossidrilico più lontano dal carbonile in rapporto alla conformazione D o L della gliceraldeide.

Esempio : gliceraldeide o aldeide glicerica
(carboidrato a 3 atomi di carbonio)

Si dispone sempre la molecola con il gruppo aldeidico
in alto e il gruppo CH₂OH in basso

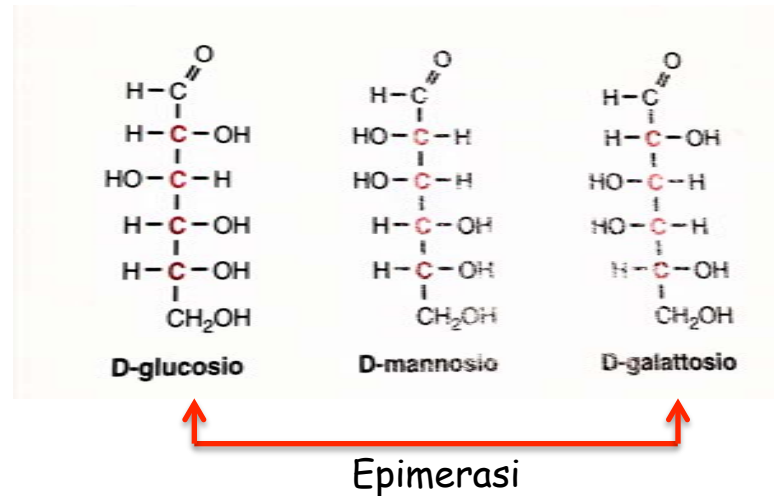
Si valuta poi la posizione del gruppo OH



Poiché il glucosio (principale glucide nel sangue) e la maggior parte degli altri glucidi contenuti nei tessuti umani appartengono alla serie D, si assume che i glucidi siano D.

Stereoisomeri ed epimeri

Stereoisomeri: hanno la stessa formula chimica ma differiscono nella posizione del gruppo ossidrilico su uno o più dei loro carboni asimmetrici



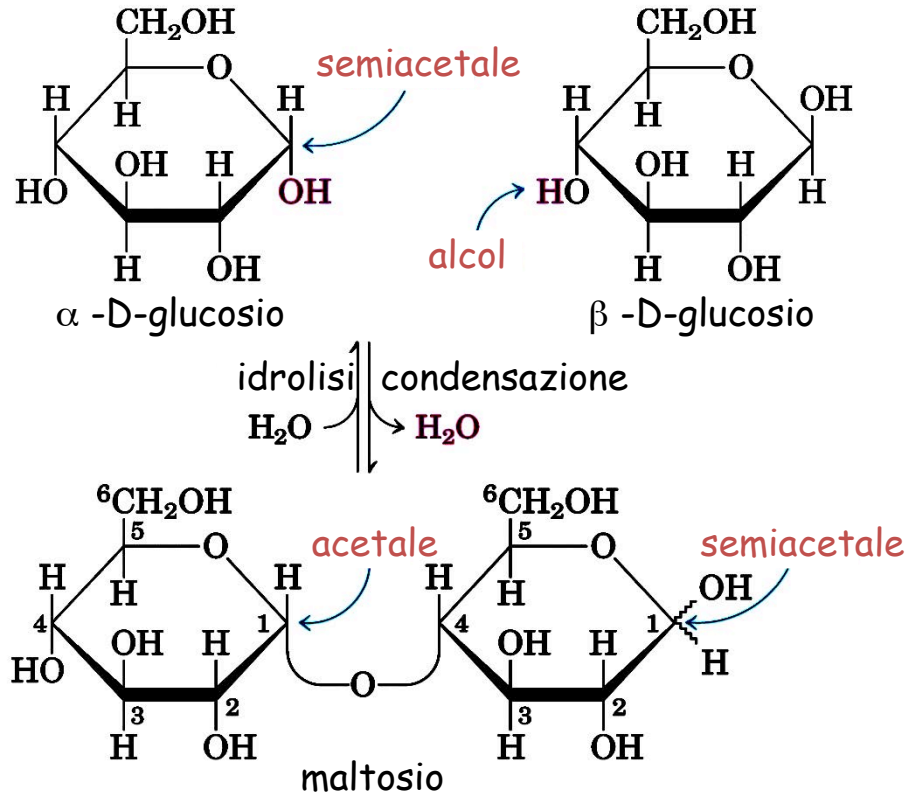
Epimeri: stereoisomeri che differiscono tra di loro nella posizione dell'ossidrilico di uno solo dei loro carboni asimmetrici

DISACCARIDI

(costituiti da 2 monosaccaridi)

MALTOSIO

È un disaccaride usato negli alimenti per l'infanzia; si ottiene dal malto; esso è costituito da una molecola di α -D-Glucosio e da una molecola di β -D-Glucosio unite con legame O-glicosidico α , 1 \rightarrow 4.

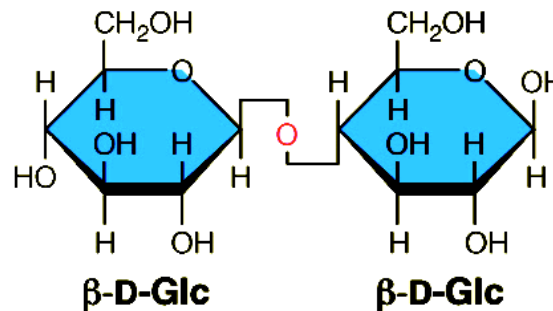


L'estremità della catena di un disaccaride o di un polisaccaride che ha un atomo di carbonio anomero libero (non coinvolto in un legame glicosidico) viene di solito chiamata **estremità riducente** della catena. Poiché uno degli atomi di carbonio anomero è rimasto libero il maltosio può essere ossidato e si comporta da zucchero riducente. Il maltosio è uno zucchero riducente in quanto vi è un semiacetale libero sull'unità glucidica di destra.

CELLOBIOSIO

È un disaccaride che si ottiene dall'idrolisi parziale (chimica o enzimatica) della cellulosa; esso è costituito da due molecole di β -D-Glucosio unite con legame O-glicosidico β , 1 \rightarrow 4.

Cellobiosio:
 β -D-glucopiranosil
(1 \rightarrow 4) β -D-glucopiranosio

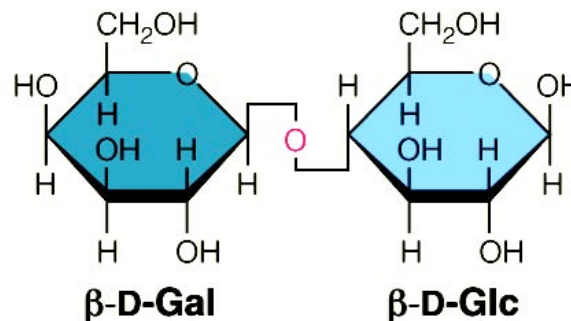


Anche il cellobiosio è uno zucchero riducente in quanto vi è un semiacetale libero sull'unità glucidica di destra.

LATTOSIO

È un disaccaride presente nel latte (5-8% nel latte umano e 4-6% nel latte di mucca); esso è costituito da una molecola di β -D-Galattosio e da una molecola di β -D-Glucosio unite con legame O-glicosidico β , 1 \rightarrow 4.

Lattosio:
 β -D-galattopiranosil
(1 \rightarrow 4) β -D-glucopiranosio



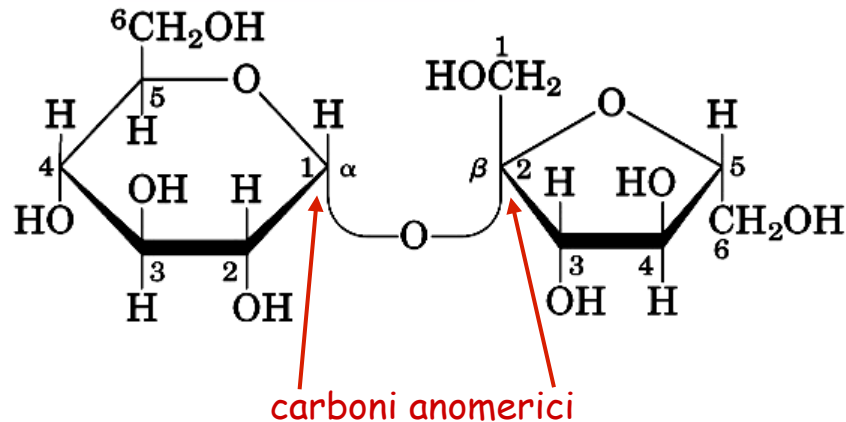
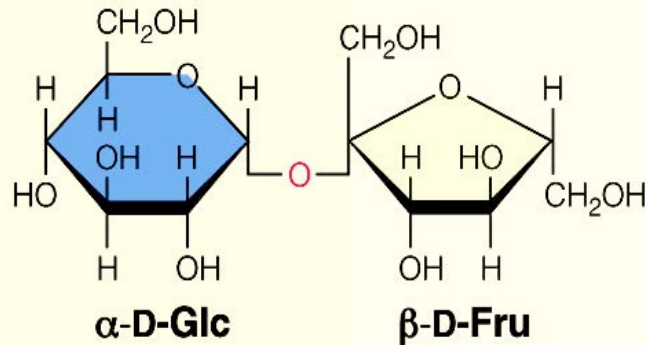
È uno zucchero riducente. L'enzima necessario per la sua idrolisi è la **lattasi**; la sua mancanza o una quantità insufficiente causa l'**intolleranza al lattosio** che si presenta con una serie di disturbi a livello gastrointestinale.

SACCAROSIO

È il comune zucchero alimentare ed è prodotto industrialmente dalla barbabietola e dalla canna da zucchero. Esso è costituito da una molecola di α -D-Glucosio e da una molecola di β -D-Fruuttosio unite con legame O-glicosidico α , 1 \rightarrow 2.

Saccarosio:

α -D-glucopiranosil
(1 \rightarrow 2) β -D-fruttofuranoside



Il saccarosio non è uno zucchero riducente in quanto entrambi i carboni anomeri (n.1 per il D-glucosio e n.2 per il D-fruttosio) sono impegnati nella formazione del legame O-glicosidico, per cui essi sono in forma acetale.

POLISACCARIDI

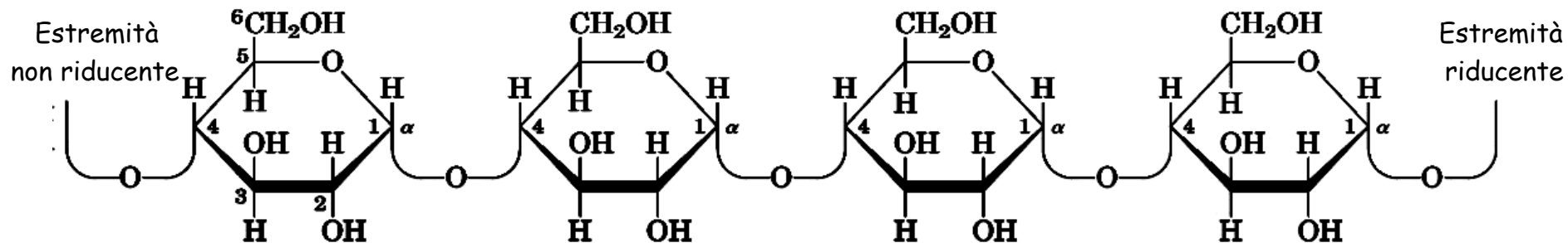
(costituiti da più di 10 unità saccaridiche)

AMIDO

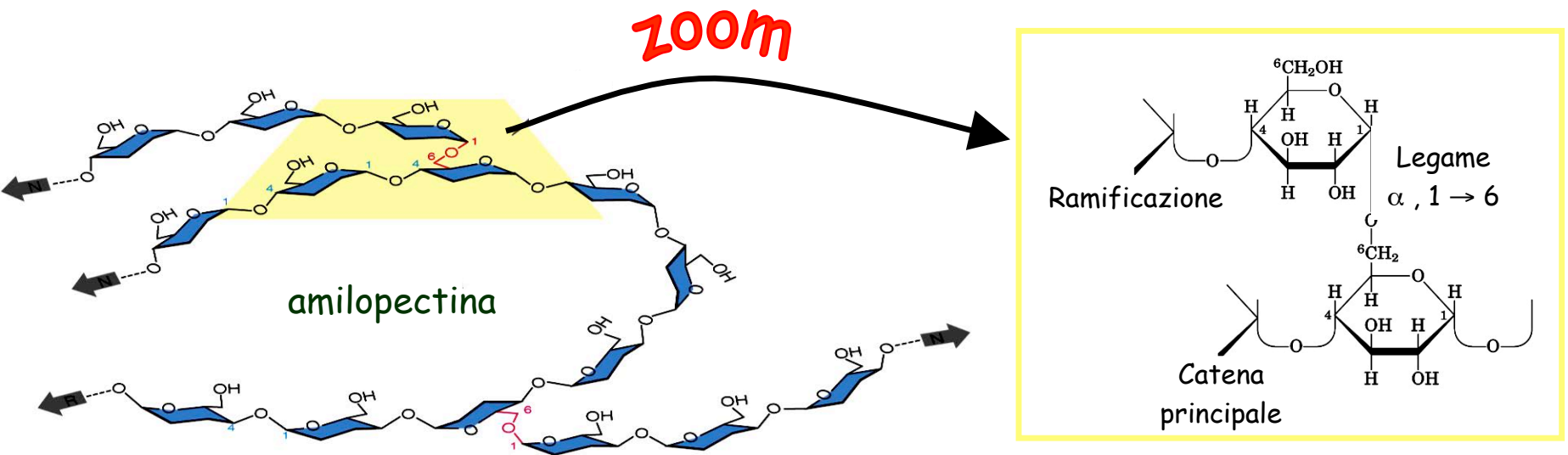
È l'omopolisaccaride di riserva dei vegetali; è concentrato nelle radici, nei tuberi, nei semi, nei bulbi, sempre sotto forma di granuli di aspetto caratteristico per ogni vegetale. Può essere molto idratato in quanto forma legami ad idrogeno con l'acqua.

L'amido presenta due tipi di polimeri: uno non ramificato, l'**amilosio**, e uno ramificato l'**amilopectina**. Entrambi i tipi di polimeri utilizzano come unità monosaccaridica l' α -D-Glucosio.

L'**amilosio** è formato da una catena di α -D-Glucosio (100 - 1000 molecole) unite una all'altra con legame O-glicosidico α , 1 \rightarrow 4.



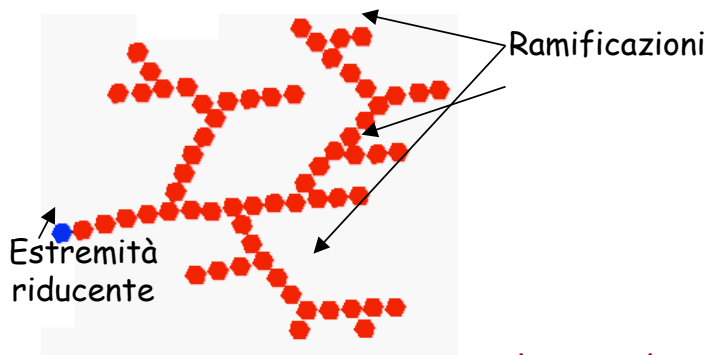
L' **amilopectina** ha invece una struttura ramificata; infatti essa è formata sempre da una catena di α -D-Glucosio (α , $1 \rightarrow 4$, come nell' amilosio), solo che ogni 25-30 unità α -D-Glucosio c'è un legame α , $1 \rightarrow 6$ e quindi si verifica una ramificazione.



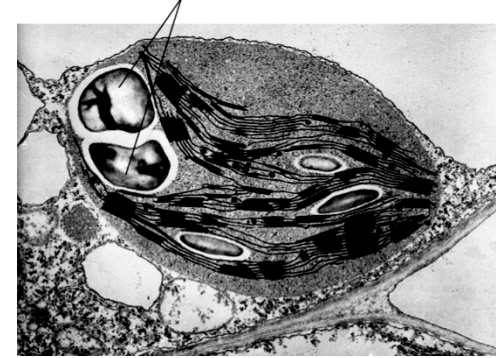
GLICOGENO

E' il polisaccaride di riserva degli animali; si trova soprattutto distribuito nelle cellule del fegato e in quelle muscolari dove si accumula sotto forma di granuli.

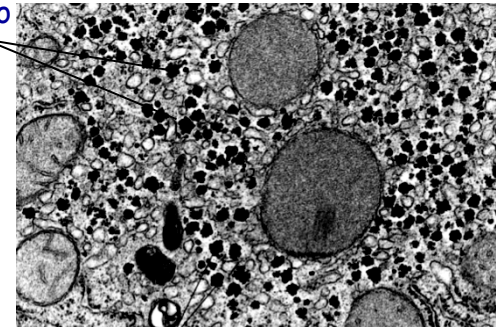
La sua struttura è molto simile a quella dell' amilopectina dalla quale differisce per una maggiore ramificazione della catena (una ramificazione ogni 8-12 unità di α -D-Glucosio).



Granuli di amido in un cloroplasto



Granuli di glicogeno in un epatocita

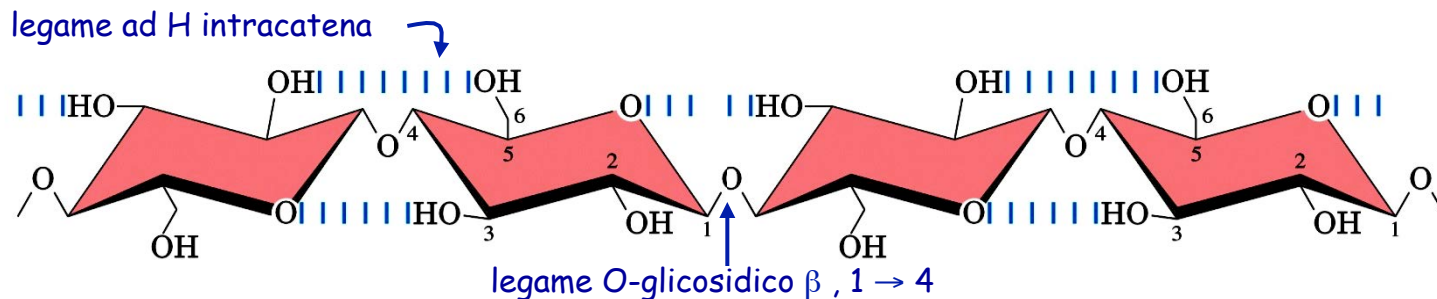


Gli animali sono in grado di digerire e quindi utilizzare queste sostanze di riserva (amido, glicogeno) in quanto presentano enzimi : amilasi, α -glucosidasi, glicogeno fosforilasi , in grado di rompere i legami di tipo $\alpha, 1 \rightarrow 4$ e $\alpha, 1 \rightarrow 6$.

CELLULOSA

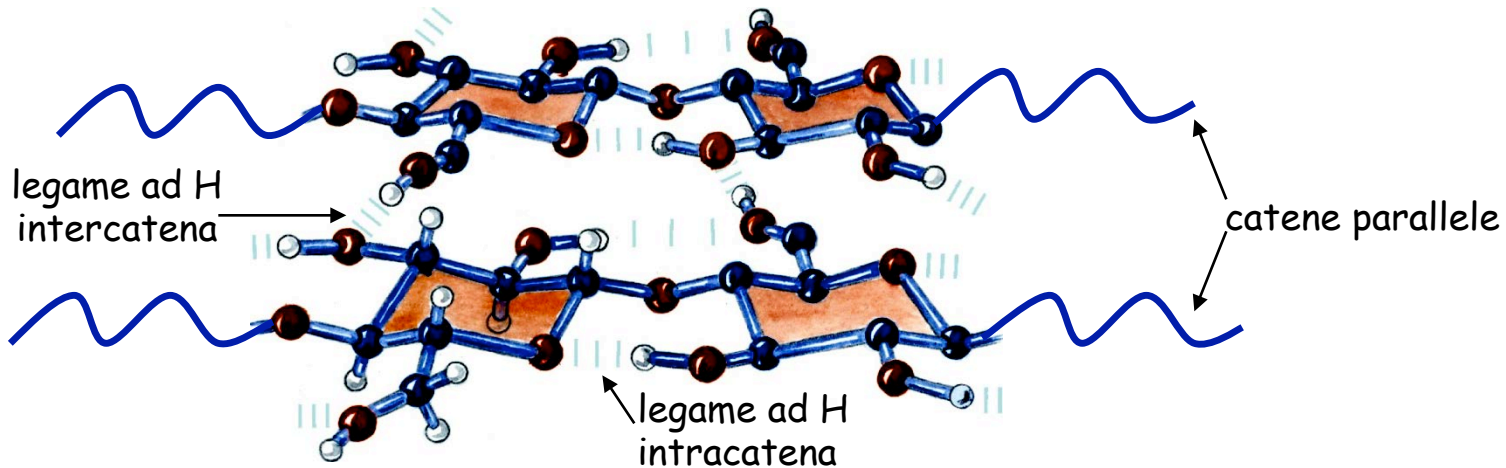
È un **omopolisaccaride strutturale**; infatti costituisce, per le sue proprietà, il principale componente delle pareti cellulari dei vegetali, svolgendo quindi funzioni sia di struttura che di sostegno; nel legno abbiamo il 50% di cellulosa, mentre nel cotone ne abbiamo quasi il 100%.

È costituita da molecole di β -D-Glucosio (con numero variabile da 300 a 15000 molecole) unite una all'altra da **legame O-glicosidico β , 1 \rightarrow 4**. La conformazione più stabile è quella in cui una molecola è ruotata di 180° rispetto a quella che la precede; tale situazione porta a formare una lunga molecola lineare.



Nella cellulosa i residui di glucosio hanno una **configurazione β** , mentre nell'amilosio, nell'amilopectina e nel glicogeno il glucosio è nella **conformazione α**

CELLULOSA

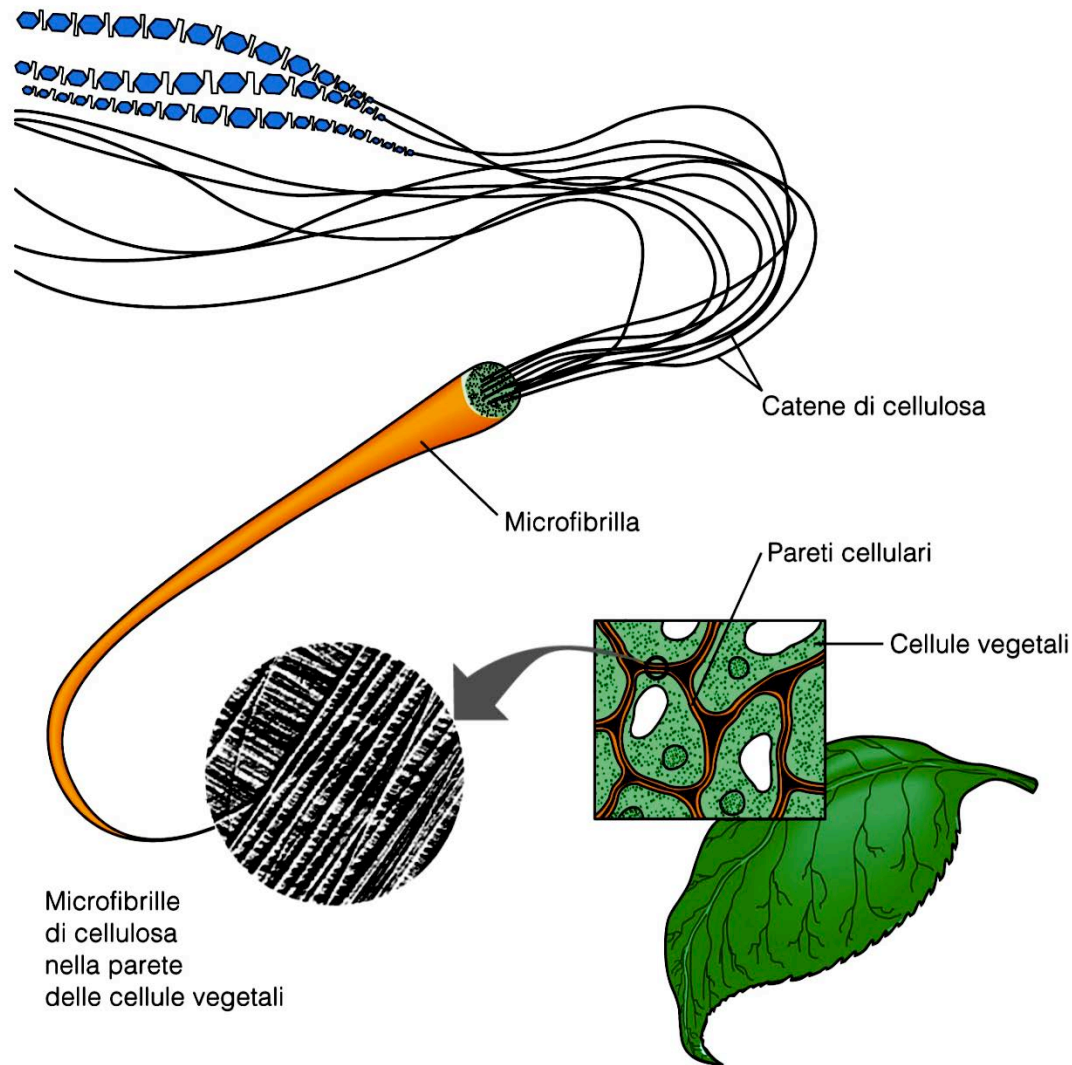


Cotone :
cellulosa
allo stato puro

Le catene si dispongono parallele una all' altra formando in tal modo numerosi legami ad H intra ed intercatena dando luogo così a delle strutture a nastro che rendono la cellulosa insolubile in acqua.



Organizzazione della parete delle cellule vegetali



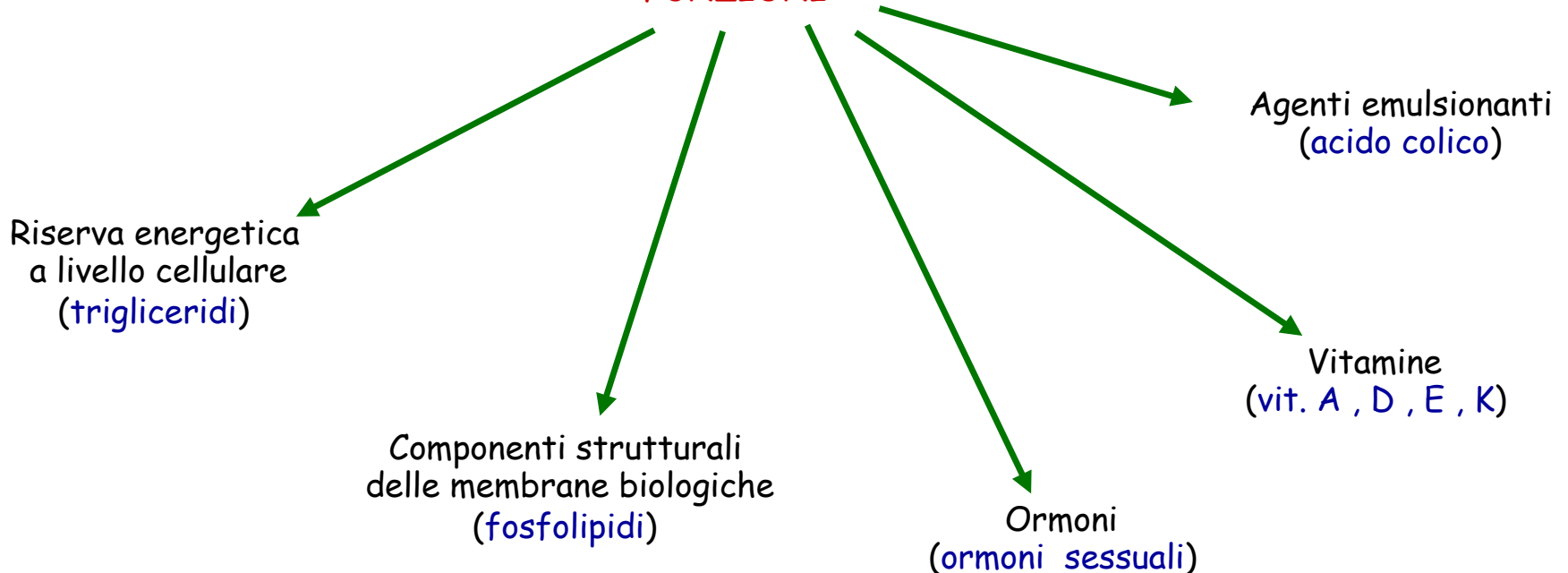
Gli animali non sono in grado di digerire la cellulosa in quanto sono sprovvisti di enzimi detti **CELLULASI** che rompono il legame di tipo β . Le cellulasi sono presenti invece in alcuni microorganismi simbiotici ospitati nel rumine dei ruminanti e in alcuni protozoi presenti nell'intestino delle termiti.

LIPIDI

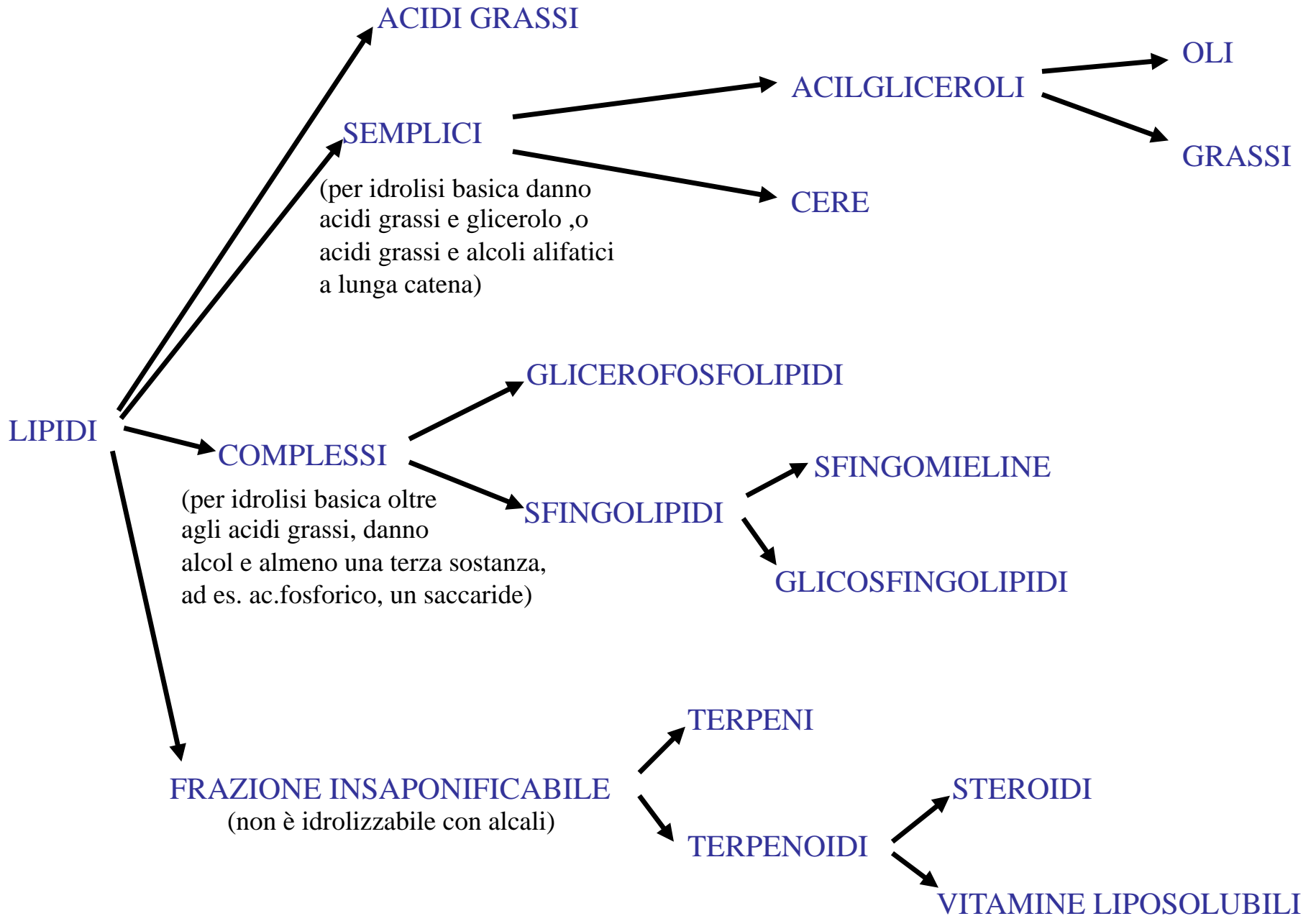
Classe eterogenea di composti organici naturali che hanno come caratteristiche comuni :

- la presenza di una porzione idrofobica nella molecola ;
- la conseguente insolubilità in acqua ;
- l' uso di solventi non polari per la loro solubilizzazione e successiva estrazione da vari sistemi biologici.

FUNZIONI



CLASSIFICAZIONE DEI LIPIDI



ACIDI GRASSI

Sono acidi carbossilici a lunga catena che si trovano in varie cellule e tessuti, e derivanti dall'idrolisi di grassi animali, oli vegetali o fosfolipidi di membrane.

Caratteristiche :

- presentano un numero pari di atomi di carbonio , di solito da 12 a 20 , e catena non ramificata.
- possono essere sia saturi (assenza del doppio legame) sia insaturi (presenza di uno o più doppi legami).
- i punti di fusione degli acidi grassi saturi sono più alti di quelli dei corrispondenti acidi grassi insaturi.

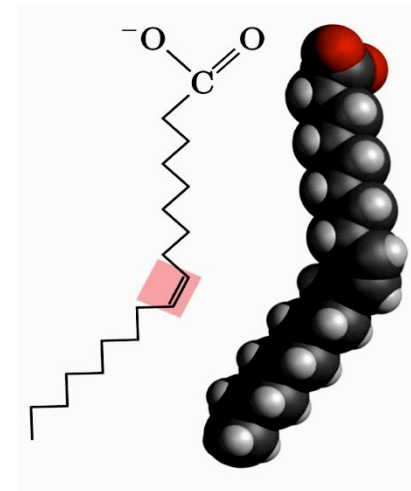
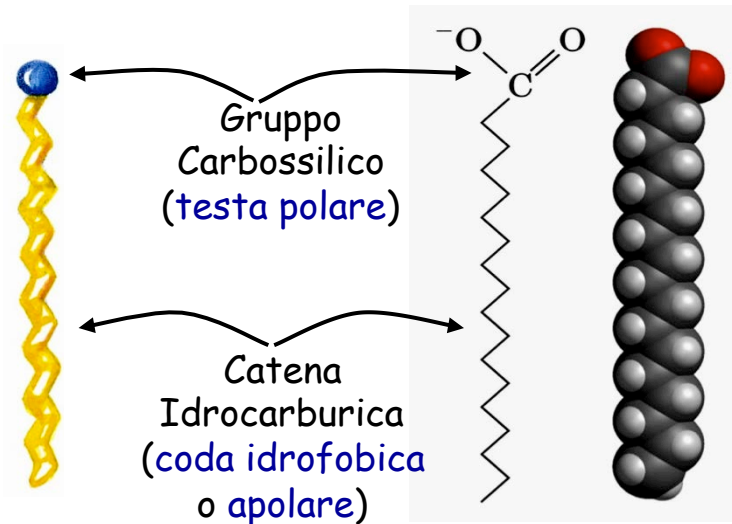


TABLE 10-1 Some Naturally Occurring Fatty Acids: Structure, Properties, and Nomenclature

| Carbon skeleton | Structure* | Systematic name [†] | Common name (derivation) | Melting point (°C) | Solubility at 30 °C (mg/g solvent) | |
|-------------------------------|--|--|---|--------------------|------------------------------------|---------|
| | | | | | Water | Benzene |
| 12:0 | CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH | <i>n</i> -Dodecanoic acid | Lauric acid (Latin <i>laurus</i> , "laurel plant") | 44.2 | 0.063 | 2,600 |
| 14:0 | CH ₃ (CH ₂) ₁₂ COOH | <i>n</i> -Tetradecanoic acid | Myristic acid (Latin <i>Myristica</i> , nutmeg genus) | 53.9 | 0.024 | 874 |
| 16:0 | CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH | <i>n</i> -Hexadecanoic acid | Palmitic acid (Latin <i>palma</i> , "palm tree") | 63.1 | 0.0083 | 348 |
| 18:0 | CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH | <i>n</i> -Octadecanoic acid | Stearic acid (Greek <i>stear</i> , "hard fat") | 69.6 | 0.0034 | 124 |
| 20:0 | CH ₃ (CH ₂) ₁₈ COOH | <i>n</i> -Eicosanoic acid | Arachidic acid (Latin <i>Arachis</i> , legume genus) | 76.5 | | |
| 24:0 | CH ₃ (CH ₂) ₂₂ COOH | <i>n</i> -Tetracosanoic acid | Lignoceric acid (Latin <i>lignum</i> , "wood" + <i>cera</i> , "wax") | 86.0 | | |
| 16:1(Δ ⁹) | CH ₃ (CH ₂) ₅ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH | <i>cis</i> -9-Hexadecenoic acid | Palmitoleic acid | 1-0.5 | | |
| 18:1(Δ ⁹) | CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH | <i>cis</i> -9-Octadecenoic acid | Oleic acid (Latin <i>oleum</i> , "oil") | 13.4 | | |
| 18:2(Δ ^{9,12}) | CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH | <i>cis</i> -, <i>cis</i> -9,12-Octadecadienoic acid | Linoleic acid (Greek <i>linon</i> , "flax") | 1-5 | | |
| 18:3(Δ ^{9,12,15}) | CH ₃ CH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH | <i>cis</i> -, <i>cis</i> -, <i>cis</i> -9,12,15-Octadecatrienoic acid | α-Linolenic acid | -11 | | |
| 20:4(Δ ^{5,8,11,14}) | CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CHCH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₃ COOH | <i>cis</i> -, <i>cis</i> -, <i>cis</i> -, <i>cis</i> -5,8,11,14-Icosatetraenoic acid | Arachidonic acid | -49.5 | | |

Proprietà fisiche degli acidi grassi

(dipendono dalla lunghezza della catena idrocarburica e dal grado di insaturazione)



Acidi grassi saturi

Molecole completamente estese;
formazione di forze di Van der Waals
tra catene idrocarburiche adiacenti;
impaccamento regolare delle molecole



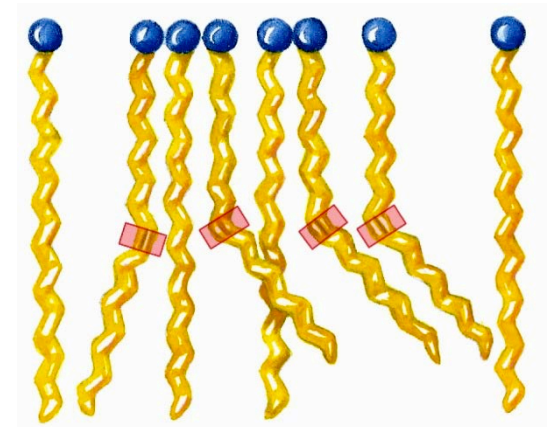
Consistenza cerosa
a temperatura ambiente

Acidi grassi insaturi

La presenza dei doppi
legami non permette
l'impaccamento regolare
delle molecole



Liquidi oleosi
a temperatura ambiente



ACILGLICEROLI

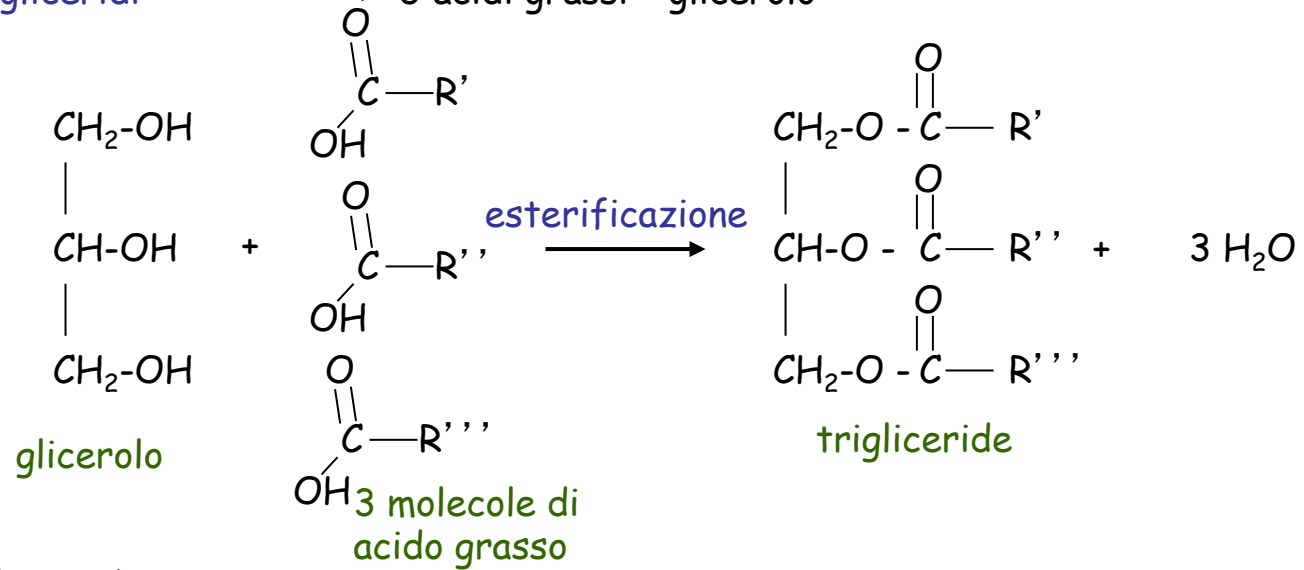
Gli acilgliceroli sono esteri di acidi grassi con un alcol trivalente, il glicerolo.

Monogliceridi \longrightarrow 1 acido grasso + glicerolo

Digliceridi \longrightarrow 2 acidi grassi + glicerolo

Trigliceridi \longrightarrow 3 acidi grassi + glicerolo

Schema per la formazione
di un trigliceride :

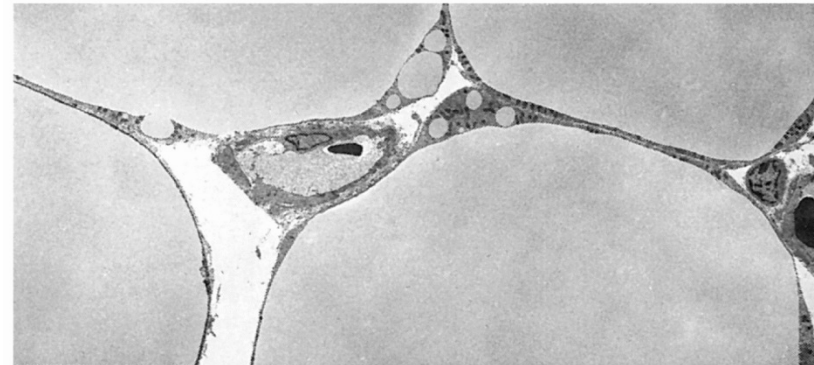


I trigliceridi si trovano sotto forma di gocce microscopiche presenti nel citoplasma di cellule dette **adipociti**.

I trigliceridi sono quindi dei lipidi di deposito, infatti essi servono come :

- materiale di riserva energetica
- materiale isolante contro la dispersione del calore
- materiale protettivo per gli organi interni del corpo

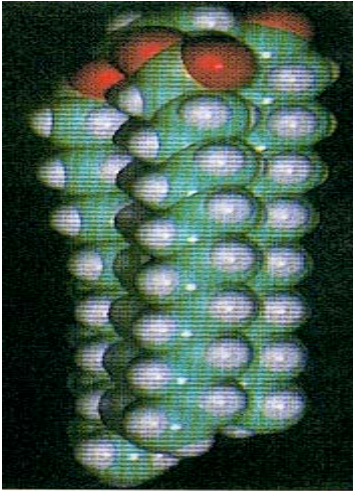
Sezione trasversale di un adipocita



8 μm

DIFFERENZA OLI-GRASSI

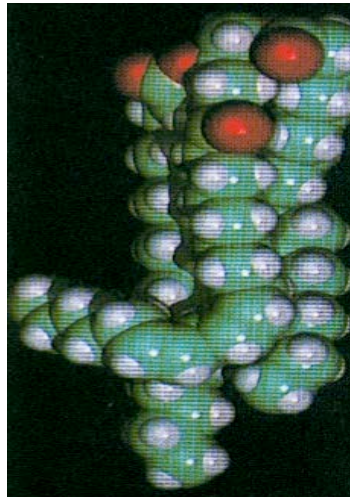
Gli oli e i grassi sono formati da una miscela di trigliceridi a diverso grado di insaturazione



Trigliceride
saturato
(*grasso*)

A temperatura ambiente gli oli sono liquidi , mentre i grassi sono solidi.

La ragione di tale differenza risiede nel **grado di insaturazione degli oli rispetto ai grassi**, infatti i doppi legami *cis* producono una distorsione della coda idrofobica che rendono le molecole di trigliceride difficilmente impaccabili nelle strutture regolari dei solidi.

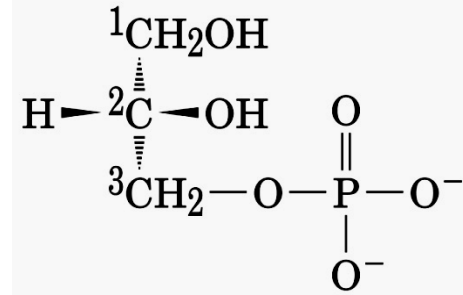


Trigliceride
polinsaturato
(*olio*)

GLICEROFOSFOLIPIDI

I glicerofosfolipidi detti anche **fosfogliceridi** derivano dal **glicerolo-3-fosfato**:

Nei fosfogliceridi il carbonio n.1 è esterificato in genere con un acido grasso saturo (R_1), mentre il carbonio n.2 è esterificato con un acido grasso insaturo (R_2). Il carbonio n.3 presenta legato al gruppo fosforico un gruppo idrofilico (R_3) che identifica il fosfogliceride.



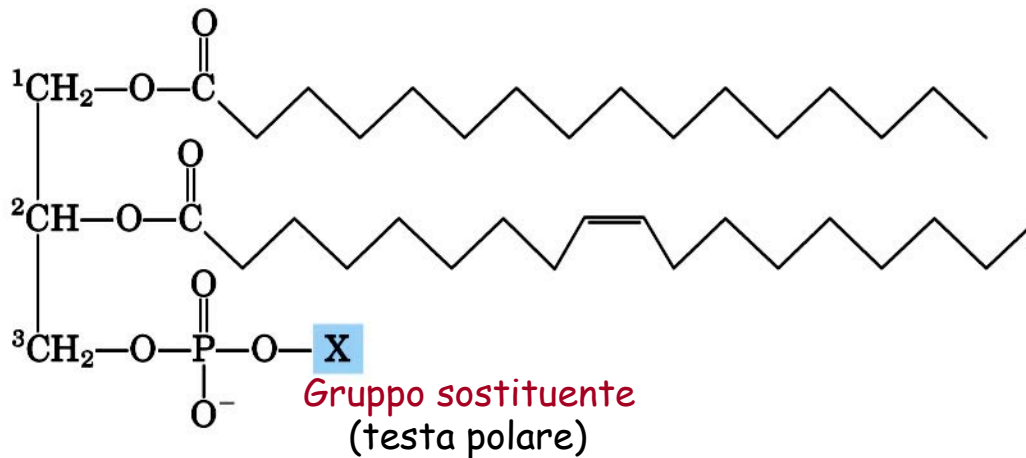
Code idrofobiche



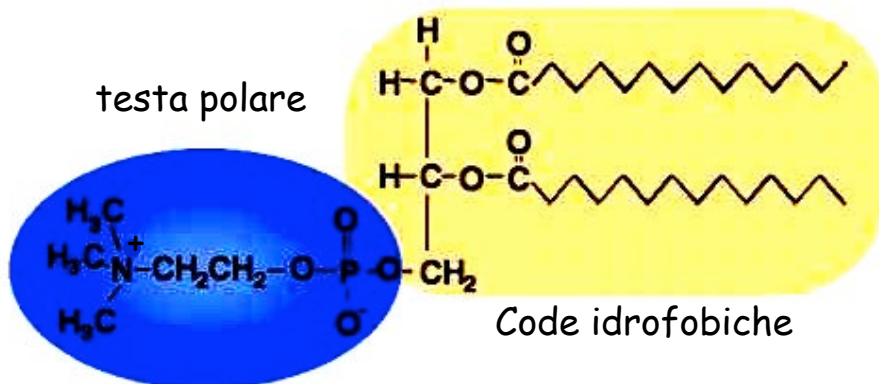
Acido grasso saturo
(es. acido palmitico)

Acido grasso insaturo
(es. acido oleico)

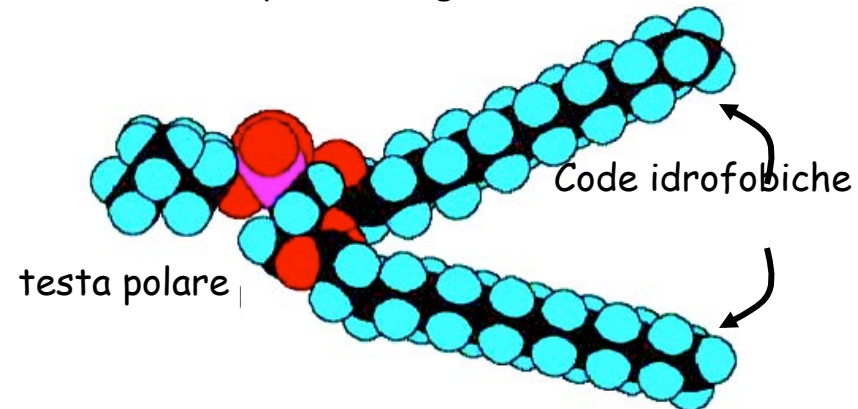
Glicerofosfolipide
(struttura generale)



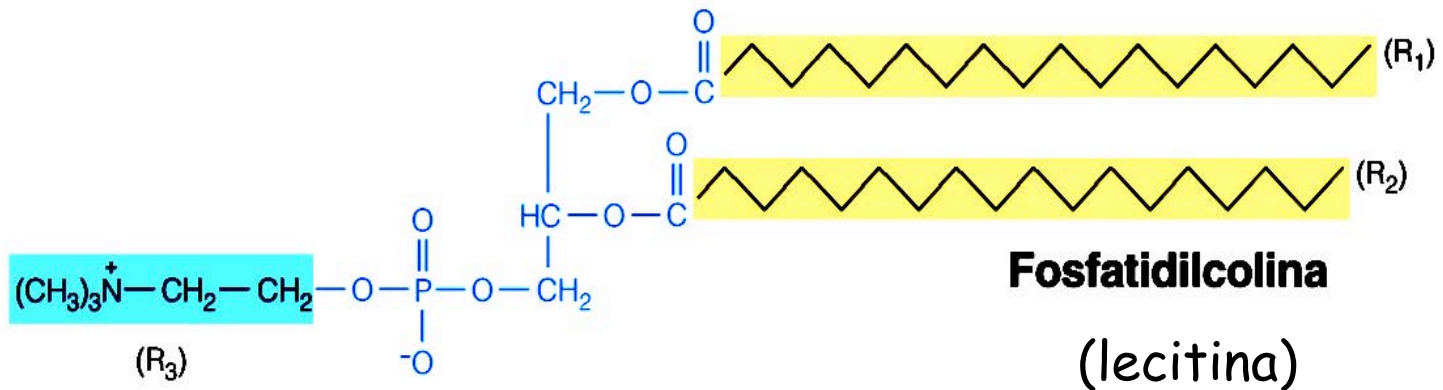
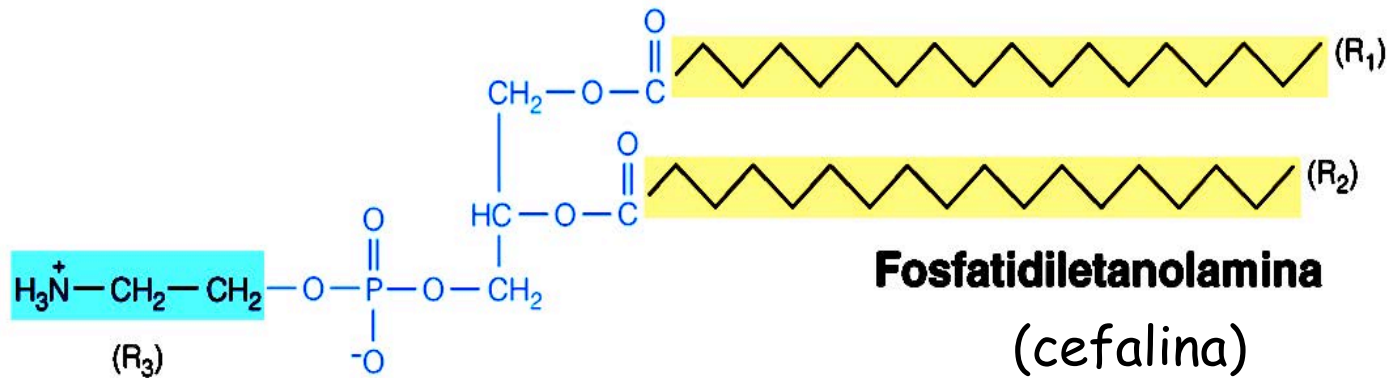
Esempio : fosfatidilcolina (lecitina)



Modello space-filling della lecitina

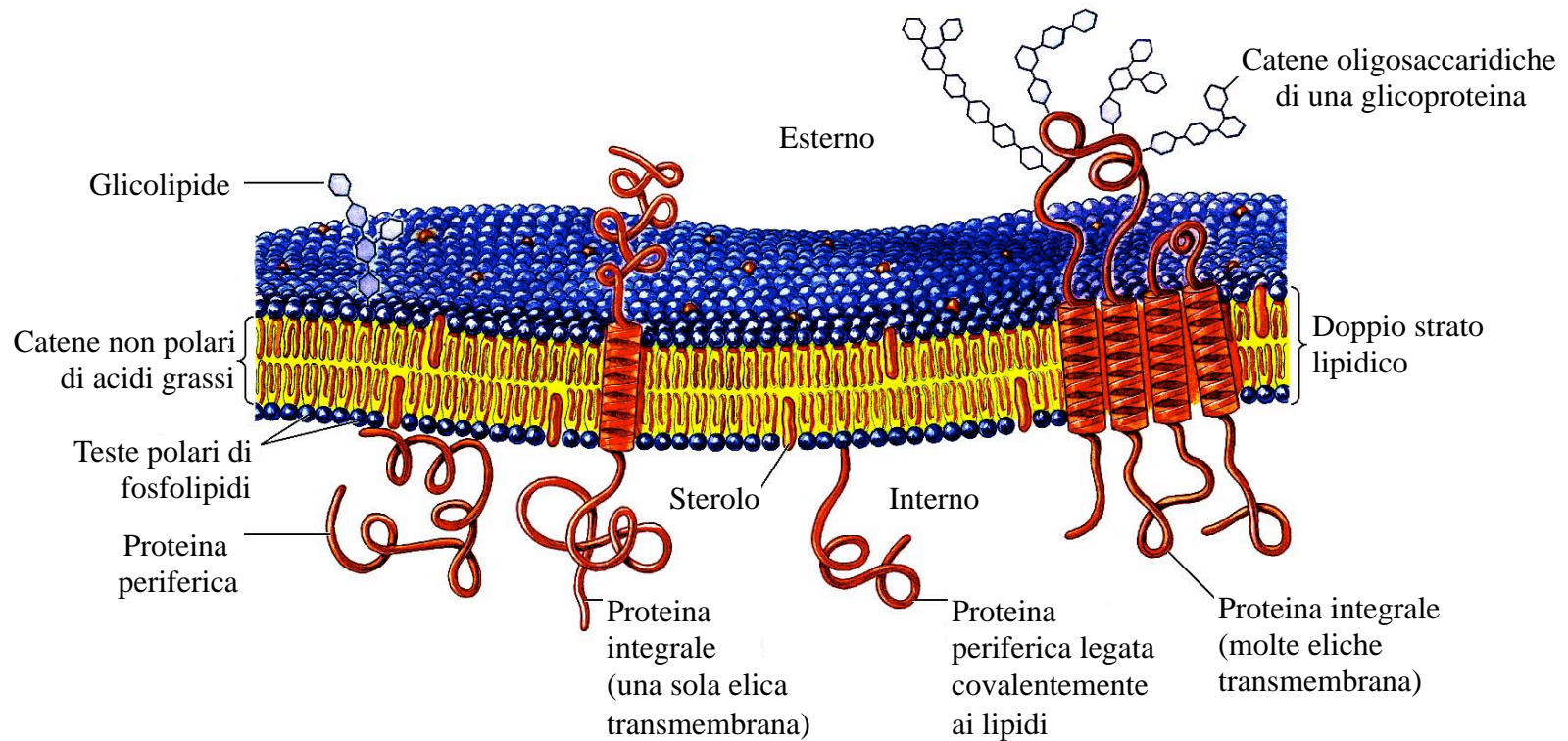


GLICEROFOSFOLIPIDI PRESENTI NELLE MEMBRANE BIOLOGICHE



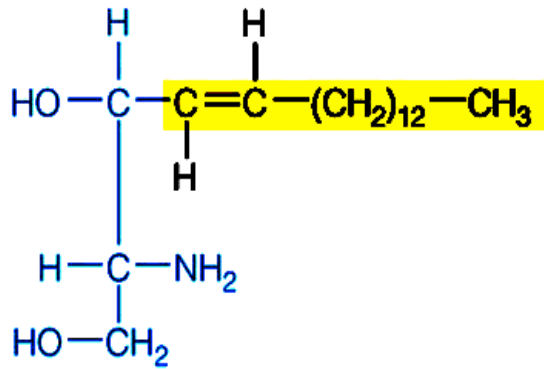
I glicerofosfolipidi, dato il loro carattere anfipatico, hanno la tendenza a formare insieme agli sfingolipidi e agli steroli, aggregati molecolari a doppio strato (costituendo in tal modo le membrane biologiche)

Modello a mosaico fluido della struttura della membrana

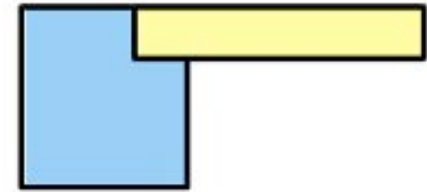


SFINGOLIPIDI

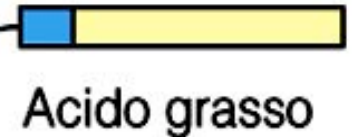
Seconda importante classe di costituenti delle membrane biologiche che ha come composto base l'aminoalcol a lunga catena **sfingosina**.



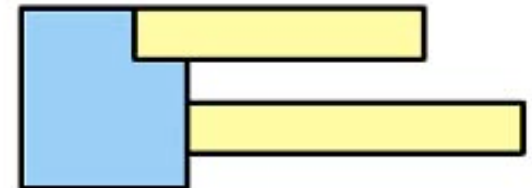
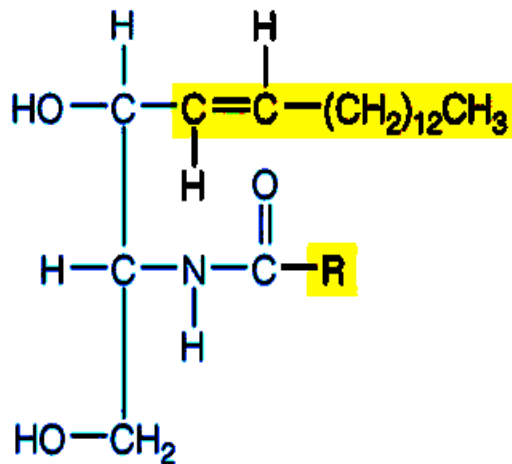
Sfingosina = D-4-sfinganina



Sfingosina



Acido grasso



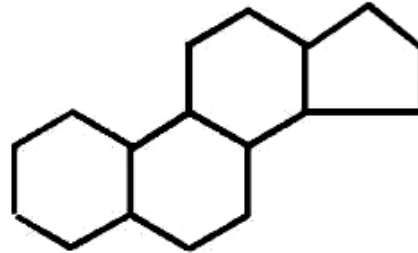
Ceramide

Struttura generale di un ceramide (R = catena idrocarburica)

STERIODI

Vasta classe di lipidi in cui tutti presentano la stessa struttura base consistente in un sistema anulare tetraciclico, di cui tre anelli sono a 6 atomi di carbonio e uno a 5 atomi di carbonio.

Nucleo steroideo



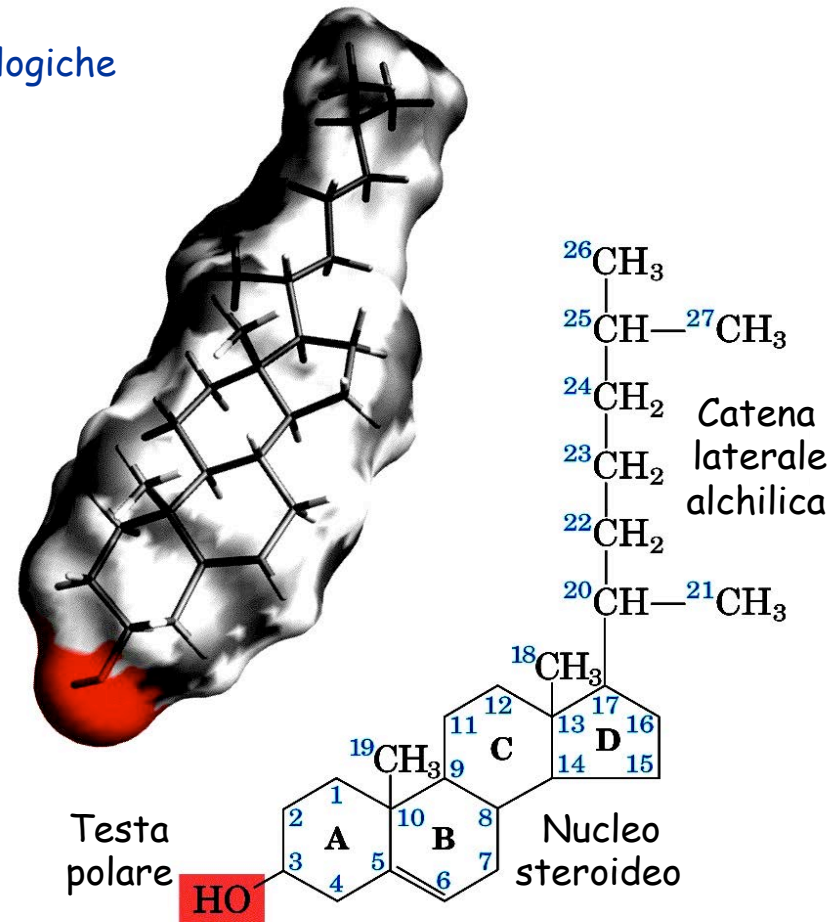
Funzioni degli steroidi :

- componenti strutturali delle membrane biologiche
- ormoni sessuali e adrenocorticali
- agenti emulsionanti

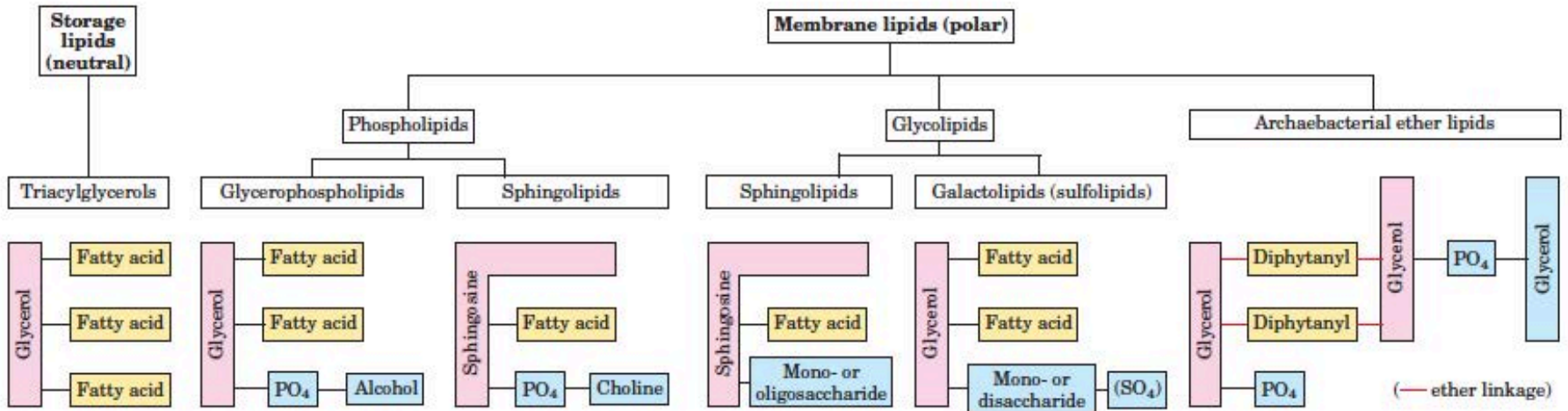
COLESTEROLO

Oltre ad essere componente importante delle membrane cellulari, è il punto di partenza della sintesi degli ormoni sessuali, di quelli adrenocorticali, degli acidi biliari e della vitamina D.

Una sua alta concentrazione ematica può portare alla formazione nelle arterie di **placche aterosclerotiche** con conseguente pericoloso aumento della pressione arteriosa.



I lipidi riassumendo...

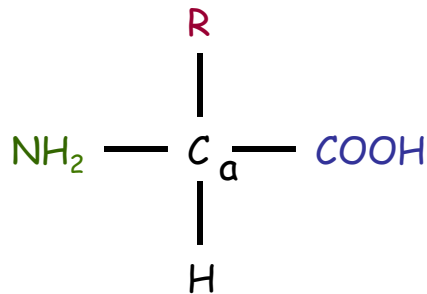


AMMINOACIDI

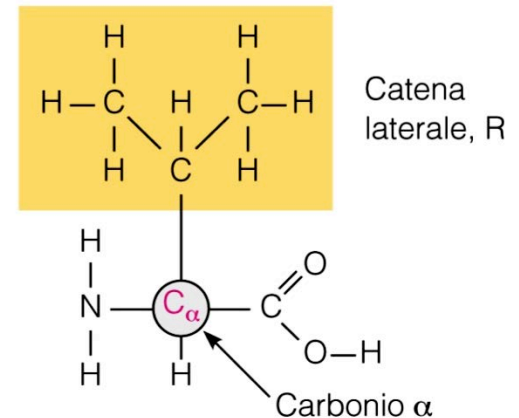
Gli amminoacidi sono composti polifunzionali, infatti essi presentano sia un **gruppo carbossilico**, che conferisce loro caratteristiche acide, sia un **gruppo amminico**, che conferisce loro caratteristiche basiche; quindi gli amminoacidi sono in definitiva degli **anfolti**.

In natura, tutti gli amminoacidi sono α -amminoacidi, cioè il gruppo amminico è sempre legato al carbonio α (il carbonio α è il carbonio che viene dopo il gruppo carbossilico).

Struttura generale di un α -amminoacido :

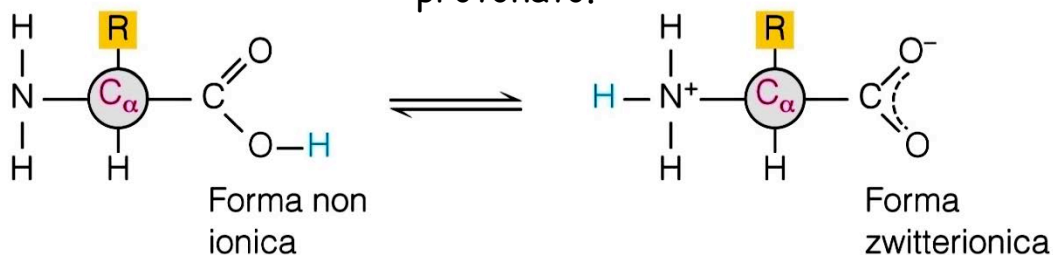


Esempio di amminoacido :
(Valina)



Gli amminoacidi si distinguono in base alla **diversità della catena laterale R** in ciascuno di essi.

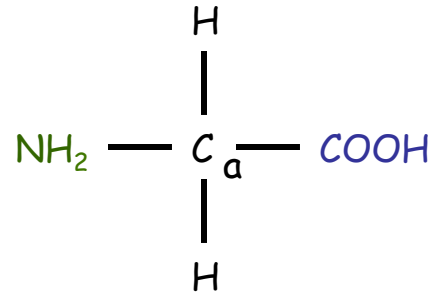
A pH fisiologico, vicino alla neutralità, gli amminoacidi si trovano nella cosiddetta **forma zwitterionica**, ossia il gruppo carbossilico risulta deprotonato, mentre quello amminico risulta protonato.



Aminoacido generalizzato, che forma uno zwitterione a pH neutro

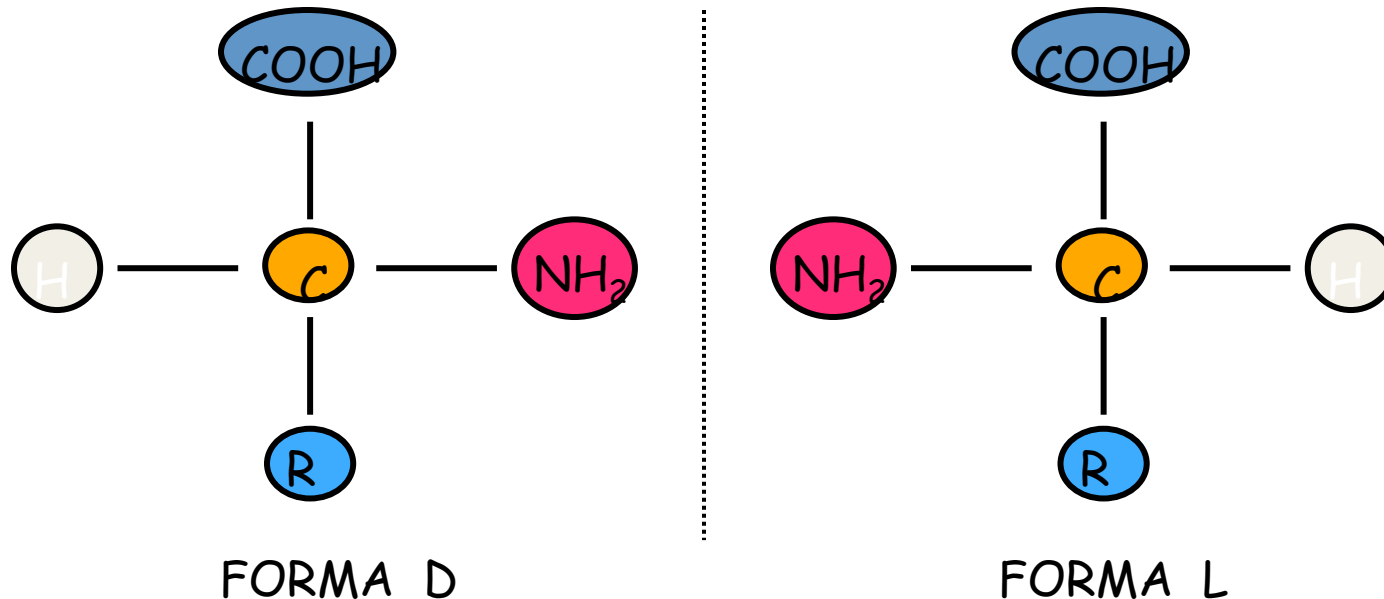
STEREOISOMERIA NEGLI AMMINOACIDI

Ad esclusione dell'amminoacido **GLICINA**, che presenta come catena laterale R solo un atomo di idrogeno :



tutti gli altri amminoacidi presentano, legati al carbonio in α , 4 sostituenti diversi e il carbonio in α è quindi un carbonio chirale (carbonio asimmetrico), e l'amminoacido corrispondente, presenta quindi, le due immagini speculari non sovrapponibili (stereoisomeri definiti **enantiomeri**).

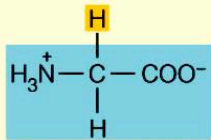
Secondo la proiezione di Fisher possiamo distinguere una serie sterica D e una serie sterica L.



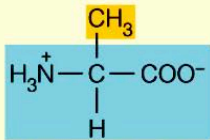
Tutti gli amminoacidi incorporati dagli organismi nelle proteine sono nella forma L.

I 20 AMMINOACIDI INCORPORATI NELLE PROTEINE

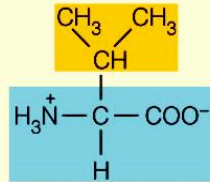
AMMINOACIDI ALIFATICI



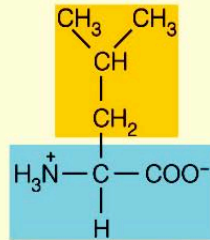
Glicina (Gly) G



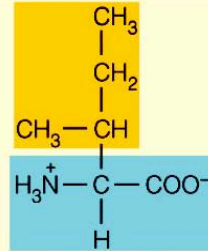
Alanina (Ala) A



Valina (Val) V

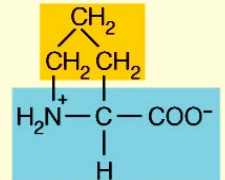


Leucina (Leu) L



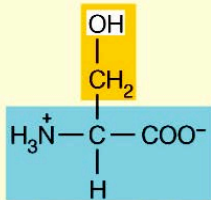
Isoleucina (Ile) I

AMMINOACIDO CICLICO

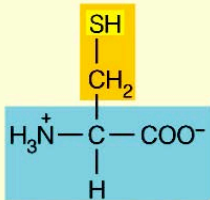


Prolina (Pro) P

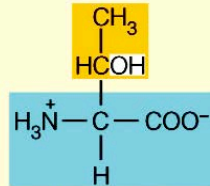
AMMINOACIDI CON CATENE LATERALI CONTENENTI ZOLFO O GRUPPI OSSIDRILICI



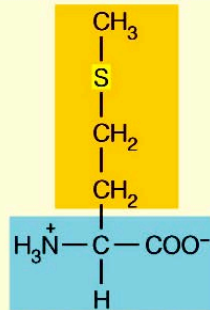
Serina (Ser) S



Cisteina (Cys) C

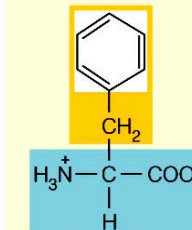


Treonina (Thr) T

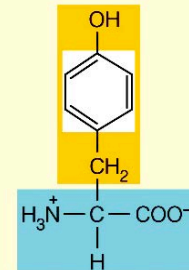


Metionina (Met) M

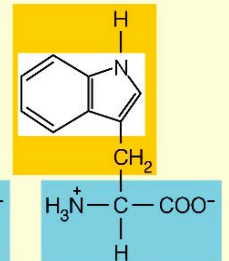
AMMINOACIDI AROMATICI



Fenilalanina (Phe) F

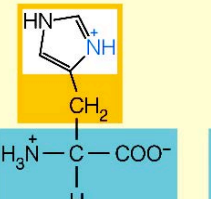


Tirosina (Tyr) Y

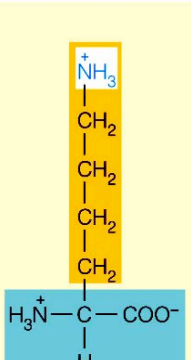


Triptofano (Trp) W

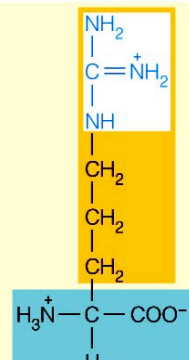
AMMINOACIDI BASICI



Istidina (His) H

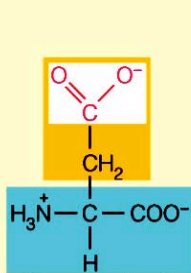


Lisina (Lys) K

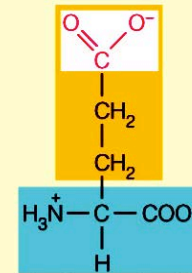


Arginina (Arg) R

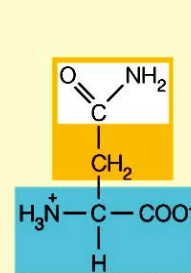
AMMINOACIDI ACIDI E LORO AMIDI



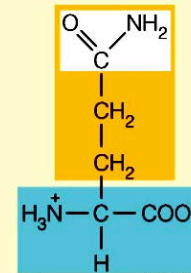
Acido aspartico (Asp) D



Acido glutammico (Glu) E



Asparagina (Asn) N



Glutammina (Gln) Q

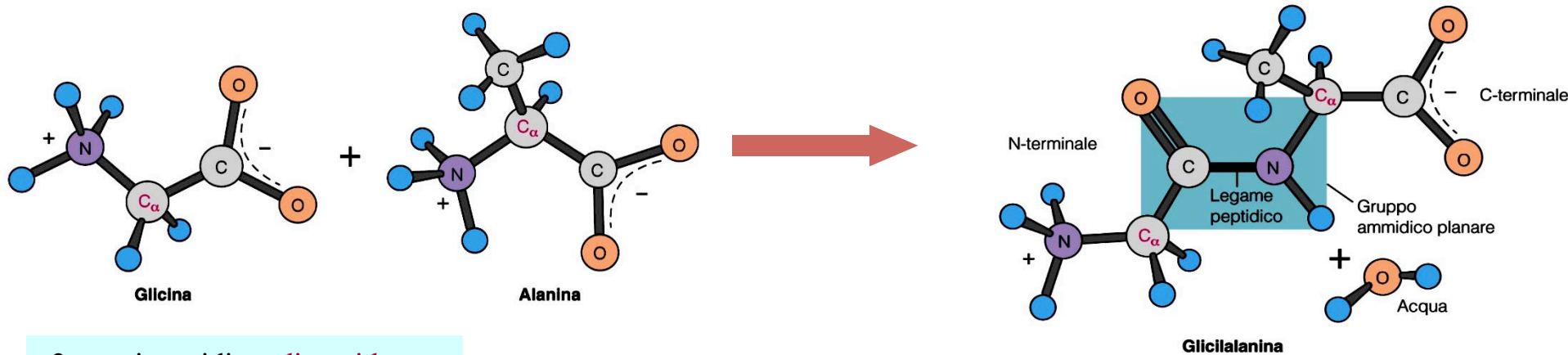
Amminoacidi essenziali
(non sono sintetizzati dall'organismo)



Isoleucina – Leucina – Lisina
Metionina – Fenilalanina – Treonina
Triptofano - Valina

PEPTIDI E PROTEINE

Quando un amminoacido si lega con il suo gruppo α -carbossilico al gruppo α -amminico di un altro amminoacido si forma un **legame peptidico** con eliminazione di una molecola d'acqua.



2 amminoacidi \rightarrow **dipeptide**
3 amminoacidi \rightarrow **tripeptide**
4 amminoacidi \rightarrow **tetrapeptide**
e così via.

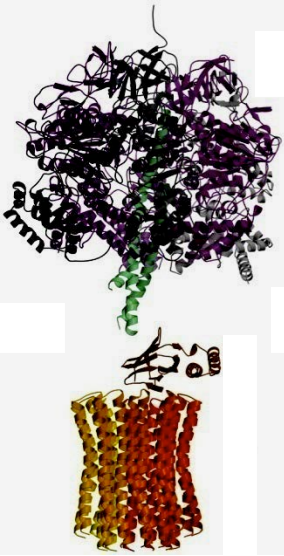
Sono chiamati **oligopeptidi** le catene formate da pochi (10-20) residui amminoacidici.

Un **polipeptide** è formato invece da 20-100 residui amminoacidici.

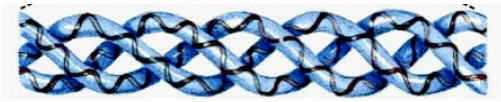
Una catena formata dall'unione di molti amminoacidi (più di 100) prende il nome di **proteina**.

I polipeptidi, e i peptidi in genere, presentano ad una estremità della catena un gruppo amminico libero (**estremità amminoterminale** o **N-terminale**) che identifica l'inizio della catena, e all'altra estremità un gruppo carbossilico libero (**estremità carbossiterminale** o **C-terminale**) che identifica la fine della catena.

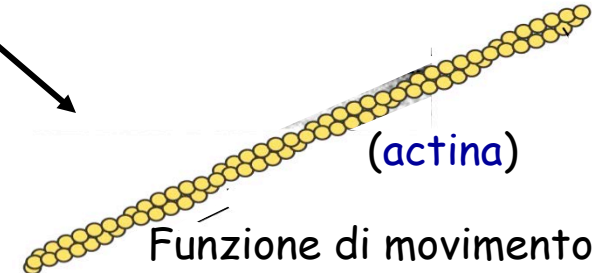
FUNZIONE DELLE PROTEINE



Funzione enzimatica
(ATP sintetasi)



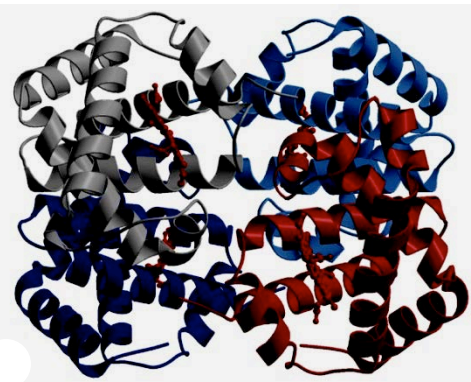
Funzione strutturale
(collagene)



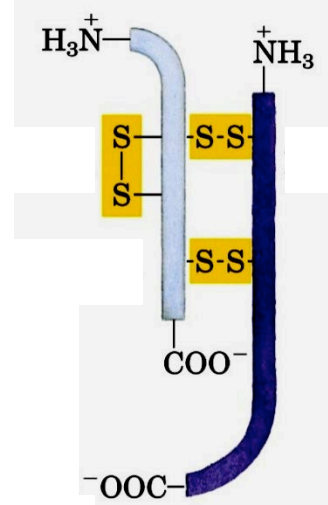
Funzione di movimento
(actina)



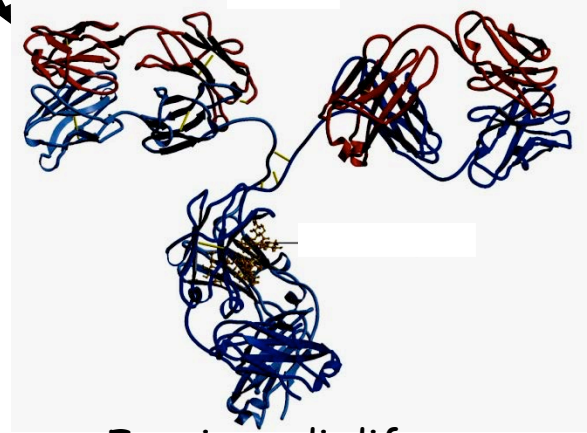
(miosina)



Funzione di trasporto
(emoglobina)

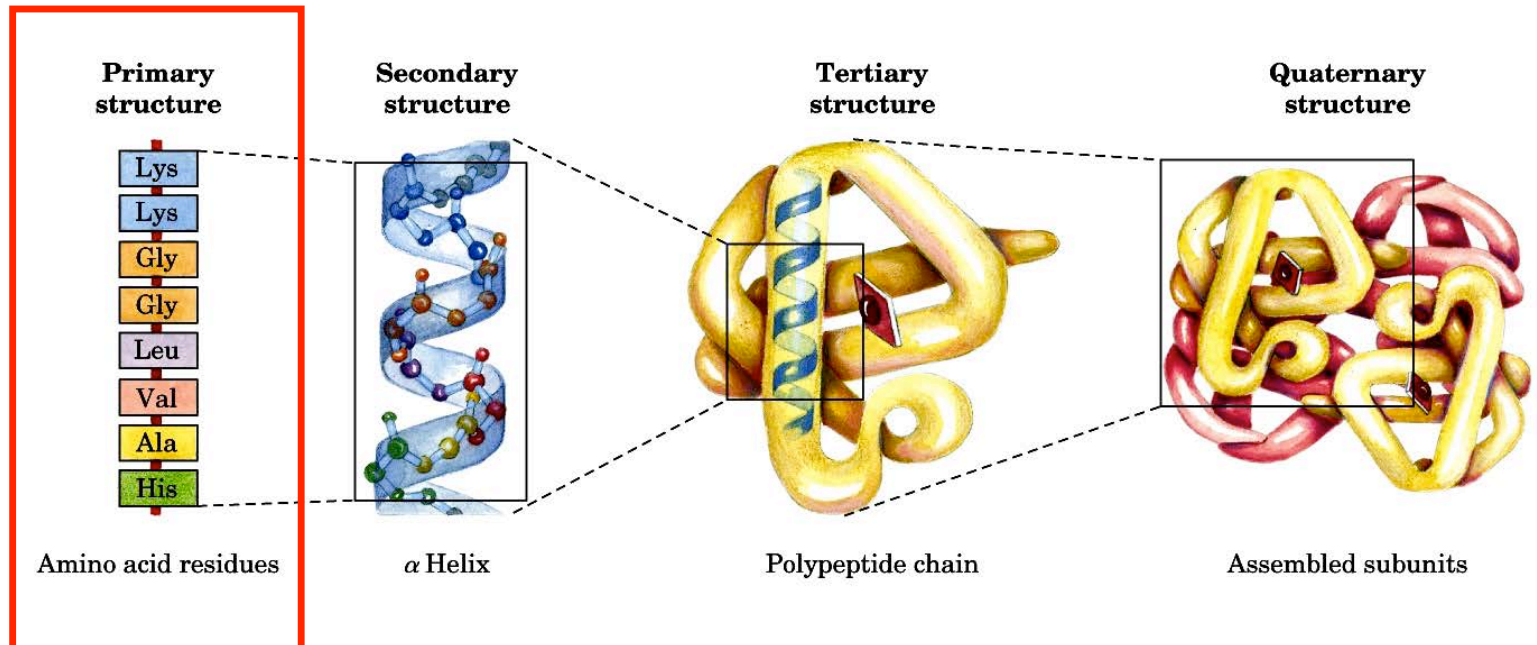


Funzione ormonale
(insulina)



Funzione di difesa
(immunoglobuline)

I livelli di struttura delle proteine



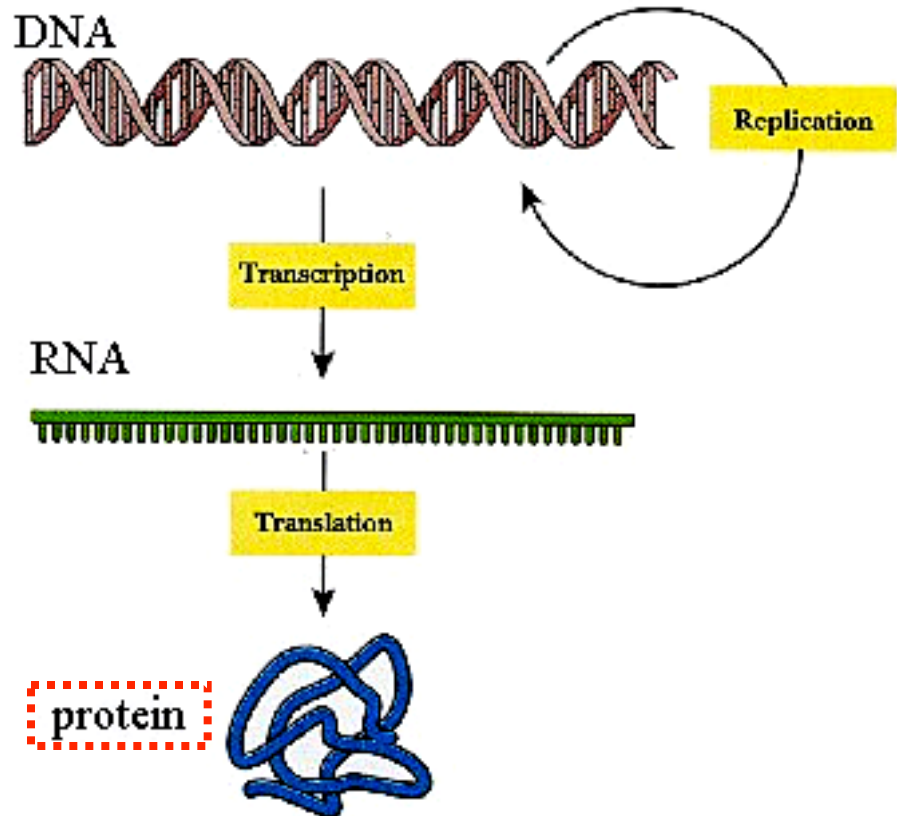
STRUTTURA PRIMARIA
ORDINE CON CUI GLI
AMMINOACIDI SI
SUSSEGUONO NELLA
CATENA POLIPEPTIDICA
UNITI TRA LORO
COVALENTEMENTE DA
LEGAMI PEPTIDICI

Struttura primaria

L'ordine con cui gli amminoacidi si susseguono nella catena non è casuale, ma è rigorosamente immutabile per ogni particolare proteina di un organismo

Ogni proteina ha in ogni individuo appartenente alla stessa specie sempre la stessa composizione in amminoacidi, legati l'uno all'altro sempre con lo stesso ordine. E' possibile una certa flessibilità per circa il 20-30% delle proteine dell'uomo (polimorfismo)

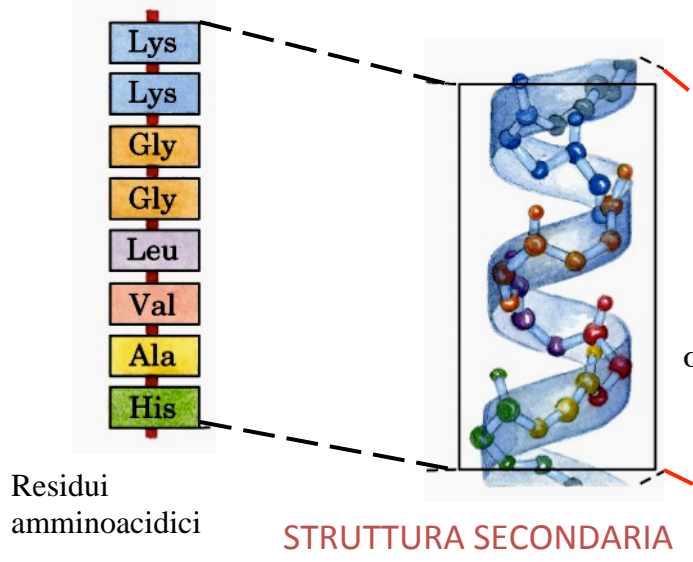
Il dogma centrale della genetica



I QUATTRO LIVELLI DI ORGANIZZAZIONE DELLA STRUTTURA PROTEICA

Si definisce **STRUTTURA PRIMARIA** di una proteina la sequenza lineare (l'ordine) in cui gli amminoacidi sono legati a formare la catena polipeptidica.
STRUTTURA PRIMARIA

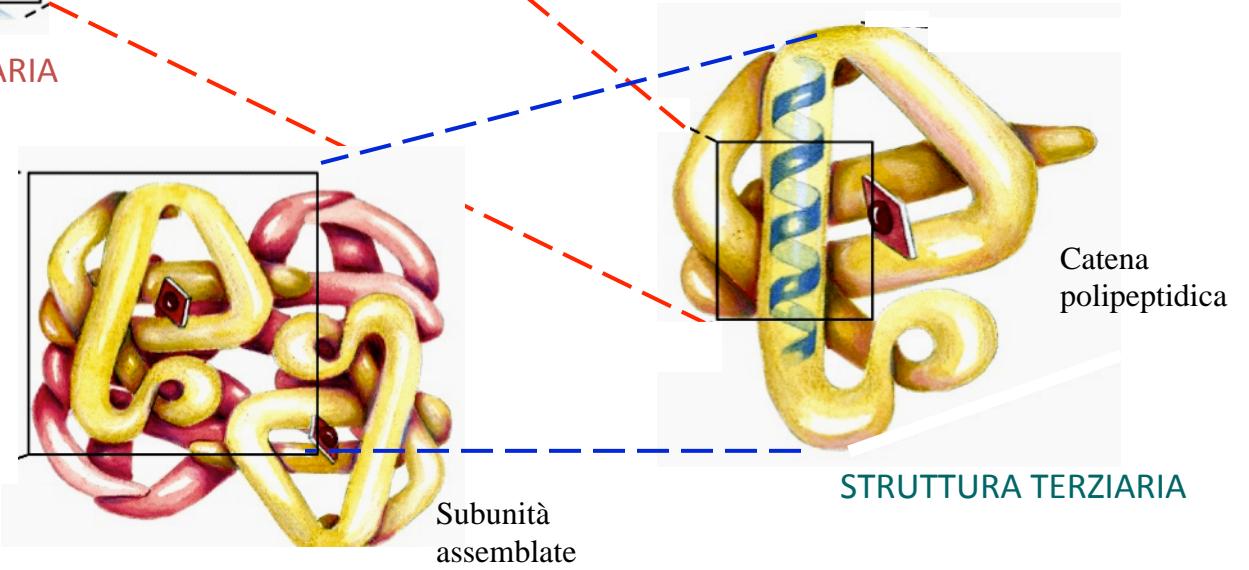
La struttura primaria rappresenta il primo livello di organizzazione di una proteina, ciò nondimeno è importantissima in quanto da essa derivano i livelli di organizzazione superiori che determinano la struttura tridimensionale, spaziale della molecola proteica e quindi la sua funzione.



Per **STRUTTURA SECONDARIA** di una proteina si deve intendere il ripiegamento regolare localizzato (struttura tridimensionale a breve raggio) della catena polipeptidica nello spazio.

Per **STRUTTURA TERZIARIA** di una proteina si deve intendere invece, la forma compatta, tridimensionale che assume tutta la la catena polipeptidica (struttura tridimensionale a lungo raggio).

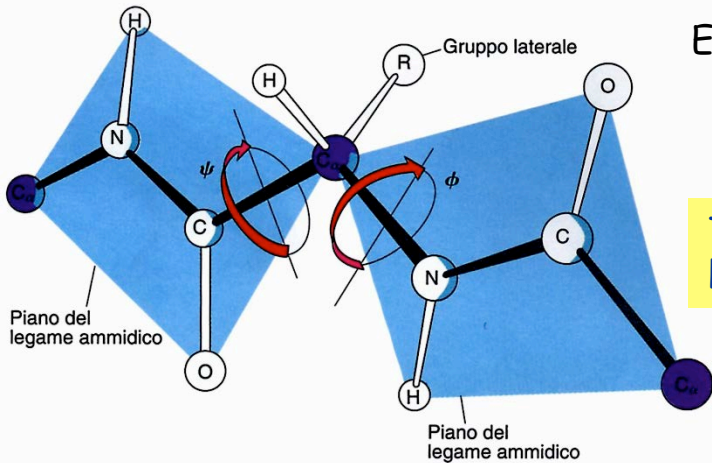
Quando invece più catene polipeptidiche sono unite tra loro a formare una struttura compatta, tridimensionale più grande si deve parlare di **STRUTTURA QUATERNARIA**. Le catene polipeptidiche sono chiamate in questo caso subunità.



STRUTTURA QUATERNARIA

STRUTTURA SECONDARIA

Sono possibili soltanto le rotazioni attorno ai legami adiacenti al carbonio α



E' possibile inoltre la formazione di legami H tra gli idrogeni del gruppo ammidico e l'ossigeno del gruppo carbonilico. Questi legami possono essere intracatena o intercatena.

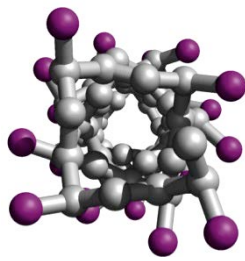
Tali caratteristiche possono dar luogo nello spazio, alla formazione lungo la catena polipeptidica di determinate strutture regolari.

Nella struttura secondaria ad α -elica, abbiamo un'elica destrorsa e i legami H si trovano all'interno della catena polipeptidica.

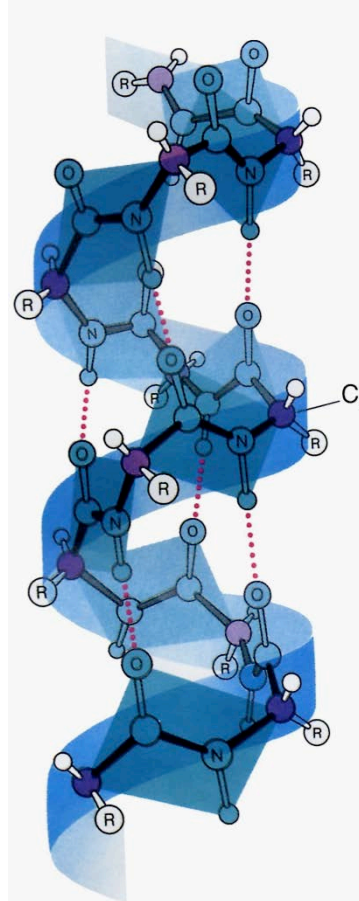
Inoltre, i legami H si susseguono lungo l'elica in maniera tale che un aminoacido forma un legame H con il quarto successivo residuo aminoacidico.

Ogni giro dell'elica contiene 3,6 residui aminoacidici.

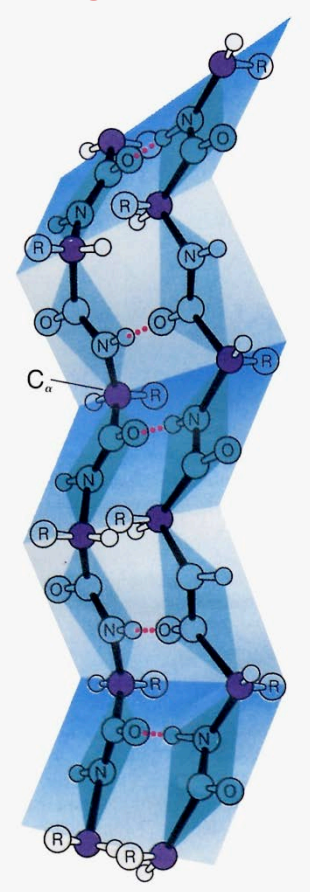
I **gruppi R** sporgono all'esterno dell'elica.



α -elica



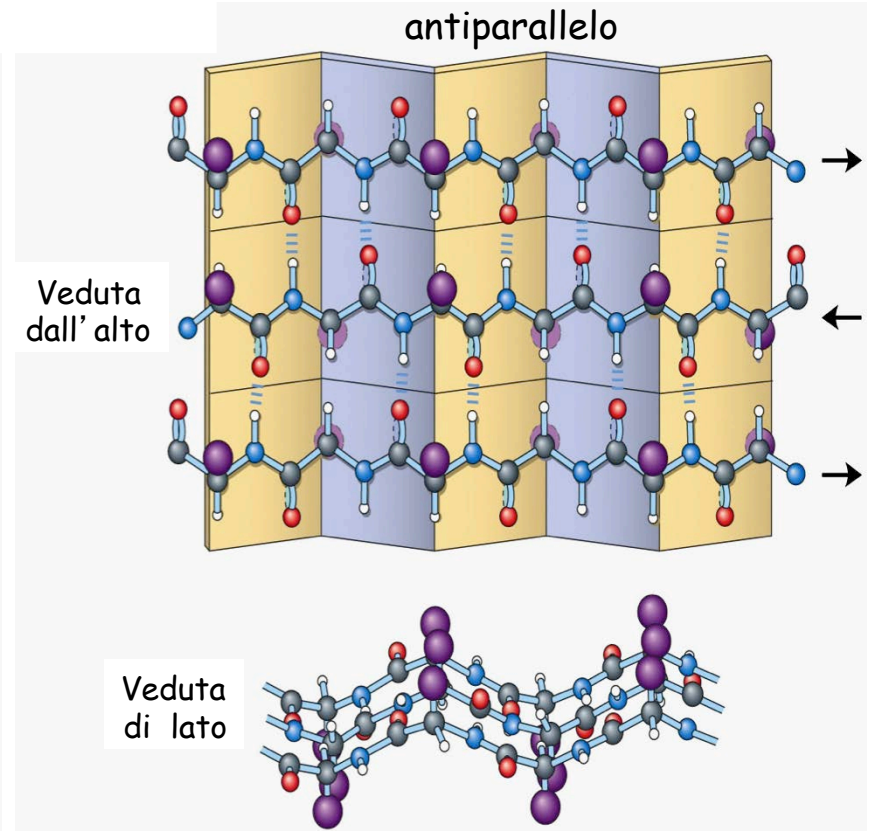
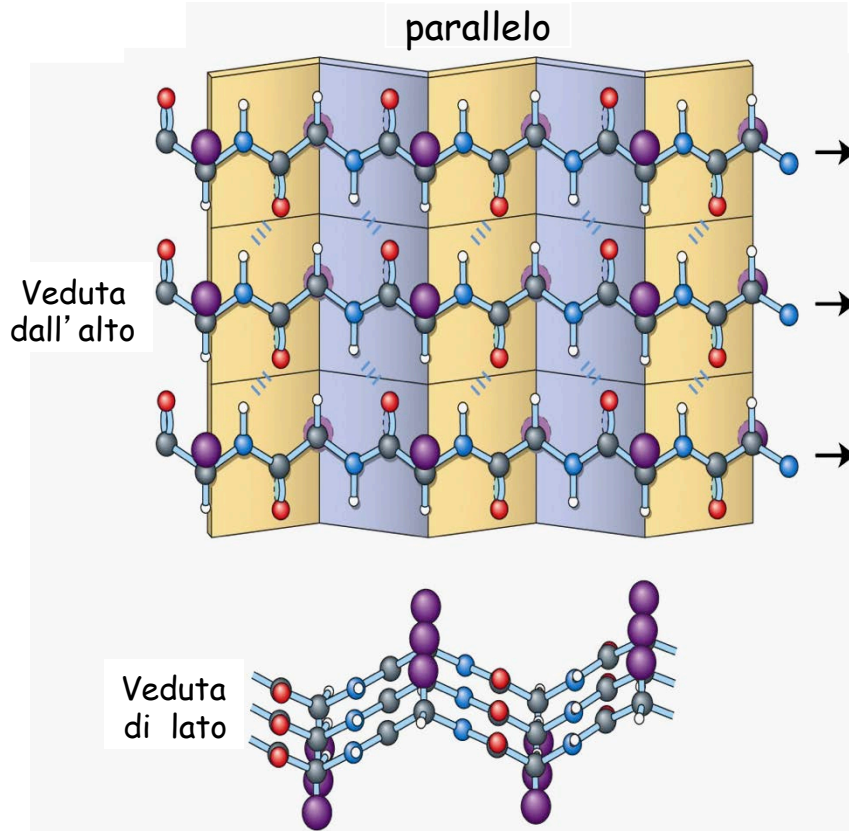
foglietto β



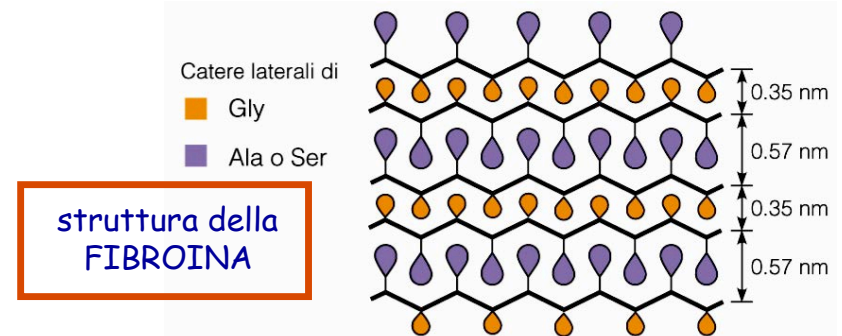
Nella struttura secondaria a foglietto β , legami H sono formati tra residui amino-acidici di catene polipeptidiche adiacenti. I gruppi R sono posti in maniera alternata sopra e sotto il piano del foglio.

La struttura secondaria a foglietto β può presentarsi in due modi:

1. le catene polipeptidiche possono disporsi parallelamente con lo stesso orientamento N-terminale \rightarrow C-terminale (**foglietto β parallelo**).
2. le catene si dispongono in modo antiparallelo (**foglietto β antiparallelo**).



Esempio di proteina a foglietto β : la **fibroina**. Essa costituisce le fibre filate dei bachi da seta e dei ragni. E' formata da lunghe sequenze a foglietto β antiparallelo che decorrono parallele all'asse della fibra. La metà degli amminoacidi è costituita dall'amminoacido **glicina** che si intercala con la **serina** o con l'**alanina**. Questa particolare sequenza rende la fibra compatta e forte, inestensibile e allo stesso tempo flessibile.



Le proteine, in base alla loro forma, possono essere distinte in :

PROTEINE FIBROSE - PROTEINE GLOBULARI

Le proteine **fibrose** presentano una struttura filamentosa, e rivestono **un ruolo strutturale in cellule e tessuti animali**. Esse comprendono infatti le più importanti proteine della pelle e del tessuto connettivo e quelle di fibre animali come peli, lana e seta. Tra le proteine fibrose abbiamo le **α -cheratine**, principali costituenti dei capelli e delle unghie e in buona misura anche della pelle.

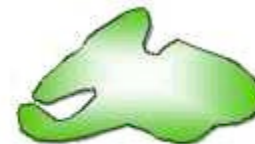
Proteine fibrose :

- insolubili in acqua
- forma presente nel tessuto connettivo
seta , collagene , α - cheratine

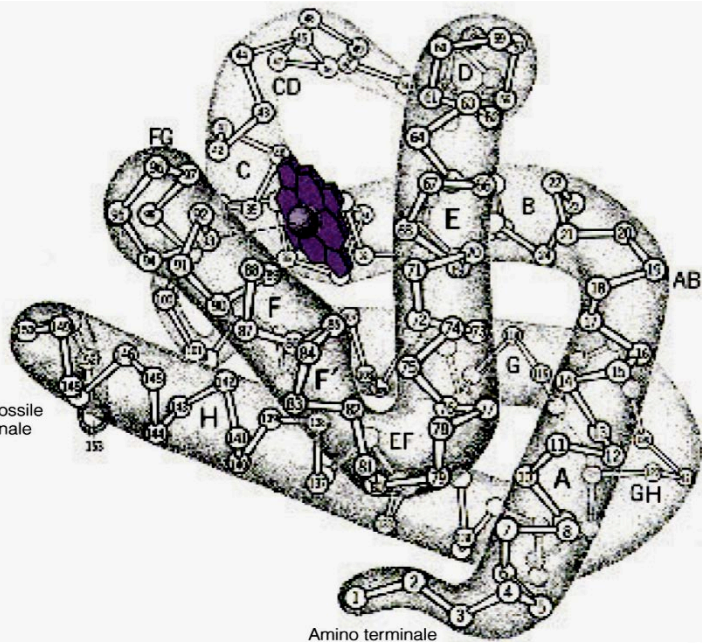


Proteine globulari :

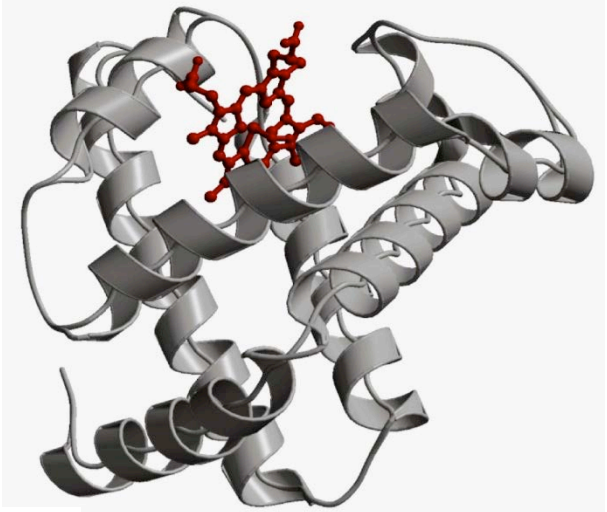
- solubili in acqua
- forma presente nelle proteine cellulari
- struttura tridimensionale (terziaria)



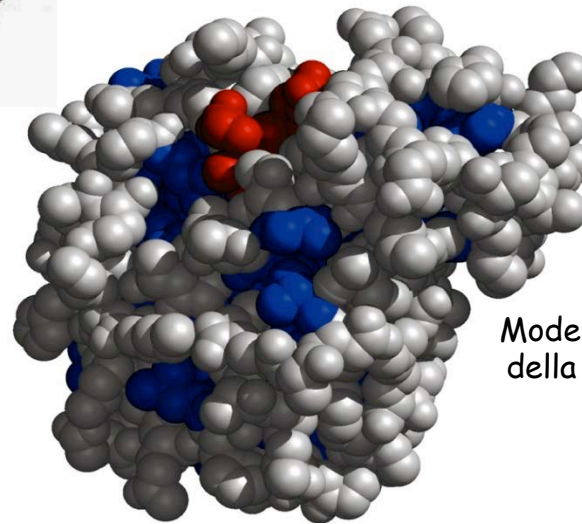
La maggior parte del lavoro chimico di una cellula (sintesi, trasporto, metabolismo), avviene grazie all'azione delle **PROTEINE GLOBULARI**. Le proteine globulari si differenziano da quelle fibrose in quanto presentano un 3° livello di organizzazione strutturale (**struttura terziaria**) che conferisce alla molecola proteica una ben definita e compatta forma tridimensionale.



RIPIEGAMENTO TRIDIMENSIONALE DELLA PROTEINA **MIOGLOBINA**



Scheletro della **mioglobina** in forma di nastro, un sistema utile ad evidenziare le regioni con struttura secondaria



Modello spaziale della **mioglobina**

La **mioglobina** è una proteina che si trova nel tessuto muscolare di molti animali. Essa è utilizzata per immagazzinare O_2 ; tale funzione è svolta in quanto una parte non proteica della molecola, l'**eme**, è in grado di legare con alta affinità l'ossigeno e conservarlo fino a quando sarà utilizzato a livello cellulare. La mioglobina è costituita da una sola catena polipeptidica che si ripiega più volte nello spazio e in essa sono presenti varie zone ad α -elica (A - H).

Table 3.6

Examples of globular and fibrous proteins

Type of Protein

Function

Globular Proteins

Hemoglobin

Transport (oxygen transport)

Myoglobin

Storage (oxygen storage)

Ribonuclease

Enzyme (RNA hydrolysis)

Lysozyme

Enzyme (bacterial wall hydrolysis)

Cytochrome *c*

Electron transport

Immunoglobulin

Defense (antibody)

Actin

Movement (muscle protein)

Fibrous Proteins

Collagen

Structural protein

Keratin

Structural protein

Myosin

Movement (muscle protein)

Elastin

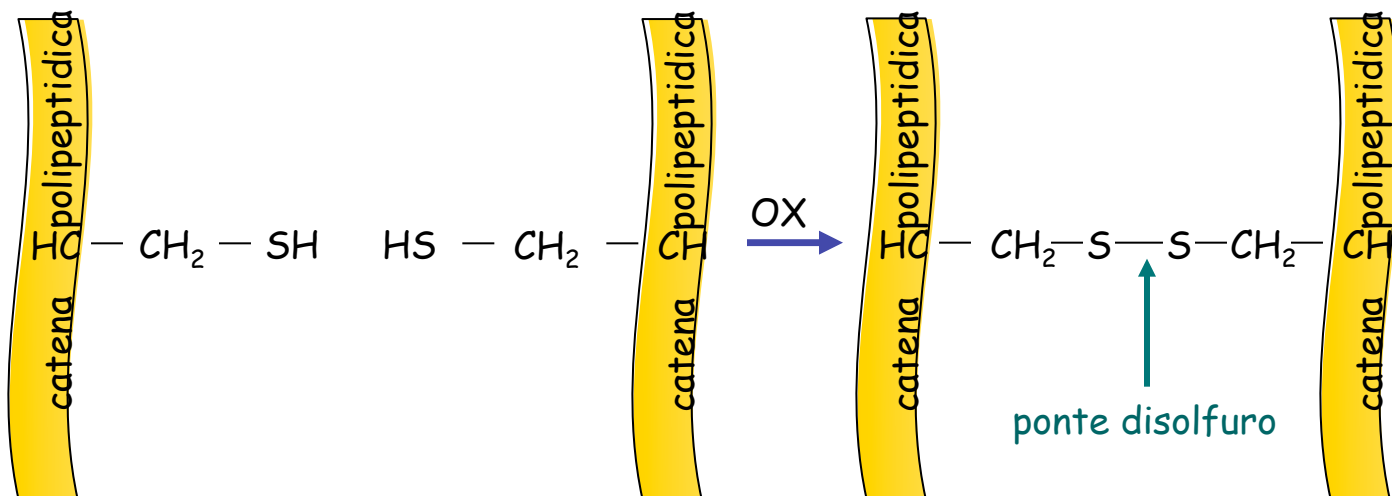
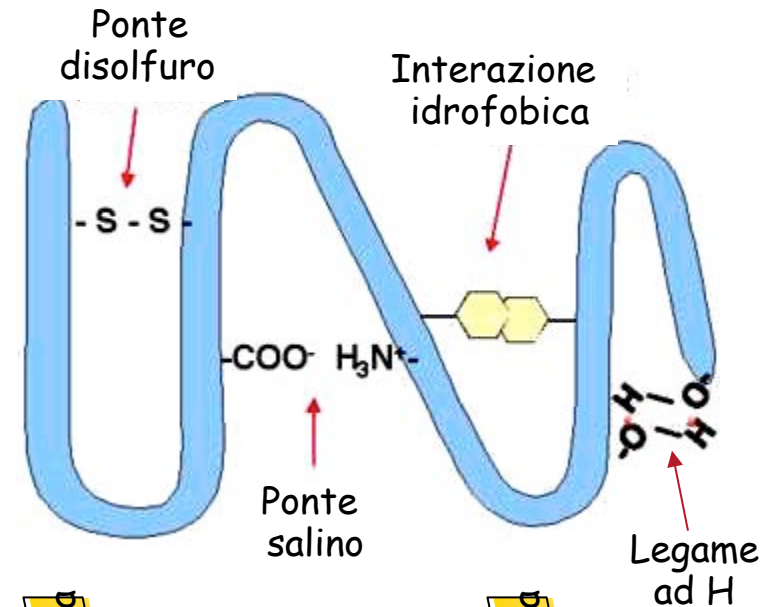
Elasticity

FORZE CHE STABILIZZANO LA STRUTTURA TERZIARIA DELLE PROTEINE

La forma compatta di una proteina globulare (**forma nativa**) è essenziale per la funzione che tale proteina deve svolgere; pertanto la sua struttura tridimensionale è mantenuta inalterata da tutta una serie di forze che obbligano la catena polipeptidica a conservare quella forma nello spazio.

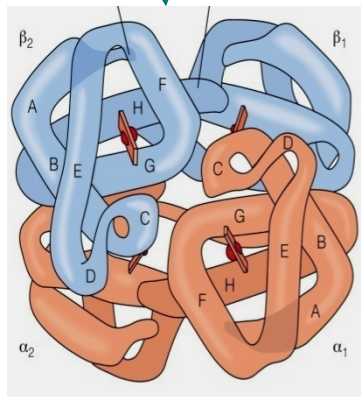
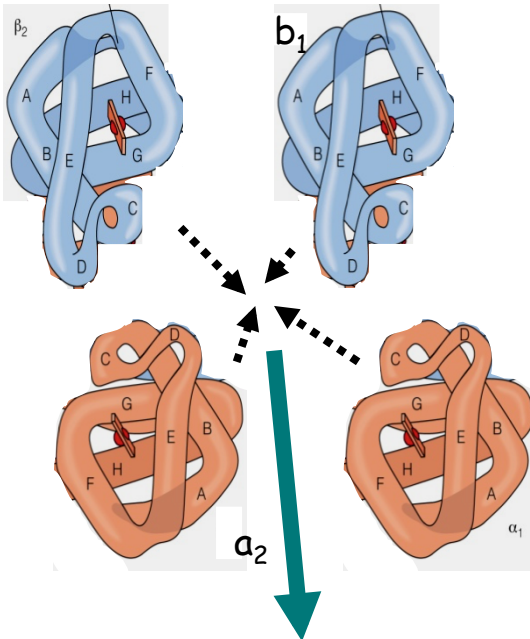
Tali forze sono :

- **Interazioni di Van der Waals**
- **Ponti salini** (attrazione elettrostatica tra cariche opposte appartenenti alle catene laterali dei residui amminoacidici)
- **Legami ad H intramolecolari**
- **Interazioni idrofobiche**
- **Ponti disolfuro** (legami covalenti che si stabiliscono tra due residui di cisteina)

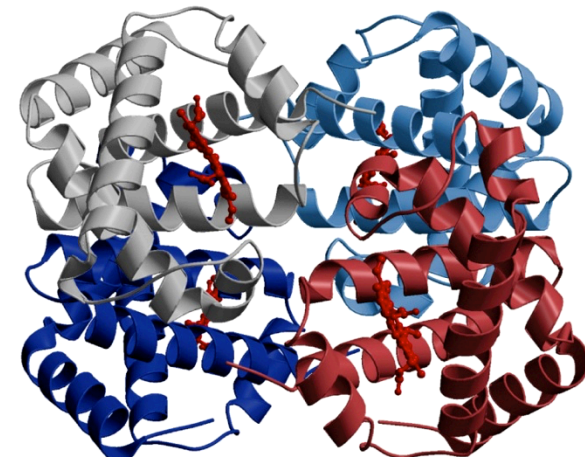


Struttura quaternaria delle proteine

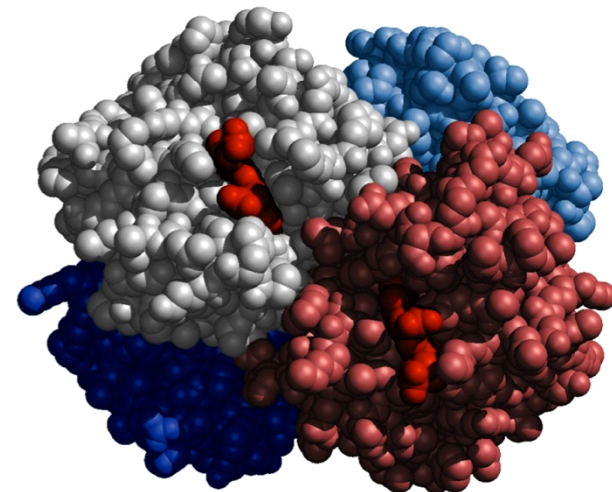
Due o più catene polipeptidiche possono unirsi tra loro formando una **proteina multimerica**, in questo caso si origina un 4° livello di organizzazione strutturale (struttura quaternaria). Le catene polipeptidiche che formano la proteina sono chiamate **subunità** e sono tenute insieme dalle stesse forze che stabilizzano la struttura terziaria.



emoglobina

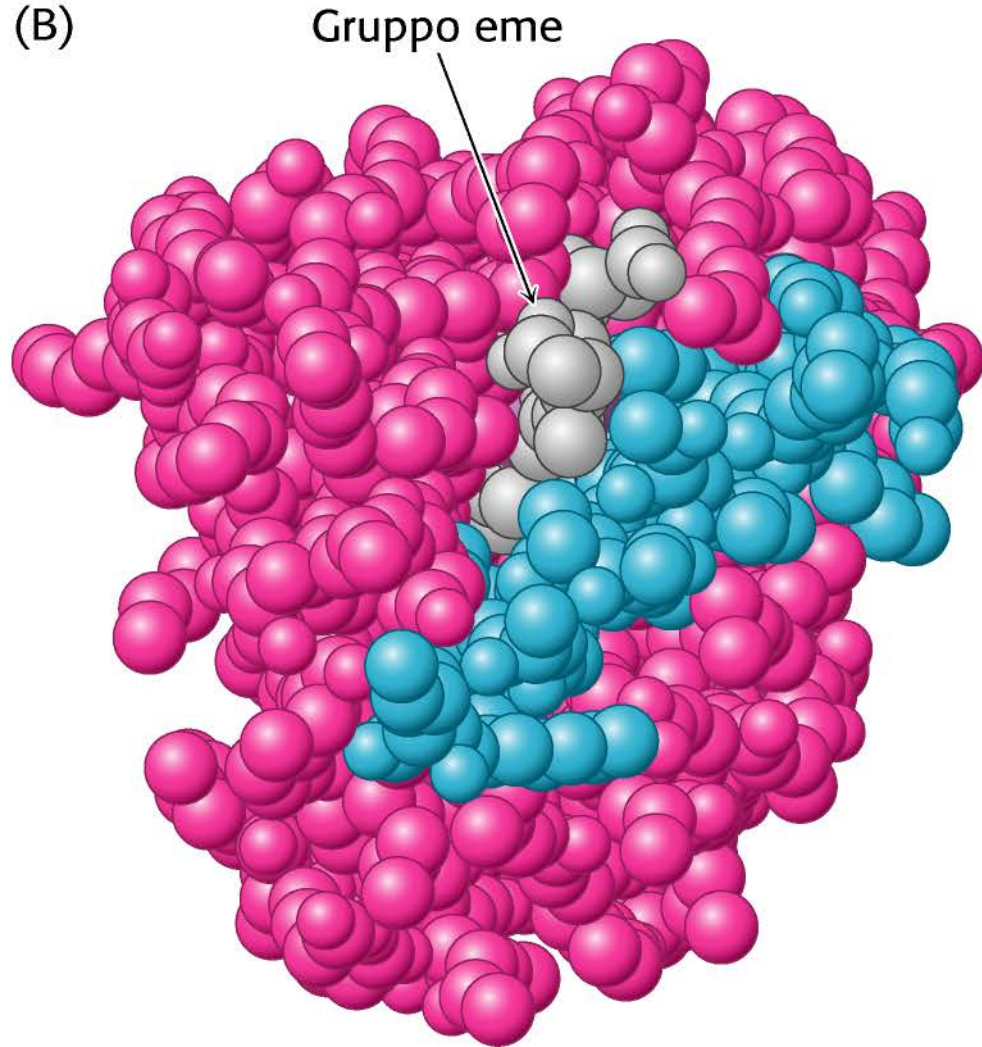
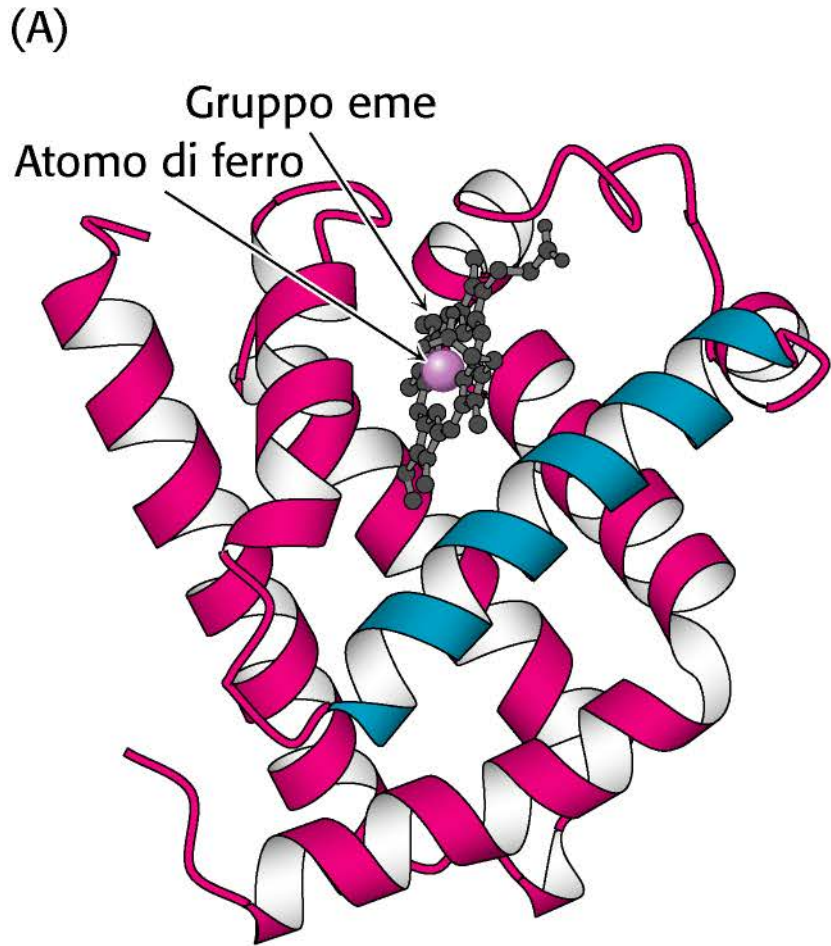


Scheletro a nastro della deossiemoglobina

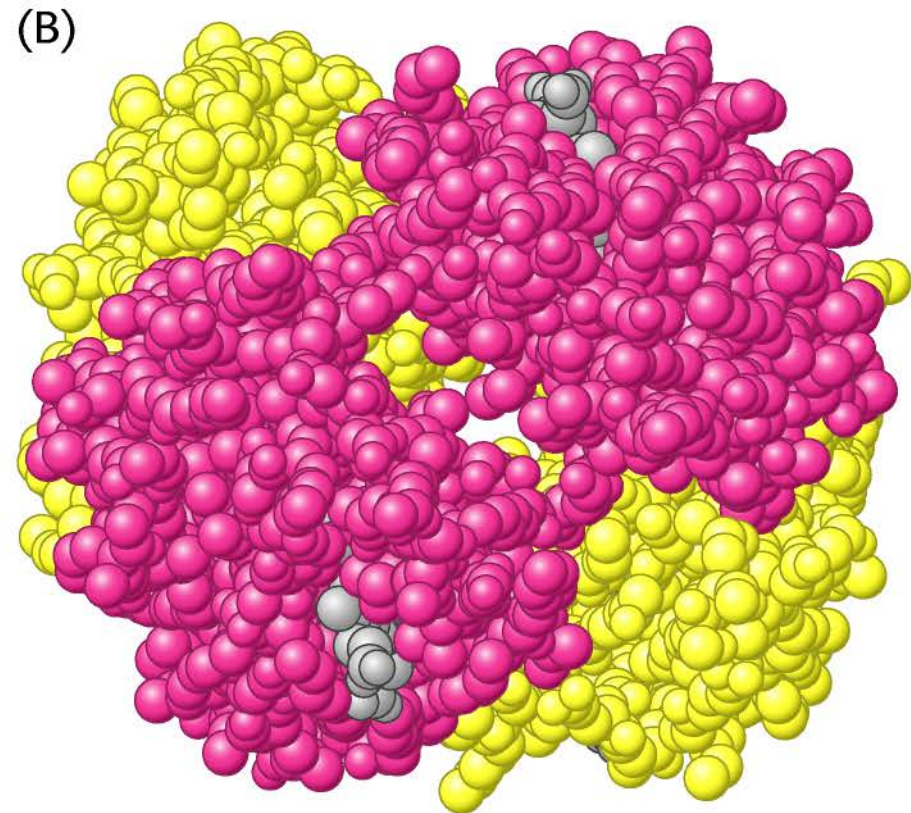
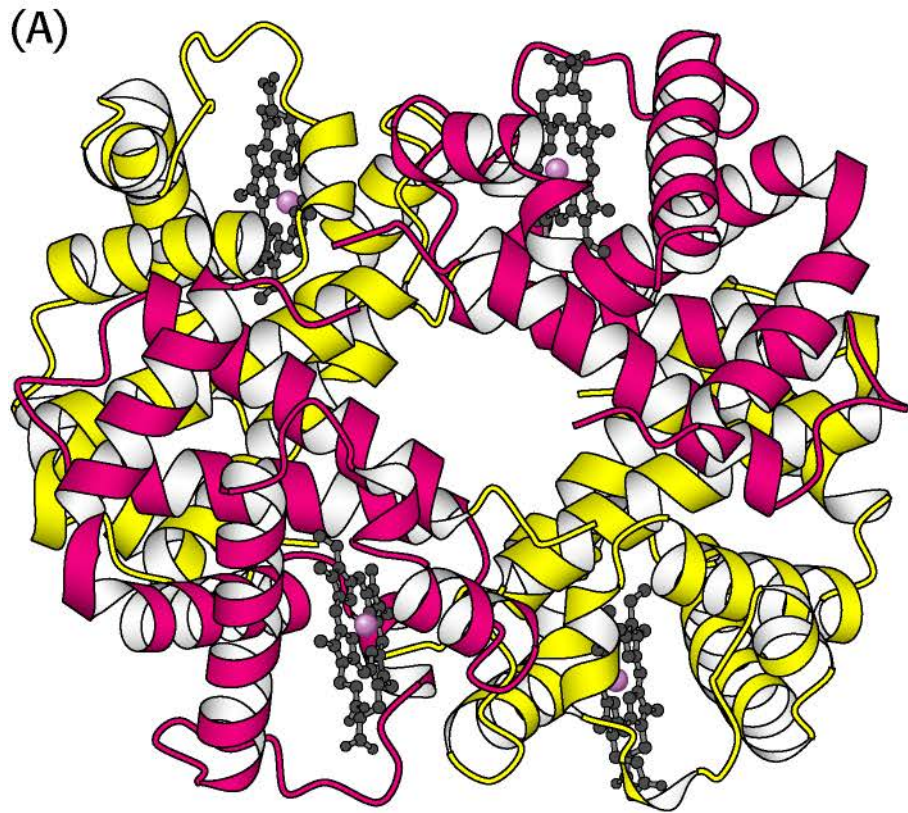


Modello spaziale della deossiemoglobina

Mioglobina



Emoglobina



I peptidi ed i polipeptidi biologicamente attivi hanno dimensioni molto variabili (diverso numero di aminoacidi, diversa composizione, diversa sequenza)
es.

- Ossitocina (9 aa)
- Glucagone (29 aa)
- Titina (~27000 aa)

Molecular Data on Some Proteins

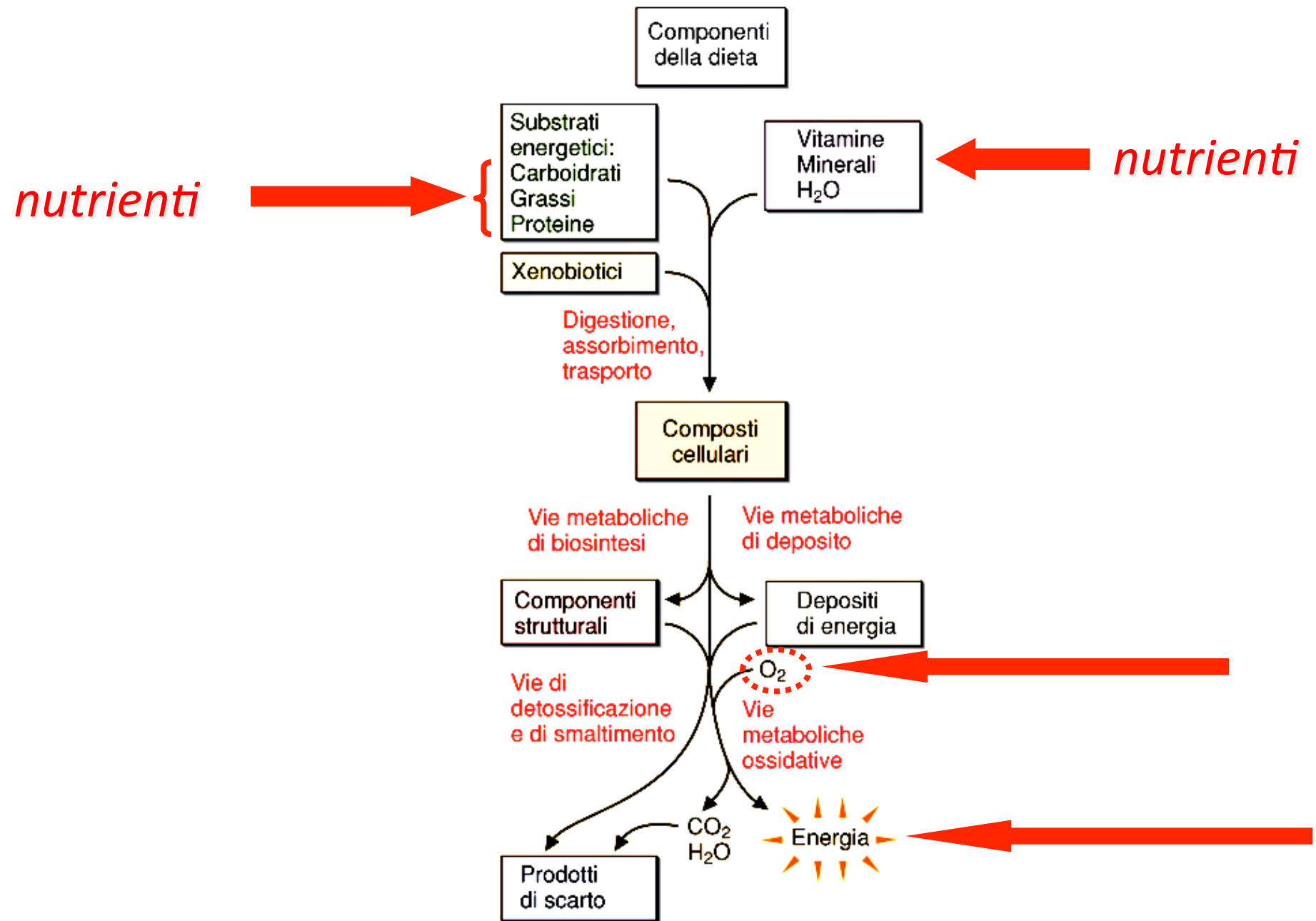
| | Molecular weight | Number of residues | Number of polypeptide chains |
|---|------------------|--------------------|------------------------------|
| Cytochrome <i>c</i> (human) | 13,000 | 104 | 1 |
| Ribonuclease A (bovine pancreas) | 13,700 | 124 | 1 |
| Lysozyme (egg white) | 13,930 | 129 | 1 |
| Myoglobin (equine heart) | 16,890 | 153 | 1 |
| Chymotrypsin (bovine pancreas) | 21,600 | 241 | 3 |
| Chymotrypsinogen (bovine) | 22,000 | 245 | 1 |
| Hemoglobin (human) | 64,500 | 574 | 4 |
| Serum albumin (human) | 68,500 | 609 | 1 |
| Hexokinase (yeast) | 102,000 | 972 | 2 |
| RNA polymerase (<i>E. coli</i>) | 450,000 | 4,158 | 5 |
| Apolipoprotein B (human) | 513,000 | 4,536 | 1 |
| Glutamine synthetase (<i>E. coli</i>) | 619,000 | 5,628 | 12 |
| Titin (human) | 2,993,000 | 26,926 | 1 |

Amino Acid Composition of Two Proteins*

| Amino acid | Number of residues per molecule of protein | |
|------------|--|-------------------------|
| | Bovine cytochrome <i>c</i> | Bovine chymotrypsinogen |
| Ala | 6 | 22 |
| Arg | 2 | 4 |
| Asn | 5 | 15 |
| Asp | 3 | 8 |
| Cys | 2 | 10 |
| Gln | 3 | 10 |
| Glu | 9 | 5 |
| Gly | 14 | 23 |
| His | 3 | 2 |
| Ile | 6 | 10 |
| Leu | 6 | 19 |
| Lys | 18 | 14 |
| Met | 2 | 2 |
| Phe | 4 | 6 |
| Pro | 4 | 9 |
| Ser | 1 | 28 |
| Thr | 8 | 23 |
| Trp | 1 | 8 |
| Tyr | 4 | 4 |
| Val | 3 | 23 |
| Total | 104 | 245 |

Conjugated Proteins

| Class | Prosthetic group(s) | Example |
|-----------------|-----------------------|---------------------------------|
| Lipoproteins | Lipids | β_1 -Lipoprotein of blood |
| Glycoproteins | Carbohydrates | Immunoglobulin G |
| Phosphoproteins | Phosphate groups | Casein of milk |
| Hemoproteins | Heme (iron porphyrin) | Hemoglobin |
| Flavoproteins | Flavin nucleotides | Succinate dehydrogenase |
| Metalloproteins | Iron | Ferritin |
| | Zinc | Alcohol dehydrogenase |
| | Calcium | Calmodulin |
| | Molybdenum | Dinitrogenase |
| | Copper | Plastocyanin |



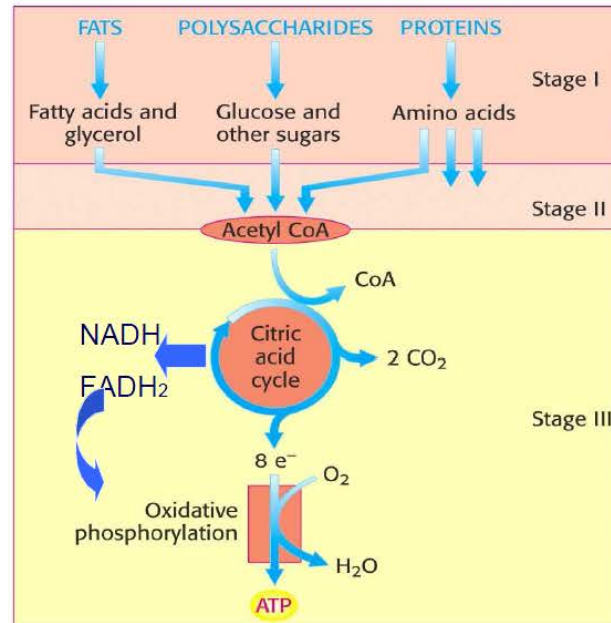
Se fossimo in grado di fornire a ciascuno la giusta dose di nutrimento ed esercizio fisico, né in difetto né in eccesso, avremmo trovato la strada per la salute.

Ippocrate (460-377 a.C.)



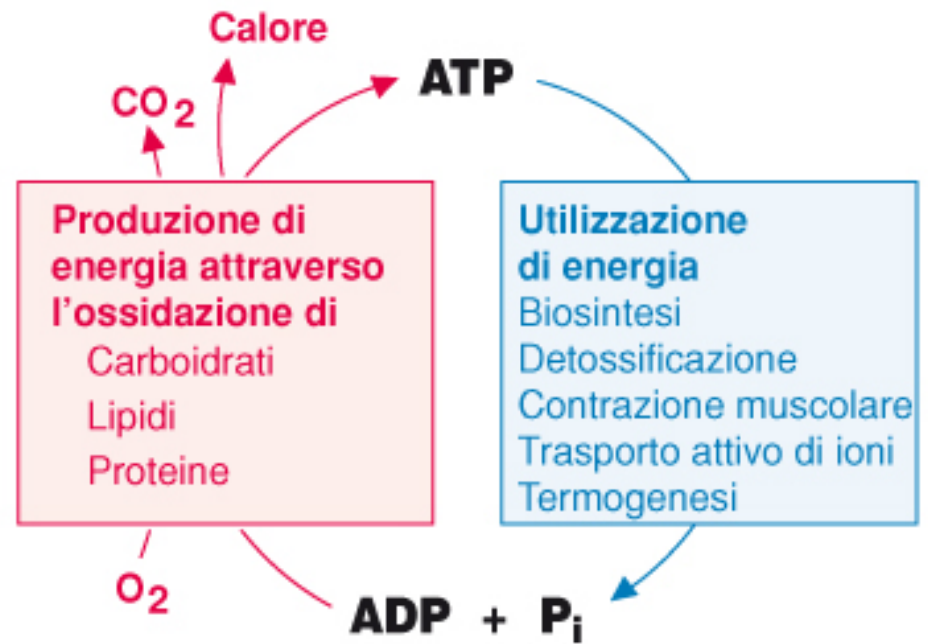
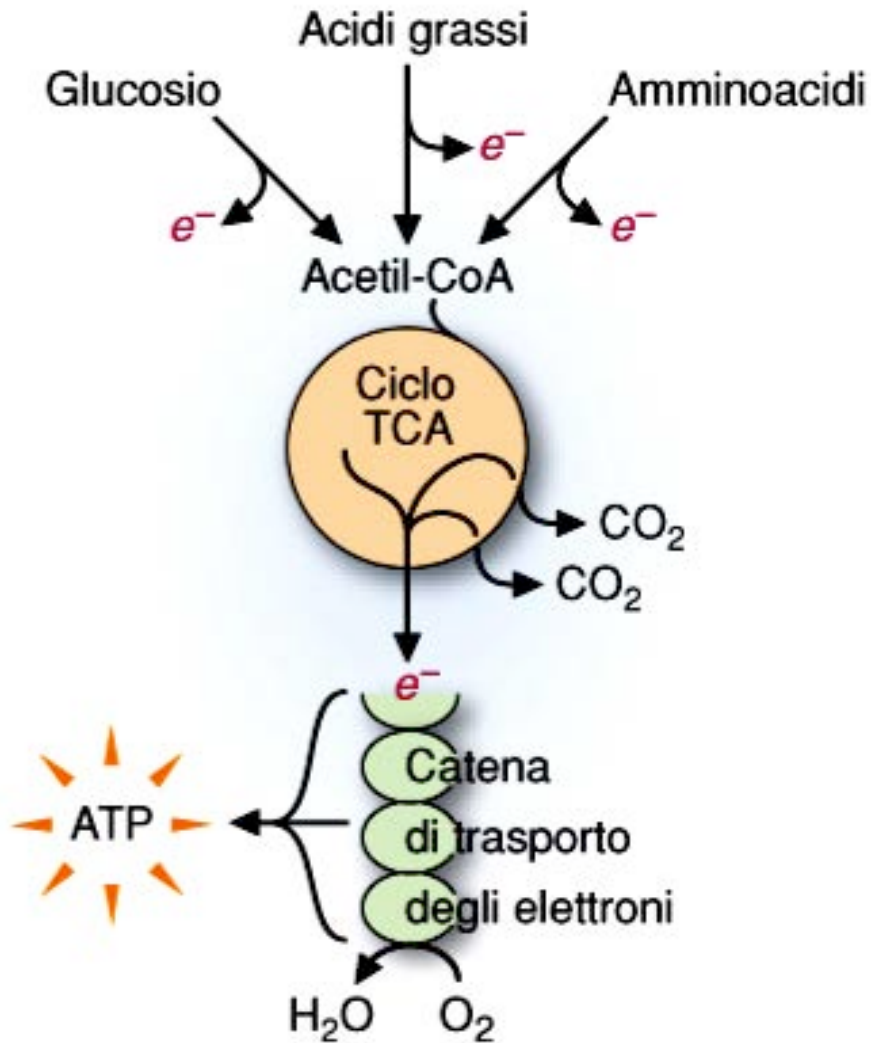
Si definiscono **nutrienti** quelle sostanze che sono in grado di esercitare una o più delle seguenti funzioni:

- fornire materiale energetico per la produzione di energia e di calore
(**glucidi, lipidi, proteine**)

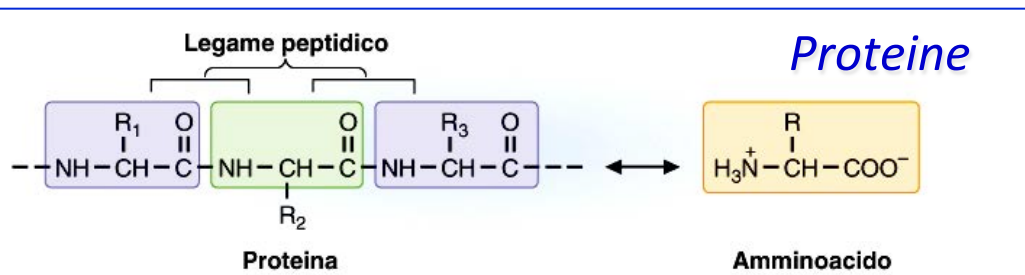
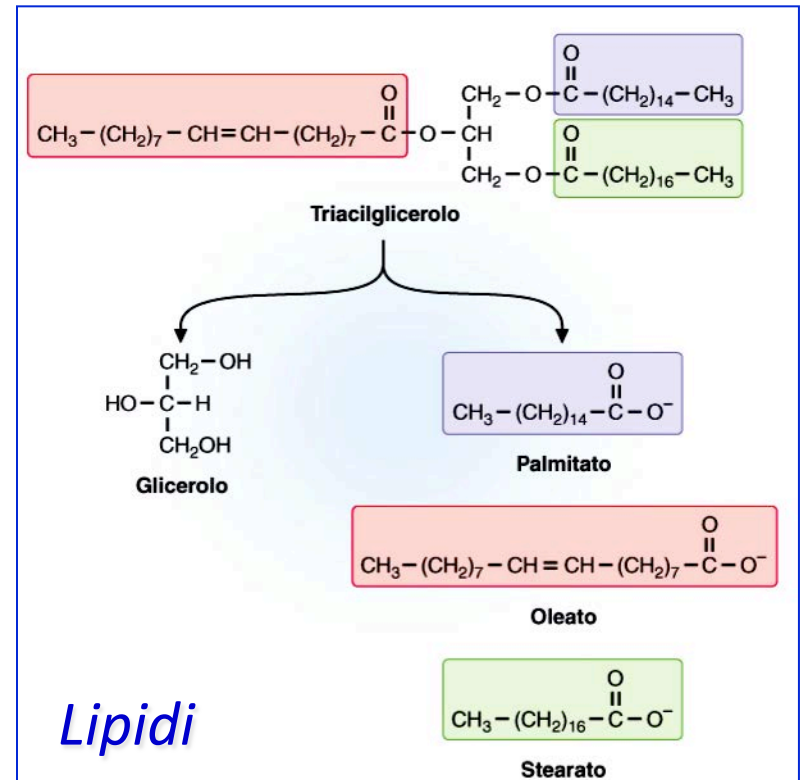
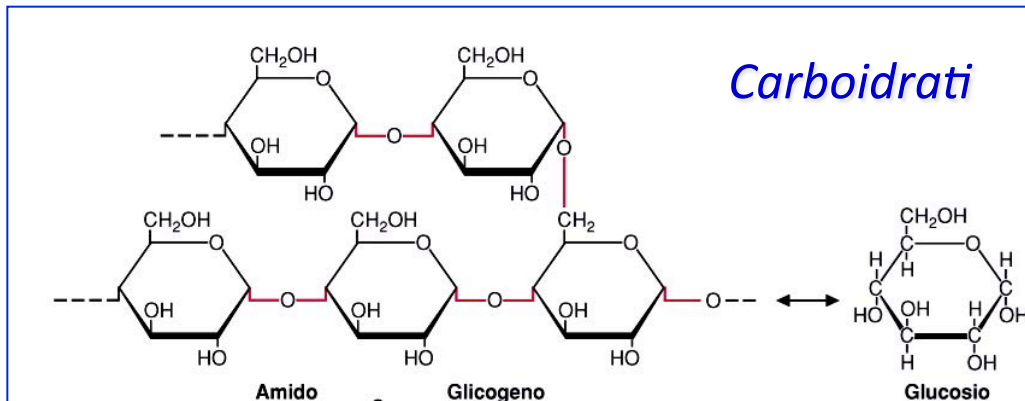


- fornire materiale plastico come precursori dei processi biosintetici per la crescita e la riparazione dei tessuti
(**principalmente proteine, acidi grassi essenziali, H₂O e minerali**)
- fornire materiale 'regolatore' essenziale per le reazioni metaboliche
(**minerali e vitamine**)

Bioenergetica



I principali composti energetici che introduciamo con la dieta



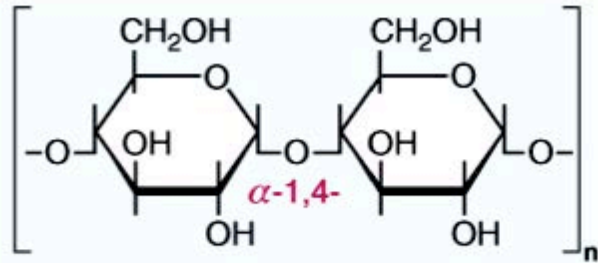
Contenuto energetico degli alimenti



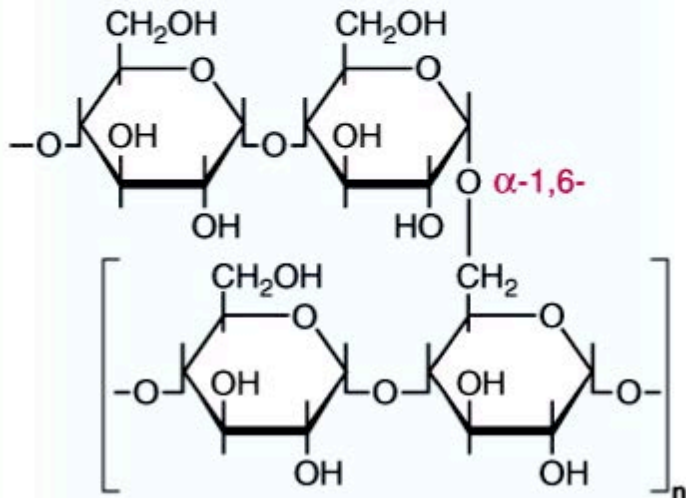
1 kcal = 4.184 kJoule

kcal/g

I più comuni carboidrati della dieta

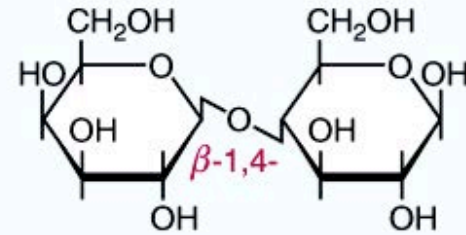


Amilosio



Amipectina

AMIDO

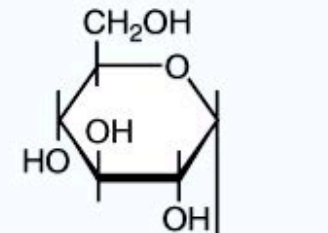


Galattosio

Glucosio

Lattosio

Glucosio



Fruttosio

Saccarosio

Eccesso di substrati energetici

*Fase di
alimentazione*



Riserve di energia:

Grassi
Glicogeno
Proteine



**I just can't understand
why I'm not losing
weight!**

Riserve di energia nell' organismo

Tabella 1.2 Composizione delle riserve energetiche di un uomo di circa 70 kg^a a digiuno

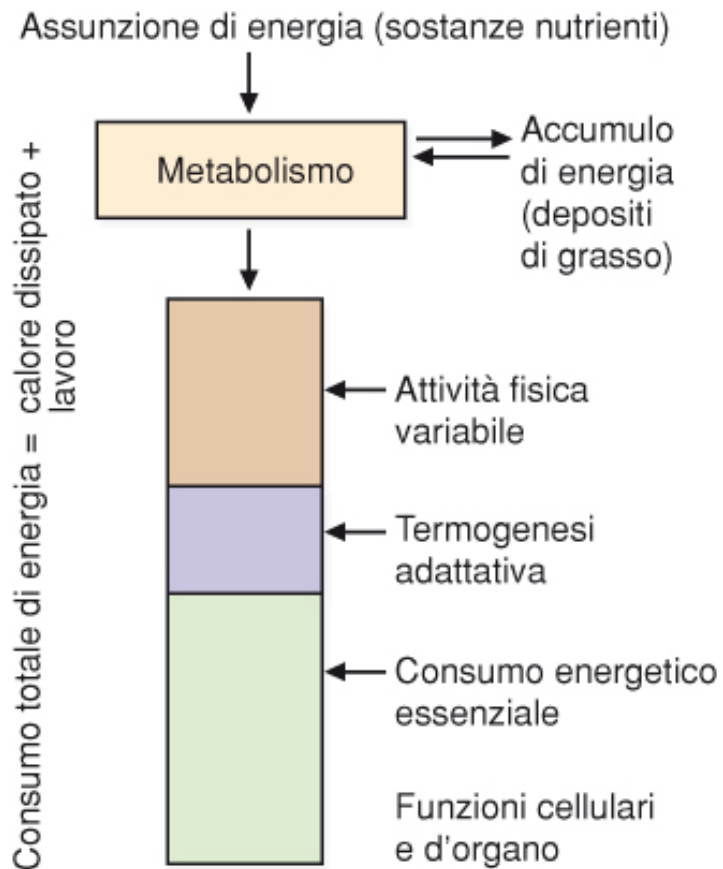
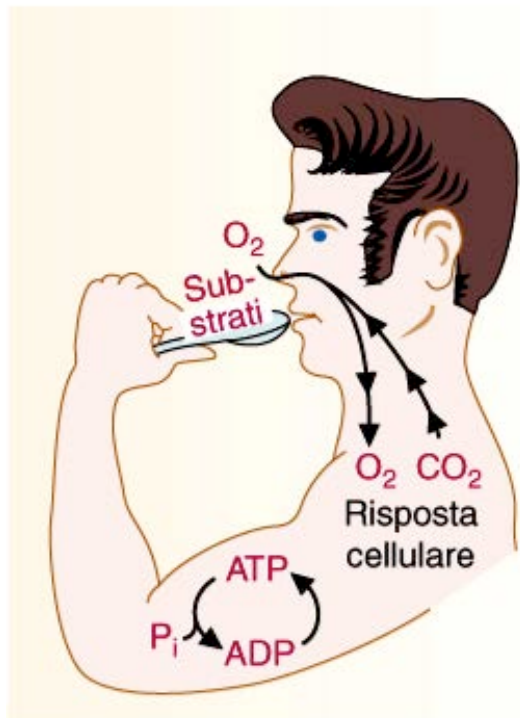
| Substrato energetico | Quantità (kg) | Percentuale sul totale delle calorie depositate |
|----------------------|---------------|---|
| Glicogeno | | |
| Muscolo | 0,15 | 0,4 |
| Fegato | 0,08 | 0,2 |
| Proteine | 6,0 | 14,4 |
| Trigliceridi | 15 | 85 |

^aIn genere, lo standard di riferimento usato dai biochimici e dai nutrizionisti è un uomo di 70 kg. Probabilmente è stato scelto questo standard poiché nella prima metà del XX secolo, quando furono condotti la maggior parte degli studi nutrizionali, come volontari per questi esperimenti si sottoponevano dei giovani studenti di medicina (che erano per lo più maschi).

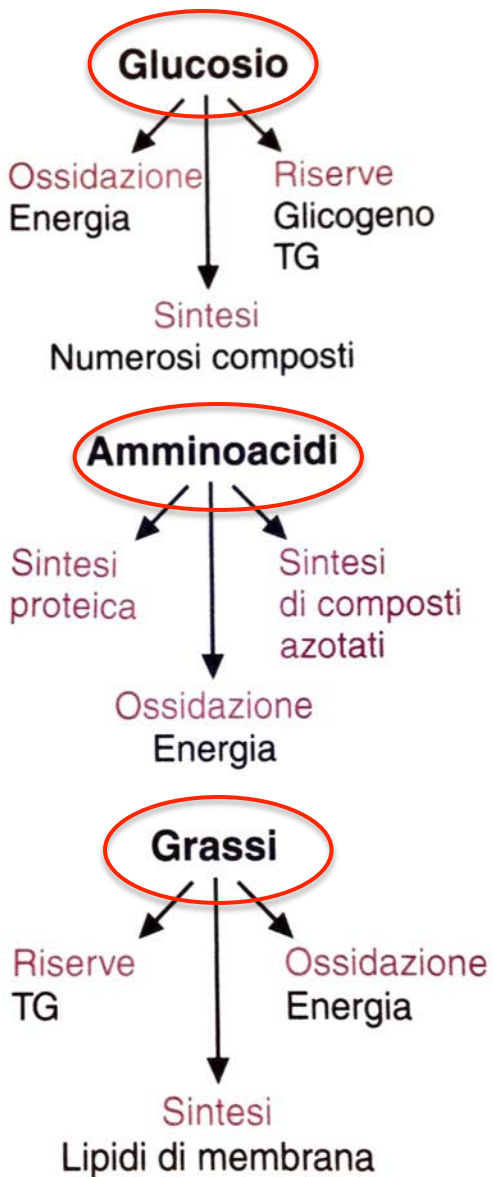
LE CELLULE HANNO BISOGNO DI ENERGIA PER.....

- **proliferazione e differenziamento cellulare durante lo sviluppo** (sintesi di nuove cellule)
- **proliferazione cellulare nell'adulto** (sintesi di nuove cellule per es. nell'intestino e cute)
- **trasporto attivo** attraverso le membrane di molecole e ioni
- **immagazzinamento delle riserve energetiche** da utilizzare nel digiuno (triacilgliceroli e glicogeno)
- **continuo ricambio e sintesi di proteine e membrane** tipico in tutte le cellule
- **contrazione muscolare**

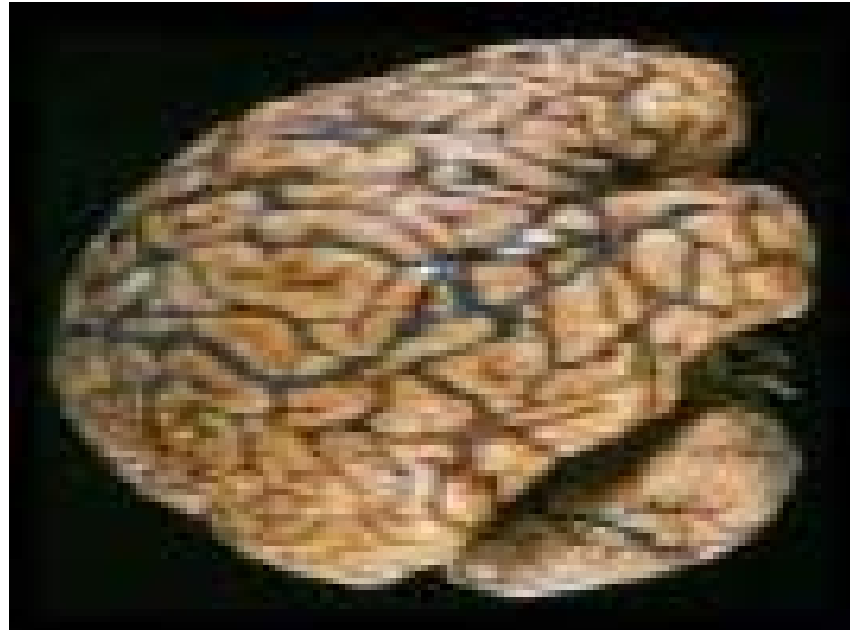
| Classe di Nutrienti | <i>Nutrienti Essenziali</i> |
|---------------------|--|
| Glucidi | Glucosio |
| Aminoacidi | <i>Leucina, Isoleucina, Lisina, Metionina, Fenilalanina, Istidina, Valina, Triptofano, Treonina</i> |
| Lipidi | <i>Acidi w-6 : acido linoleico, acido arachidonico Acidi w-3 : acido linolenico, gli eicosapentaenoici, l'acido docosaenoico</i> |
| Minerali | Calcio, Fosforo, Sodio, Potassio, Cloro, Magnesio, Ferro, Rame, Zinco, Cobalto, Manganese, Cromo, Molibdeno, Selenio, Iodio, Fluoro |
| Vitamine | <i>Liposolubili: Retinolo (Vit A), Calciferolo (Vit D), Naftochinone (Vit K), Tocoferolo (Vit E) Idrosolubili: Tiamina, Riboflavina, Piridossina, Niacina, Biotina, Acido folico, Acido pantotenico, Acido ascorbico, Cobalamina (Vit B12), colina</i> |



Principali destini dei substrati energetici nello stato di normale alimentazione



In alcuni tessuti ed in alcuni tipi di cellule, eritrociti, midollare del rene, cervello, spermatozoi e cellule della retina, la demolizione del glucosio attraverso la glicolisi è la sola o la principale fonte di energia metabolica



120 grammi di glucosio / giorno = 480 Kilocalorie

Livelli di glucosio ematico in un individuo normale

Digiuno (dopo la notte): 70-90 mg/100ml (~5mM)

Dopo il pasto ricco in carboidrati: 120-140 mg/100ml (~8mM)

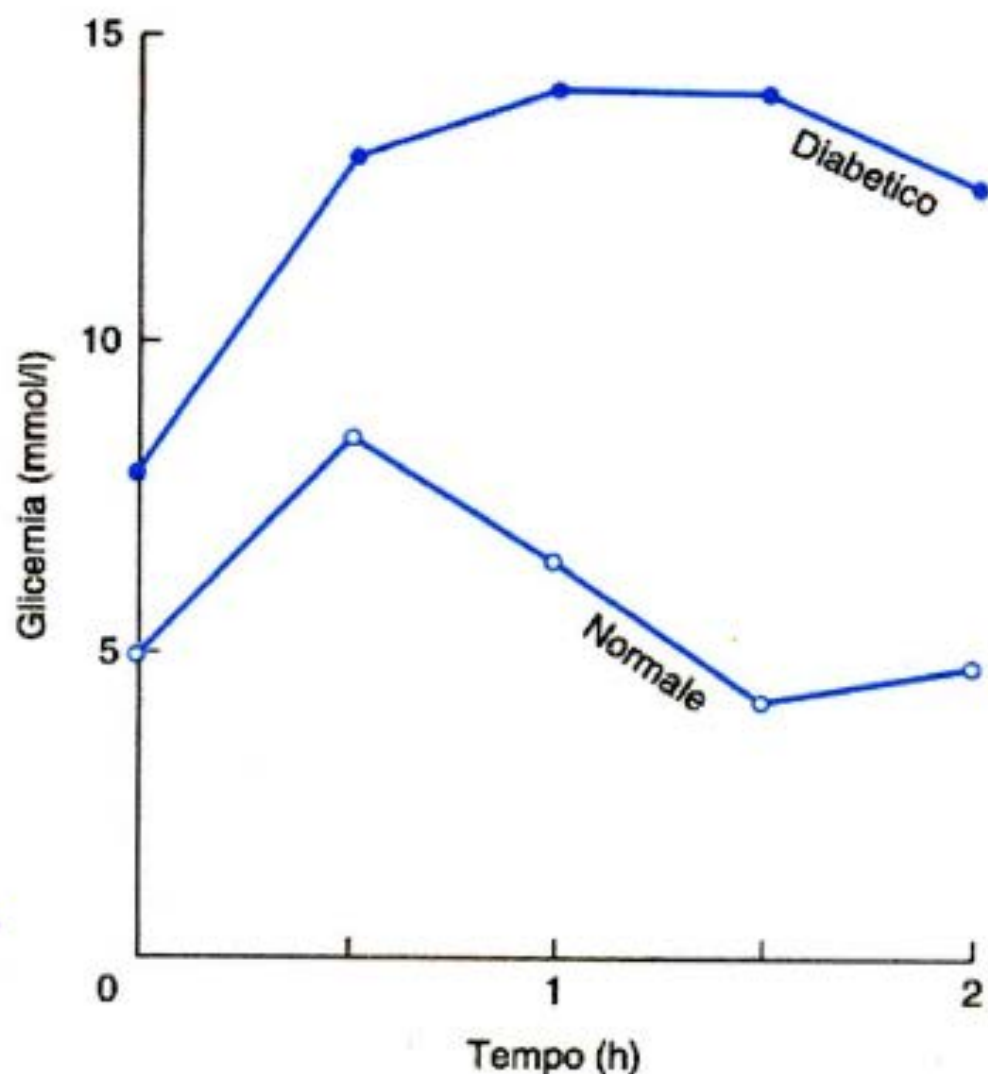
Dopo due ore dal pasto: la glicemia ritorna al valore di 70-90 mg/100ml (~5mM)

TEST DI TOLLERANZA AL GLUCOSIO.

CURVA GLICEMICA
NORMALE E DI UN
PAZIENTE
DIABETICO DOPO
SOMMINISTRAZIONE
ORALE DI 50g DI
GLUCOSIO.

Si noti l'iniziale aumento
della concentrazione nel
diabetico.

Un criterio di normalità
è il ritorno della curva al
valore iniziale entro 2 ore.



ALIMENTARE



Glucosio



GLUCONEOGENESI



GLICOGENOLISI (epatica)

Glicemia: 70-90 mg/100ml
~ 5 mM

Glucidi o Carboidrati

- Rappresentano la principale fonte di energia
- In un'alimentazione equilibrata debbono fornire più della metà della quota energetica complessiva della dieta giornaliera:
 - Carboidrati 55-65%

Cibi a prevalente contenuto di carboidrati

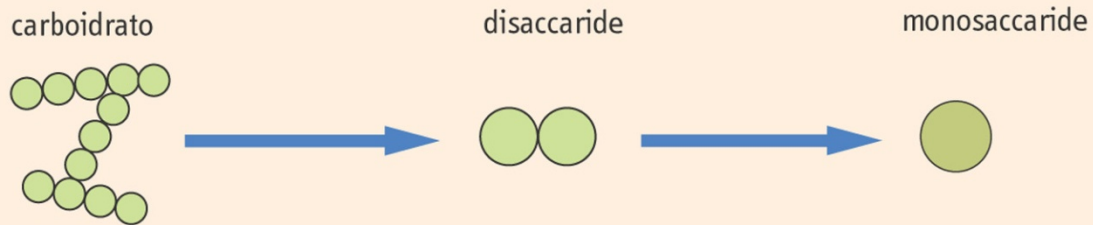
Amidacei: cereali, farine, pasta, pane, riso, patate, polenta, legumi;

Zuccherini: miele, zucchero, dolci, marmellate, cioccolato;

Frutta: castagne, datteri, banane, fichi, uvette e frutta secca;

Bevande alcoliche: birra, whisky, altri distillati di cereali

Digestione dei polimeri della dieta



Carboidrati della dieta

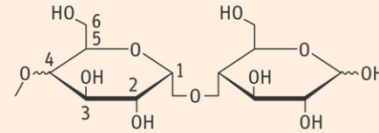
Carboidrato

Origine

Struttura

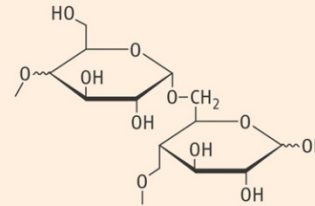
amido (amilosio)
[piante]

patate, riso, pane,
cipolle



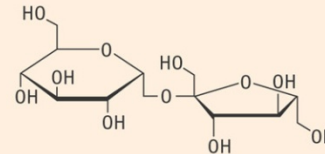
amilopectina (glicogeno)
[piante, animali]

patate, riso, pane,
muscolo, fegato



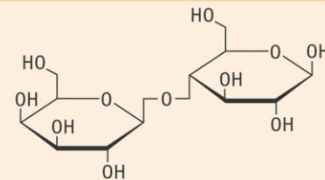
saccarosio

dessert, dolci,
zucchero comune



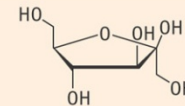
lattosio

latte



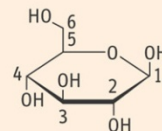
fruttosio

frutta, miele

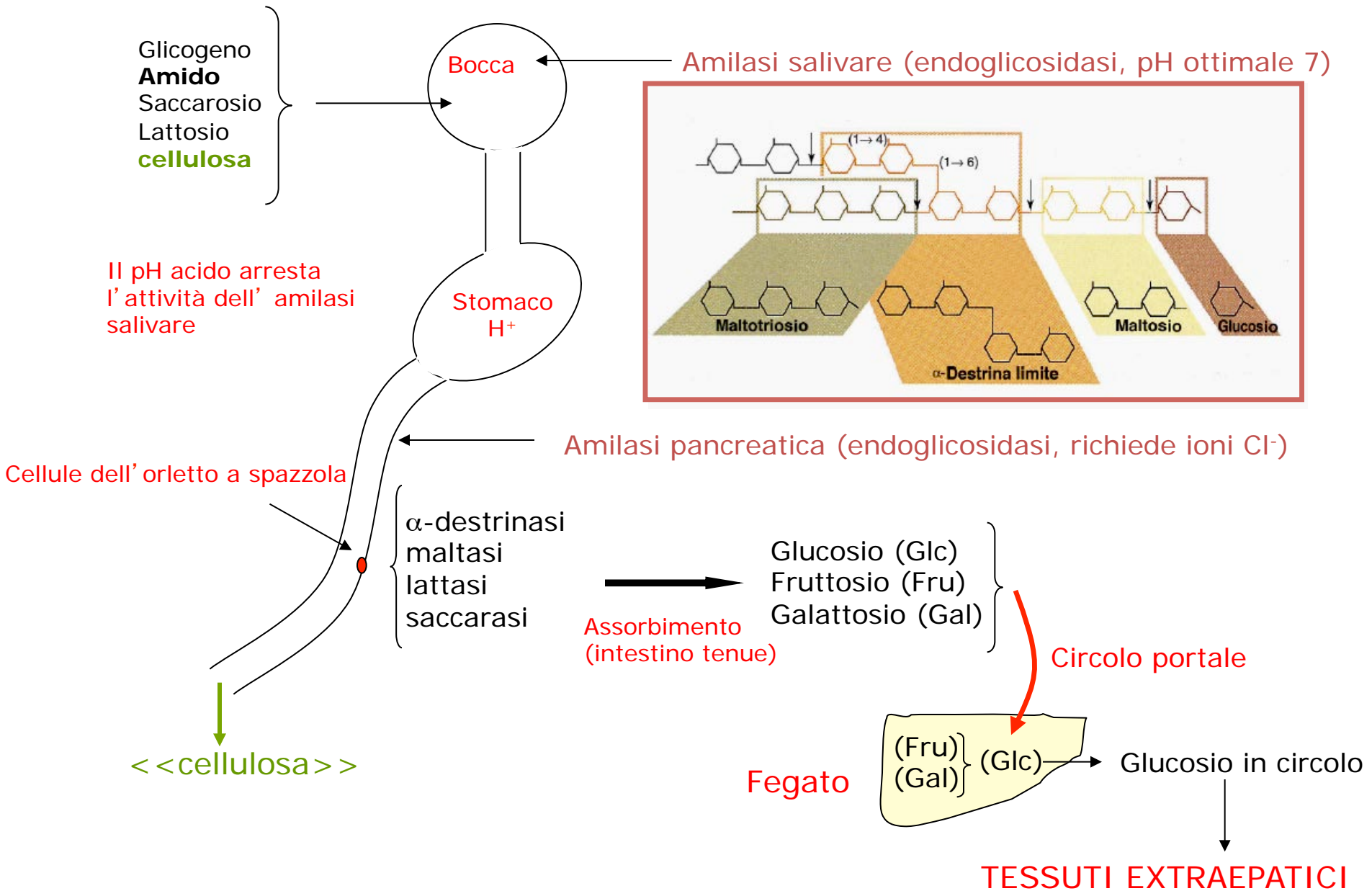


glucosio

frutta, miele



DIGESTIONE E ASSORBIMENTO DEI CARBOIDRATI



DIGESTIONE E ASSORBIMENTO DEI CARBOIDRATI

