

Capitolo

24

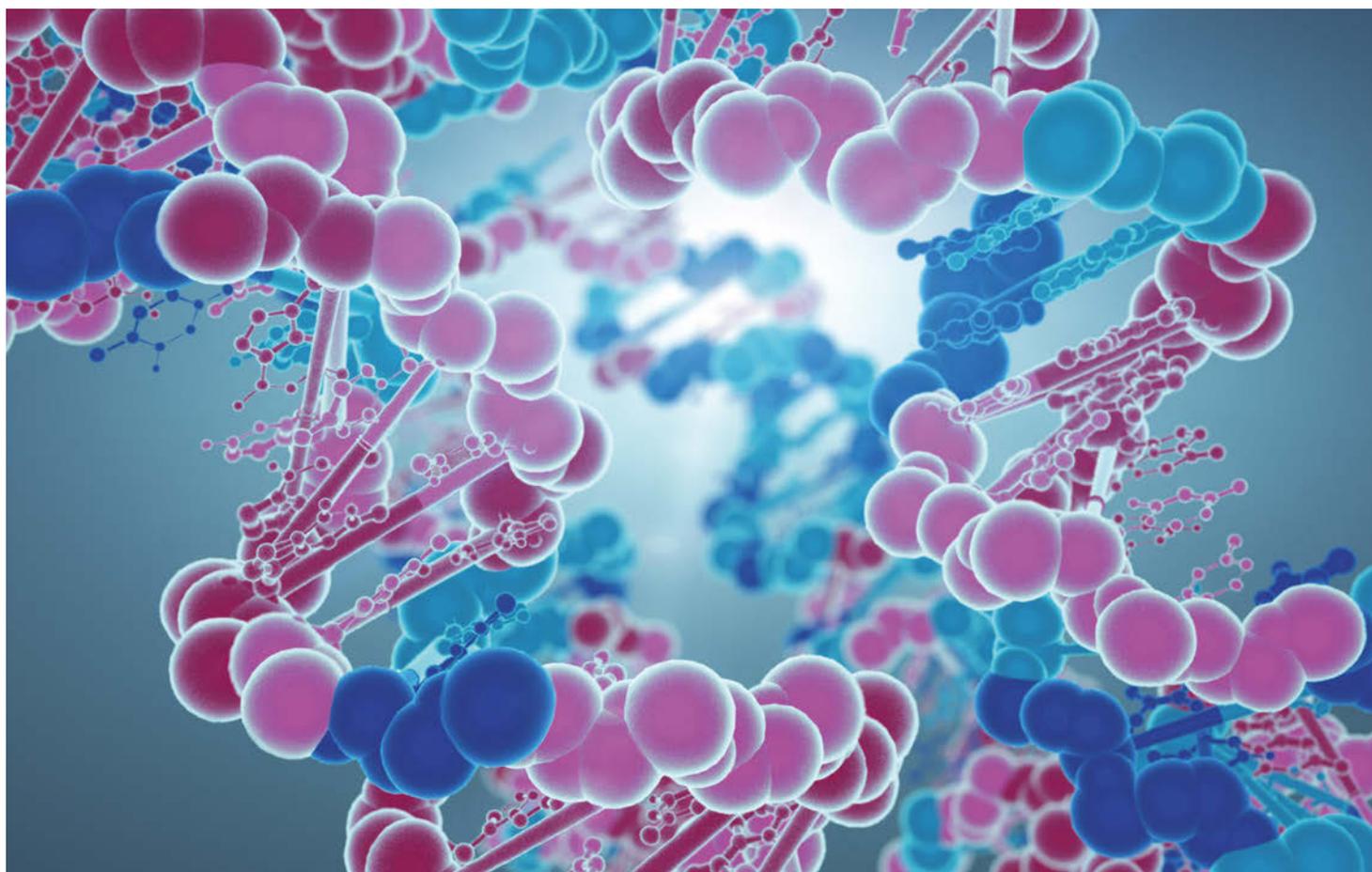
# LE BIOMOLECOLE

IL CAPITOLO PASSO PASSO

LEZIONE DIGITALE



- 1 Le molecole della vita
- 2 Chiralità
- 3 I carboidrati comprendono mono, di e polisaccaridi
- 4 Le proteine sono costituite da amminoacidi
- 5 Gli acidi nucleici sono costituiti da nucleotidi
- 6 Gli enzimi
- 7 Le vitamine
- 8 I lipidi



# 1 Le molecole della vita

Le **biomolecole** sono composti organici indispensabili per la vita della cellula e per la sua riproduzione.

Questi composti sono i *carboidrati*, i *lipidi*, le *proteine*, gli *acidi nucleici* e le *vitamine*:

- i **carboidrati**, insieme ai **grassi**, provvedono al fabbisogno energetico della cellula;
- le **proteine** e le **vitamine** svolgono un ruolo strutturale e catalitico assicurando le funzioni vitali nei tessuti;
- gli **acidi nucleici** sono responsabili della trasmissione dei caratteri ereditari e della sintesi proteica negli organismi viventi (**figura 1**).

Le trasformazioni chimiche e chimico-fisiche di queste sostanze, che si verificano nell'organismo vivente a opera di particolari *enzimi*, prendono il nome di **metabolismo** e sono oggetto di studio della **biochimica**.



**Figura 1**  
Laboratorio di ricerca.



**Biomolecules** are organic compounds essential for cell survival and reproduction.

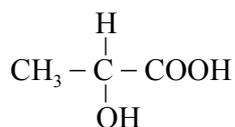
## 2 Chiralità

Nella vita quotidiana siamo abituati alla presenza di strutture non simmetriche, cioè che non presentano un piano di simmetria: la mano e il piede ne sono due esempi.

Infatti un guanto per la mano destra non può essere calzato dalla mano sinistra (e viceversa), perché la mano sinistra è speculare della mano destra e ad essa non sovrapponibile.

Dinanzi allo specchio l'immagine speculare della mano destra corrisponde alla mano sinistra: la nostra mano è un esempio di **struttura chirale** (**figura 2**).

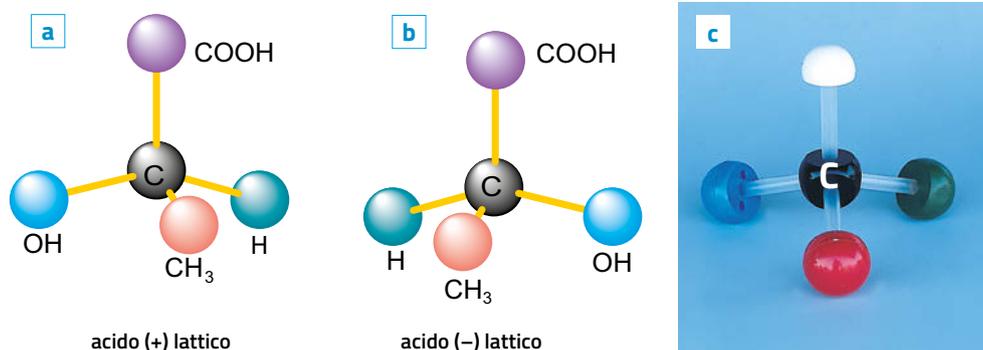
La molecola dell'*acido lattico* o *acido 2-idrossipropanoico*:



è asimmetrica, cioè non presenta un piano di simmetria, in quanto all'atomo di carbonio centrale sono legati quattro gruppi atomici diversi (H, OH, CH<sub>3</sub>, COOH) disposti ai vertici di un tetraedro. Tale molecola è dunque **chirale** e l'atomo di carbonio con quattro sostituenti diversi è anche detto "centro chirale". Per l'acido lattico sono possibili due strutture (**figura 3a e b**).



**Figura 2**  
Le mani sono esempi di oggetti chirali.



**Figura 3**  
**a.** Acido (+) lattico; **b.** acido (-) lattico. **c.** Modello molecolare dell'acido lattico (molecola con carbonio chirale).

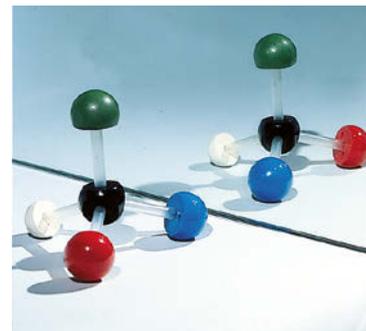
I due modelli, corrispondenti all'acido lattico, non sono sovrapponibili, perché i raggruppamenti atomici di una struttura, per semplice rotazione, non possono corrispondere con quelli dell'altra struttura.

Per ogni composto asimmetrico si devono prevedere due strutture, che sono immagini speculari l'una dell'altra e non sovrapponibili.

Se immaginiamo di porre una delle due strutture asimmetriche davanti a uno specchio, l'immagine speculare non sovrapponibile che si ottiene corrisponde alla seconda struttura (figura 4).

Coppie di molecole che presentano queste caratteristiche sono anche dette **enantiomeri**.

Il concetto di chiralità è importante nei sistemi biologici perché composti come i carboidrati e gli amminoacidi sono chirali.



**Figura 4**

Una molecola con carbonio chirale dinanzi a uno specchio. I due enantiomeri sono immagini speculari non sovrapponibili.

### LO SAI?

## Un esempio di chiralità in natura

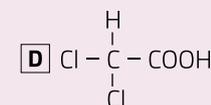
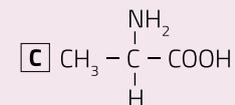
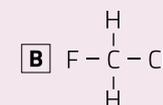
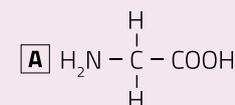
L'elica del guscio della lumaca a sinistra nell'immagine è *sinistrorsa*, cioè si avvolge nel verso opposto delle lancette dell'orologio, mentre l'elica del guscio a destra è *destrorsa*, cioè si avvolge in senso orario. I gusci delle due lumache in esame sono immagini speculari non sovrapponibili.

In natura solo una lumaca su 20 000 presenta il guscio a elica sinistrorsa.



### FISSA I CONCETTI

Indica la molecola chirale, motivando la tua risposta.



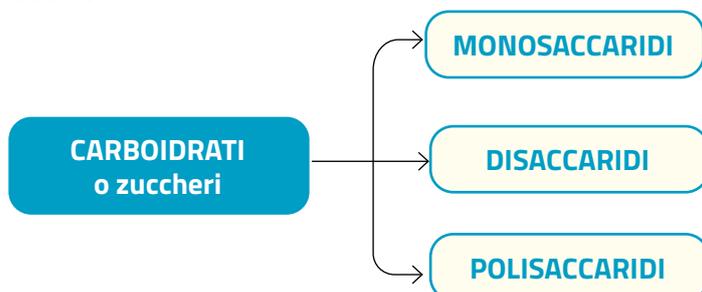
## 3 I carboidrati comprendono mono, di e polisaccaridi

I **carboidrati** (o **glucidi**) sono composti costituiti da carbonio, idrogeno e ossigeno; i più semplici hanno formula generale  $(\text{CH}_2\text{O})_n$ , dove l'idrogeno e l'ossigeno hanno lo stesso rapporto 2:1 esistente nell'acqua. Ad esempio, nel *glucosio* ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) gli atomi di idrogeno sono il doppio rispetto a quelli di ossigeno.

Con il termine **carboidrati** s'intendono quei composti, detti comunemente *zuccheri*, che contengono un gruppo aldeidico o un gruppo chetonico e, inoltre, più di un gruppo funzionale ossidrilico ( $-\text{OH}$ ).

I carboidrati più semplici si dividono in *monosaccaridi* e *disaccaridi*.

I carboidrati che in natura si presentano sotto forma di grosse molecole sono detti *polisaccaridi*.



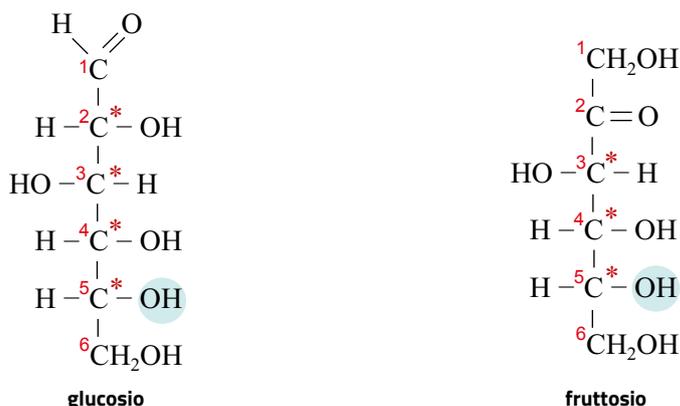
### IN ENGLISH

**Carbohydrates**, commonly known as *sugars*, are compounds that contain an aldehyde group or a ketone group and, in addition, more than one functional hydroxyl group ( $-\text{OH}$ ).

## Monosaccaridi

I **monosaccaridi** vengono classificati secondo il numero di atomi di carbonio: quelli con tre atomi di carbonio sono chiamati *triosi*, quelli con quattro atomi di carbonio *tetrosi*, quelli con cinque atomi *pentosi* e quelli con sei *esosi*.

Di seguito sono riportate le formule di struttura di due monosaccaridi a sei atomi di carbonio, il *glucosio* e il *fruttosio*. Questo tipo di rappresentazione prende il nome di **proiezione Fischer**.



Queste proiezioni sono la rappresentazione sul piano della pagina di molecole tridimensionali. Nelle proiezioni di Fischer la catena più lunga di carbonio è scritta in verticale con il gruppo carbonilico in alto.

Il glucosio è un *aldoesoso* perché contiene il gruppo aldeidico; il fruttosio è un *chetoesoso* perché contiene il gruppo chetonico.

Per la numerazione della catena si procede in modo che il carbonio del carbonile abbia il numero più basso. Ad esempio, nel caso del fruttosio gli atomi di carbonio vengono numerati partendo dall'estremità più vicina al carbonile.

Nelle formule, gli atomi di carbonio indicati con un *asterisco* sono chirali, in quanto sono legati a quattro gruppi atomici diversi.

A causa della presenza di atomi di carbonio chirali, i monosaccaridi si possono presentare in diverse forme enantiomere.

In particolare, vengono assegnati alla **serie D** i monosaccaridi in cui il gruppo –OH del carbonio chirale più distante dal gruppo carbonilico (aldeidico o chetonico) si trova *a destra* rispetto all'osservatore nella formula di Fischer. Questa condizione è rispettata per il gruppo –OH sul carbonio 5 sia del glucosio sia del fruttosio nelle formule riportate sopra.

I monosaccaridi vengono assegnati alla **serie L** quando il gruppo –OH del carbonio chirale più distante dal gruppo carbonilico si trova *a sinistra* rispetto all'osservatore.

Gli organismi viventi producono solo uno dei due enantiomeri (**figura 5**).

I monosaccaridi presenti in natura appartengono alla serie D.

Si dicono **aldosi** i monosaccaridi con un gruppo aldeidico e **chetosi** quelli con gruppo chetonico.



**Figura 5**

Glucosio e fruttosio sono presenti in natura nella frutta (a) e nel miele (b).

## Le strutture cicliche dei monosaccaridi

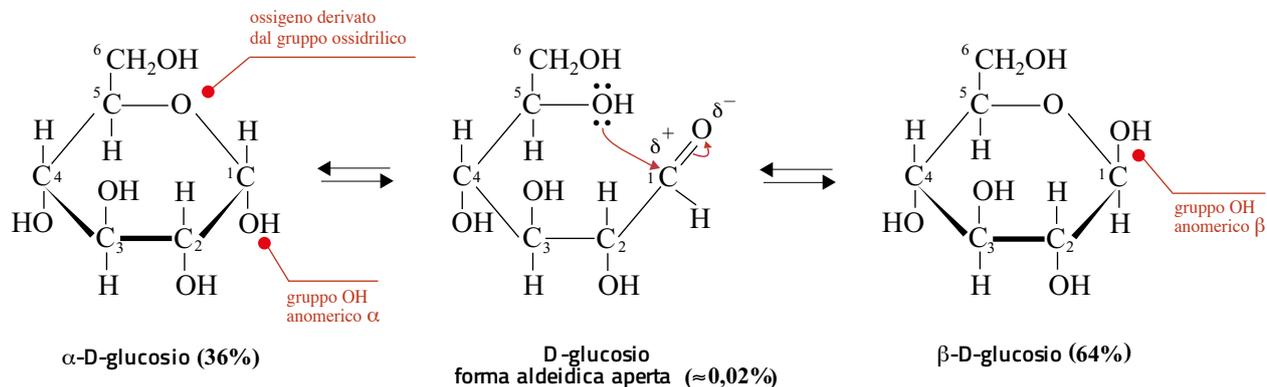
Per spiegare tutte le proprietà del glucosio e del fruttosio, è necessario ammettere che in soluzione acquosa la *catena aperta sia in equilibrio con due strutture ad anello*, che vengono rappresentate mediante **formule di Haworth** (figura 6).

Le due strutture ad anello del D-glucosio in acqua hanno la forma di un etere ciclico, detto *emiacetalico*.

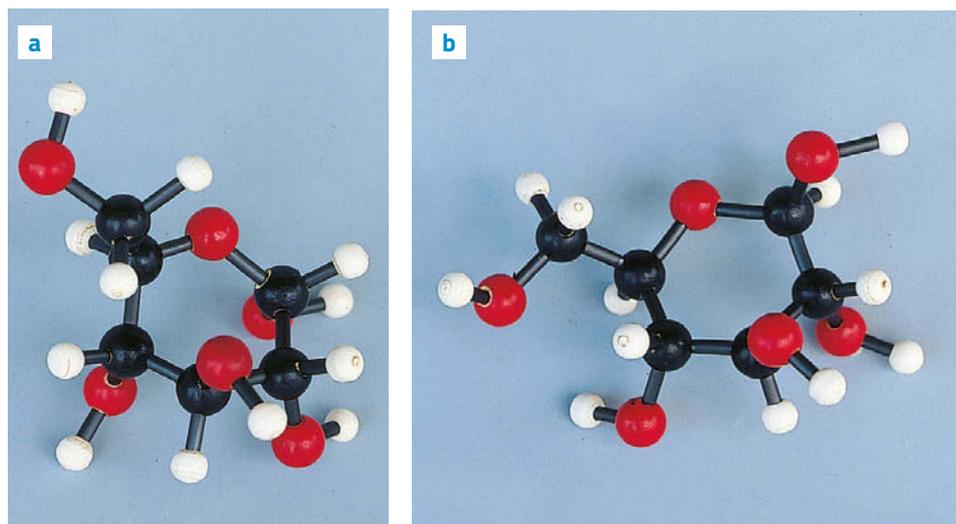
Dato che nella struttura ciclica il carbonio-1 è chirale, sono possibili due isomeri, detti **anomeri**, che vengono indicati con  $\alpha$  e  $\beta$ .

**Figura 6**

Formule di Haworth dell'anomero alfa e beta del glucosio. I tratti più spessi indicano i legami che si proiettano verso l'osservatore.



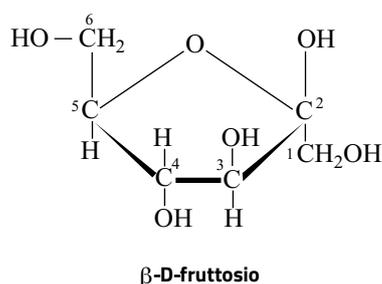
Nella forma  $\alpha$  del D-glucosio il gruppo  $-OH$  legato al carbonio 1 sta sotto al piano dell'anello (figura 7a), mentre nella forma  $\beta$  sta sopra al piano dell'anello (figura 7b).



**Figura 7**

**a.** Anomero  $\alpha$  del D-glucosio: il gruppo  $-OH$  legato al carbonio 1 sta sotto al piano dell'anello. **b.** Anomero  $\beta$  del D-glucosio: il gruppo  $-OH$  sta sopra al piano dell'anello.

Anche per il D-fruttosio, dato che nella forma ciclica il carbonio-2 è chirale, sono possibili due anomeri,  $\alpha$  e  $\beta$ .

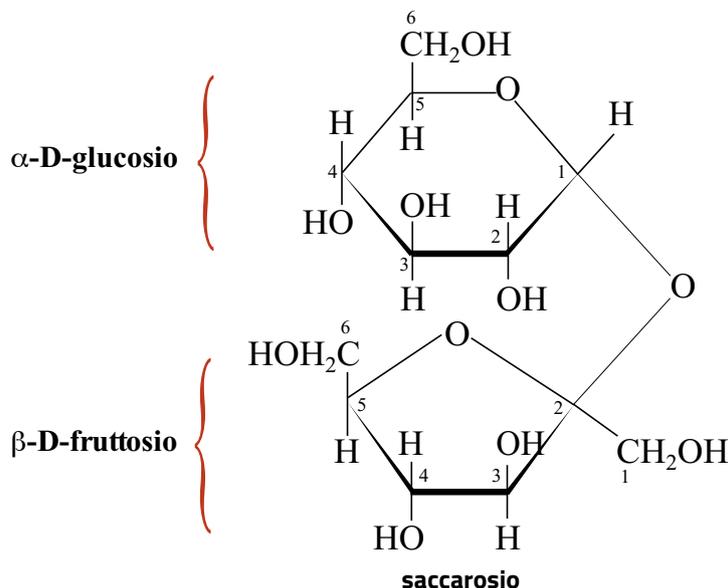


## Disaccaridi

Formalmente i **disaccaridi** si possono considerare derivati dalla condensazione di due monosaccaridi con eliminazione di una molecola di acqua; un atomo di ossigeno tiene legati i due monosaccaridi (**legame glicosidico**).

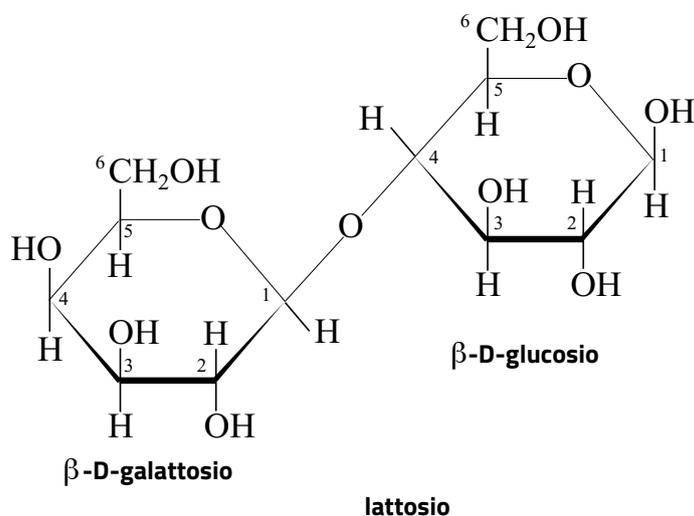
I disaccaridi più importanti presenti in natura sono: *saccarosio*, *lattosio*, *maltosio*.

Il **saccarosio**, che ha formula molecolare  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , è il comune zucchero da tavola ed è ottenuto industrialmente dalla canna e dalla barbabietola da zucchero. Si può considerare derivato dall'unione di una molecola di  $\alpha$ -D-glucosio e una di  $\beta$ -D-fruttosio con perdita di una molecola di acqua.



Dopo il saccarosio, il **lattosio** è il più abbondante disaccaride presente in natura. Esso costituisce il 5% del latte dei mammiferi e ha formula molecolare  $C_{12}H_{22}O_{11}$ .

Il lattosio è formato da una molecola di  $\beta$ -D-galattosio e da una molecola di  $\beta$ -D-glucosio collegate con un legame glicosidico.



Il **maltosio** è un disaccaride che si ottiene per idrolisi parziale (scissione in cui interviene l'acqua) dell'amido. Il maltosio è costituito da due unità di  $\alpha$ -D-glucosio.



IN ENGLISH

### Disaccharides

are formed by the condensation of two monosaccharides with the elimination of a molecule of water.

## Polisaccaridi

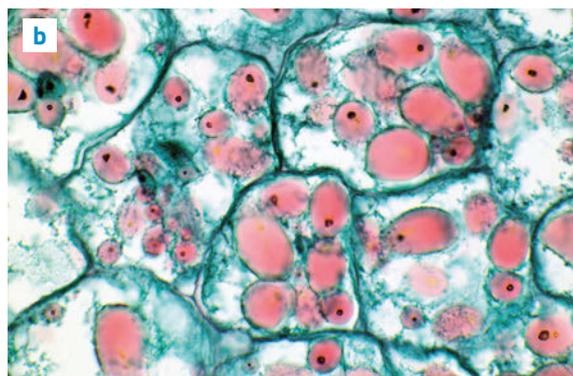
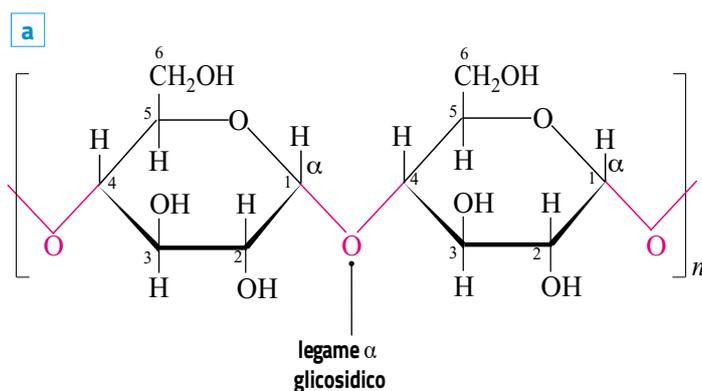
I carboidrati più abbondanti in natura sono i *polisaccaridi*.

**I polisaccaridi** sono polimeri formati da migliaia di unità di uno o più monosaccaridi unite mediante legami glicosidici.

I polisaccaridi più importanti per la nutrizione derivano dall'unione di unità di glucosio. Tali macromolecole si presentano come lunghe catene, lineari o ramificate, di unità di glucosio.

*Amido*, *cellulosa* e *glicogeno* sono tre famiglie di polisaccaridi molto spesso chiamate “carboidrati complessi”.

L'**amido** (figura 8) è presente nelle patate e nel grano. Consiste di due componenti molecolari: l'*amilosio* (20-30%) e l'*amilopectina* (70-80%), costituiti entrambi da molecole di  $\alpha$ -D-glucosio.



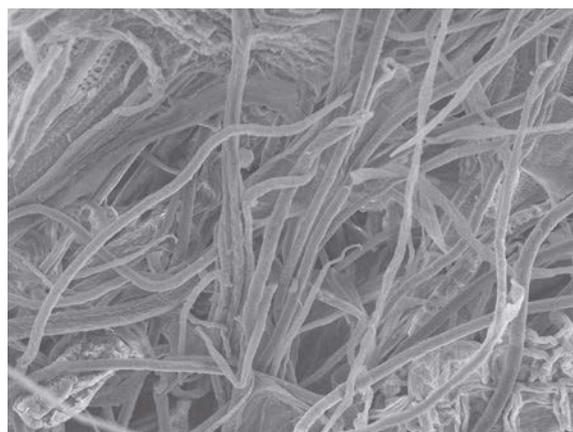
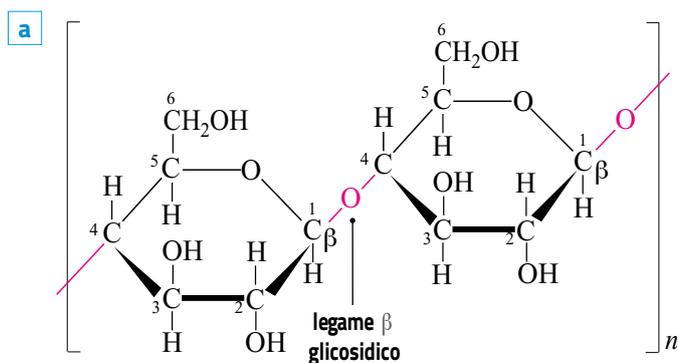
L'*amilosio* è un polimero lineare, formato da circa 300 molecole di  $\alpha$ -D-glucosio unite con **legami glicosidici** tra l'atomo di carbonio-1 di una molecola e il carbonio-4 della molecola successiva.

Anche l'*amilopectina* ha una struttura lineare, con legami di tipo 1-4 glicosidico tra unità successive, ma ogni 20 residui presenta una ramificazione 1-6.

La **cellulosa** (figura 9) è il componente fibroso primario delle cellule delle piante ed è costituito da molecole di  $\beta$ -D-glucosio, unite con legami 1-4 glicosidici.

**Figura 8**

**a.** Unità ripetitiva dell'amido.  
**b.** Immagine al microscopio di granuli di amido presenti in cellule di tubero di patata colorate artificialmente (in violetto).



**Figura 9**

**a.** Unità ripetitiva della cellulosa.  
**b.** Immagine al microscopio elettronico a scansione di fibre di cellulosa.

Sia l'amido sia la cellulosa sono polimeri del glucosio, ma si comportano in modo differente nel corpo umano.

Noi siamo capaci di digerire l'amido perché possediamo enzimi in grado di spezzare il legame che unisce le unità di glucosio, mentre non siamo in grado di digerire la cellulosa.

Di conseguenza, dipendiamo da alimenti che contengono amido (patate, pasta ecc.) come sorgente di carboidrati.

Ciò è dovuto al fatto che le unità di glucosio sono legate tra loro con legami  $\alpha$  glucosidici nell'amido (figura 8a) e con legami  $\beta$  glucosidici nella cellulosa (figura 9a). Gli enzimi digestivi umani sono in grado di scindere il primo tipo di legame, ma non i legami  $\beta$  glucosidici. Perciò non siamo in grado di digerire le fibre di cellulosa. Tuttavia, poiché frutta e verdura contengono anche zuccheri semplici, possiamo ricavare glucosio (e, quindi, energia) da questi alimenti. Mucche, pecore e altri ruminanti non possiedono tali enzimi, ma ospitano nel tratto digerente dei batteri che secernono enzimi chiamati *cellulasi* in grado di scindere la cellulosa in glucosio libero.

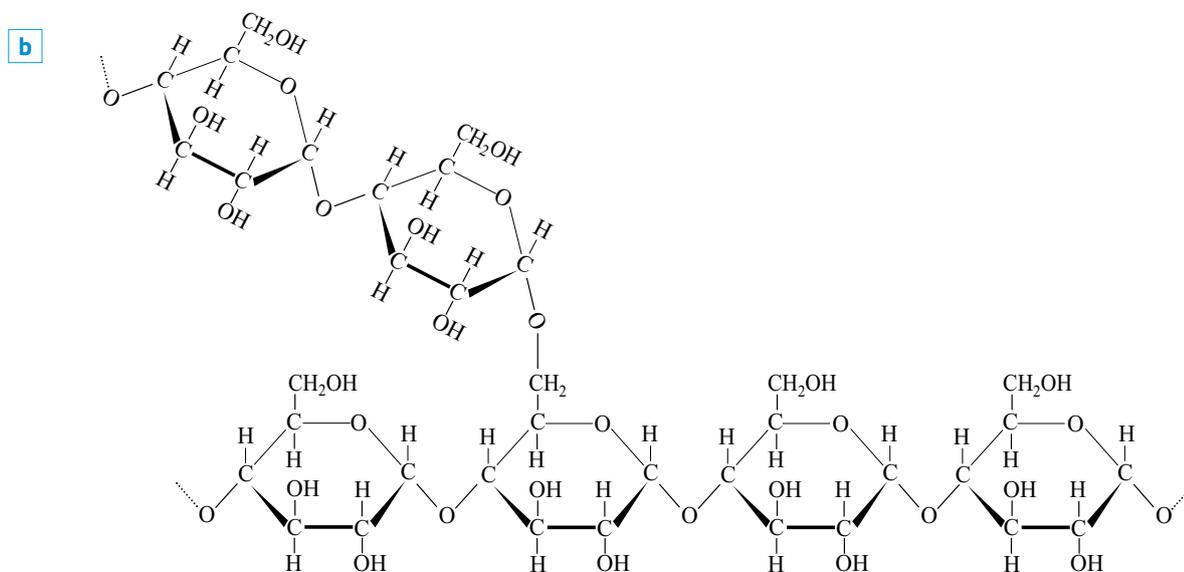
Il **glicogeno** (figura 10), un polisaccaride con lunghe catene ramificate di glucosio, è contenuto essenzialmente nel fegato e nei muscoli degli animali.

Il fegato raccoglie il glucosio ricavato dalla digestione degli alimenti immagazzinandolo come glicogeno ed è l'organo regolatore del tasso glicemico del sangue. Nei muscoli, invece, il glicogeno costituisce una riserva di energia di immediato utilizzo perché serve per la contrazione muscolare.



**Figura 10**

**a.** Sotto sforzo, gli atleti utilizzano il glicogeno contenuto nei muscoli. **b.** Il glicogeno è costituito da una catena lineare di glucosio con legami 1-4 glicosidici ma ogni 8-10 unità mostra una ramificazione 1-6.



### FISSA I CONCETTI

#### Vero o Falso?

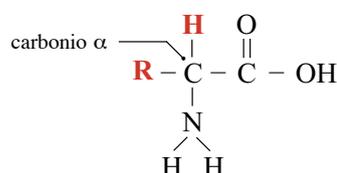
- a.** Il glucosio è un disaccaride.
- b.** In soluzione acquosa il glucosio esiste sia nella forma lineare sia in forma ciclica.
- c.** Il fruttosio è un chetoososo.
- d.** I monosaccaridi di origine naturale appartengono in genere alla serie L.

## 4 Le proteine sono costituite da aminoacidi

### Gli aminoacidi

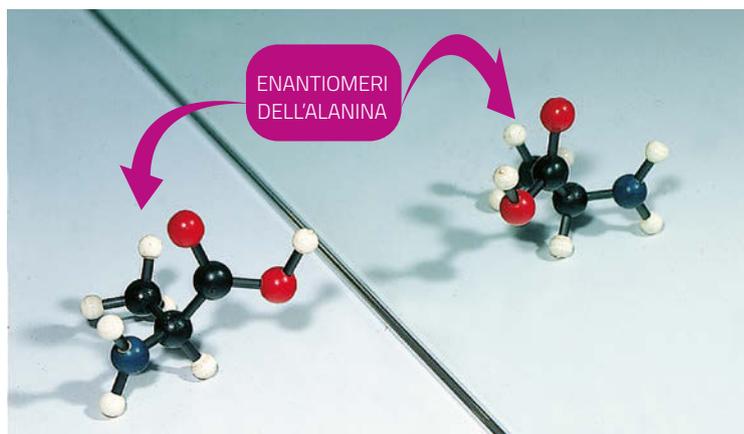
Gli **aminoacidi** sono composti caratterizzati dalla presenza di un *gruppo carbossilico* – COOH e di un *gruppo amminico* – NH<sub>2</sub>.

Il gruppo amminico si trova legato al carbonio adiacente al gruppo carbossilico, cioè il carbonio α.



Al carbonio α sono uniti anche un idrogeno e un gruppo R, che può essere *alchilico*, *aromatico* o *eterociclico*.

Tranne la glicina, in cui R = H, negli altri aminoacidi l'atomo di carbonio α è legato a 4 gruppi diversi, quindi è chirale. Pertanto gli aminoacidi presentano due enantiomeri, cioè strutture speculari non sovrapponibili (**figura 11**).



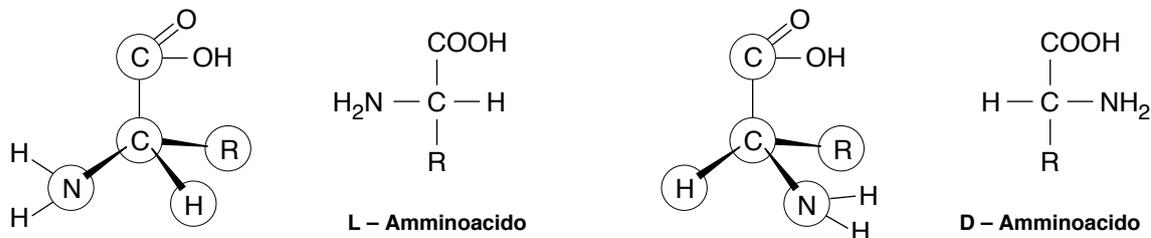
#### IN ENGLISH

**Amino acids** are compounds characterized by the presence of a carboxyl group – COOH and an amine group – NH<sub>2</sub>. The amine group is bonded to the carbon adjacent to the carboxyl group, i.e. the α carbon.

**Figura 11**

L'alanina presenta due enantiomeri. Un enantiomero è l'immagine speculare dell'altro e non sovrapponibile.

A seconda della posizione del gruppo – NH<sub>2</sub>, la configurazione degli aminoacidi può essere L (a sinistra) o D (a destra) (**figura 12**).

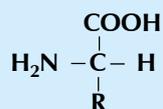


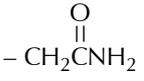
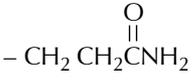
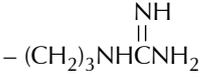
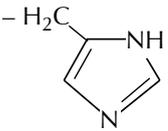
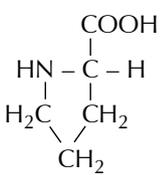
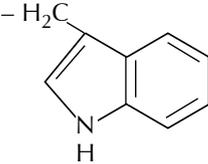
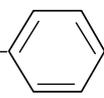
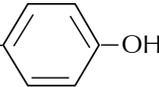
**Figura 12**

Configurazione degli L-aminoacidi (a sinistra) e dei D-aminoacidi (a destra).

Nelle proteine sono presenti soltanto aminoacidi della **serie L**, mentre gli aminoacidi della **serie D** sono presenti in composti di sintesi, come alcuni antibiotici.

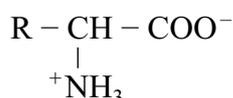
Nella **tabella 1** sono riportati i 20 α-aminoacidi che normalmente sono presenti nelle proteine. I dieci aminoacidi riportati in rosso nella tabella (*valina*, *leucina*, *isoleucina*, *fenilalanina*, *treonina*, *lisina*, *arginina*, *istidina*, *triptofano*, *metionina*) sono detti **essenziali**, in quanto il corpo umano non è in grado di sintetizzarli tramite il metabolismo e, pertanto, devono essere introdotti con la dieta.

**Tabella 1** I 20 principali amminoacidi negli organismi viventi
**FORMULA GENERALE  
DEGLI  $\alpha$ -AMMINOACIDI**

-R	Nome	Simbolo	-R	Nome	Simbolo
- H	<b>glicina</b>	<b>Gly</b>		<b>asparagina</b>	<b>Asn</b>
- CH <sub>3</sub>	<b>alanina</b>	<b>Ala</b>		<b>glutamina</b>	<b>Gln</b>
- CH (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	<b>valina</b>	<b>Val</b>	- (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> NH <sub>2</sub>	<b>lisina</b>	<b>Lys</b>
- CH <sub>2</sub> CH (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	<b>leucina</b>	<b>Leu</b>		<b>arginina</b>	<b>Arg</b>
- CH - CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>   CH <sub>3</sub>	<b>isoleucina</b>	<b>Ile</b>		<b>istidina</b>	<b>His</b>
	<b>prolina</b>	<b>Pro</b>		<b>triptofano</b>	<b>Trp</b>
- CH <sub>2</sub> 	<b>fenilalanina</b>	<b>Phe</b>	- CH <sub>2</sub> SH	<b>cisteina</b>	<b>Cys</b>
- CH <sub>2</sub> OH	<b>serina</b>	<b>Ser</b>	- CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> SCH <sub>3</sub>	<b>metionina</b>	<b>Met</b>
- CH <sub>2</sub> 	<b>tirosina</b>	<b>Tyr</b>	- CH <sub>2</sub> COOH	<b>acido aspartico</b>	<b>Asp</b>
- CHOH   CH <sub>3</sub>	<b>treonina</b>	<b>Thr</b>	- CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH	<b>acido glutammico</b>	<b>Glu</b>

Una dieta sbilanciata, carente in uno o più dei 10 amminoacidi essenziali, può provocare gravi patologie. Allo stato puro, gli amminoacidi si presentano come solidi bianchi cristallini, con temperatura di fusione molto elevata rispetto ai composti organici di pari massa molecolare.

Ciò è dovuto al fatto che, a seguito di una *reazione acido-base intramolecolare* tra i gruppi carbossilico e amminico, gli  $\alpha$ -amminoacidi esistono prevalentemente nella forma di *ione dipolare*:



struttura di un amminoacido  
a pH fisiologico

Il gruppo  $\text{}^+\text{NH}_3$ , ione ammonio, svolge la funzione acida perché può cedere uno ione  $\text{H}^+$ , mentre il gruppo  $\text{COO}^-$ , ione carbossilato, svolge la funzione basica in quanto può accettare uno ione  $\text{H}^+$ .

**FISSA  
I CONCETTI**
**Gli amminoacidi  
nelle proteine:**

- A** possono essere di tipo alfa.
- B** appartengono tutti alla serie L.
- C** non hanno centri chirali.
- D** sono 20 e tutti essenziali per l'organismo umano.

La **figura 13** riporta i modelli molecolari di alcuni amminoacidi.



**Figura 13**

**a.** Alanina (Ala): in blu è rappresentato l'azoto, in rosso l'ossigeno. **b.** Cisteina (Cys): in giallo è rappresentato lo zolfo. **c.** Lisina (Lys). **d.** Serina (Ser). **e.** Fenilalanina (Phe).

## Le proteine

Le **proteine** sono macromolecole che derivano dalla combinazione chimica di amminoacidi.

Questi, legandosi uno dopo l'altro in lunghe catene, costituiscono strutture molecolari molto complesse.

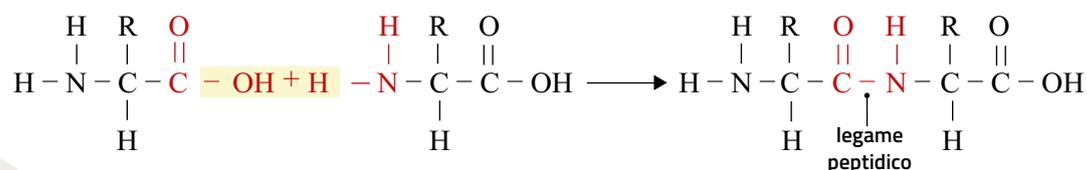
Schematicamente, una macromolecola di *N* amminoacidi può essere rappresentata come una sequenza di “mattoncini” legati in sequenza:



Si parla di proteina se la catena di amminoacidi ha una massa molecolare maggiore di 20 000; se è minore, si parla di *polipeptide*.

Gli amminoacidi in una proteina sono legati tra loro mediante **legami peptidici**, che si formano dalla reazione tra il gruppo carbossilico (–COOH) di un amminoacido e il gruppo amminico (–NH<sub>2</sub>) dell'amminoacido successivo. Nella reazione viene eliminata una molecola di acqua a spese di –OH del gruppo carbossilico e di –H del gruppo amminico.

Il legame peptidico tra due amminoacidi è così rappresentato:



### LO SAI?

#### Il glutine e la celiachia

La **malattia celiaca** o **celiachia** è un'intolleranza permanente al **glutine**, un complesso di sostanze proteiche presenti in diversi cereali (frumento, orzo, segale, avena, kamut, farro).

La *prolammia*, che rappresenta una frazione proteica del glutine, è in grado di scatenare reazioni di sensibilità o di vera intolleranza negli individui predisposti geneticamente. La prolammia del frumento è chiamata *gliadina*, quella dell'orzo *ordeina*, quella della segale *secalina*. L'intolleranza al glutine genera danni alla mucosa dell'intestino, in particolare ai villi intestinali. Le persone che soffrono di celiachia devono seguire una dieta priva di glutine, ma il numero di casi diagnosticati è molto inferiore al numero di chi ne soffre. Disposizioni di legge impongono che nei cibi per celiaci la concentrazione in glutine non superi i 20 mg per ogni kilo di alimento (20 ppm).



### IN ENGLISH

**Proteins** are macromolecules that derive from the chemical combination of amino acids.

## Struttura primaria delle proteine

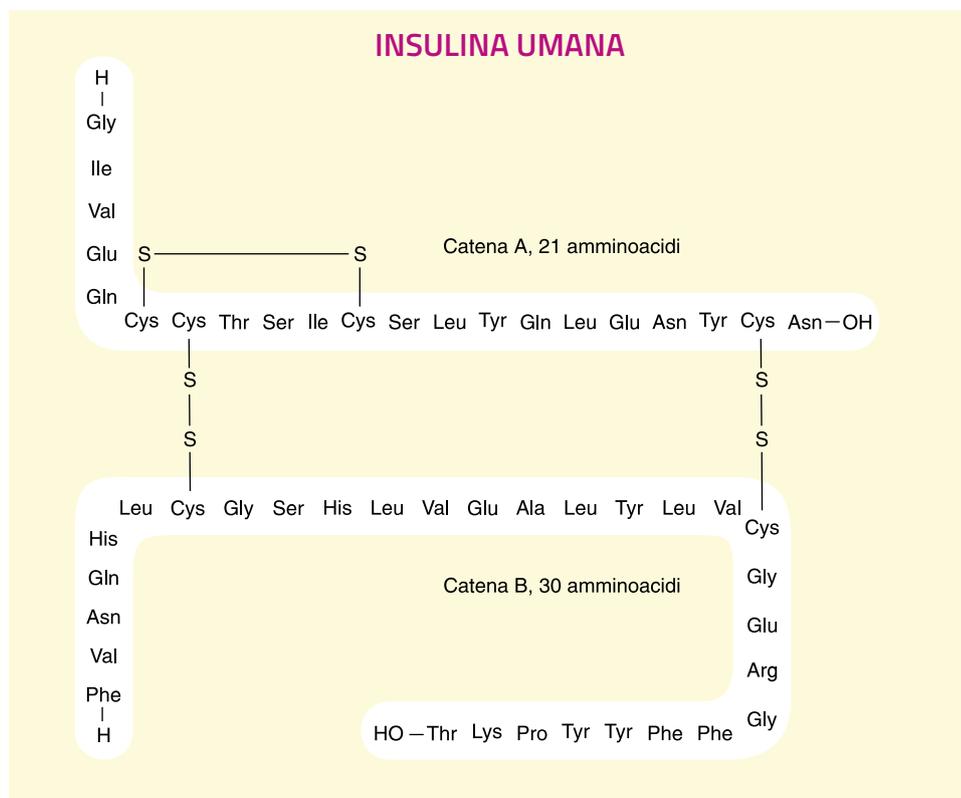
La sequenza degli amminoacidi di una catena proteica costituisce la **struttura primaria** di una proteina. Per conoscere la struttura primaria di una proteina devono essere determinati i tipi e il numero di amminoacidi presenti e l'ordine con cui essi sono legati tra loro. Uno studio importante del biochimico **Frederick Sanger** ha riguardato la *struttura primaria* dell'**insulina**.

L'insulina umana è formata da due catene di amminoacidi legate mediante legami disolfuro tra unità di cisteina (**figura 14**).



### Frederick SANGER

(1918–2013), biochimico inglese. Nel 1955 completò l'identificazione e la successione dei 51 amminoacidi che compongono l'insulina. Per questo lavoro, nel 1958 fu insignito del premio Nobel per la chimica. Nel 1977 completò la determinazione della sequenza di nucleotidi nella molecola di DNA di un batteriografo. In seguito a questa ricerca, nel 1980, Sanger ottenne un secondo premio Nobel per la chimica.



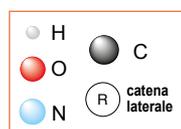
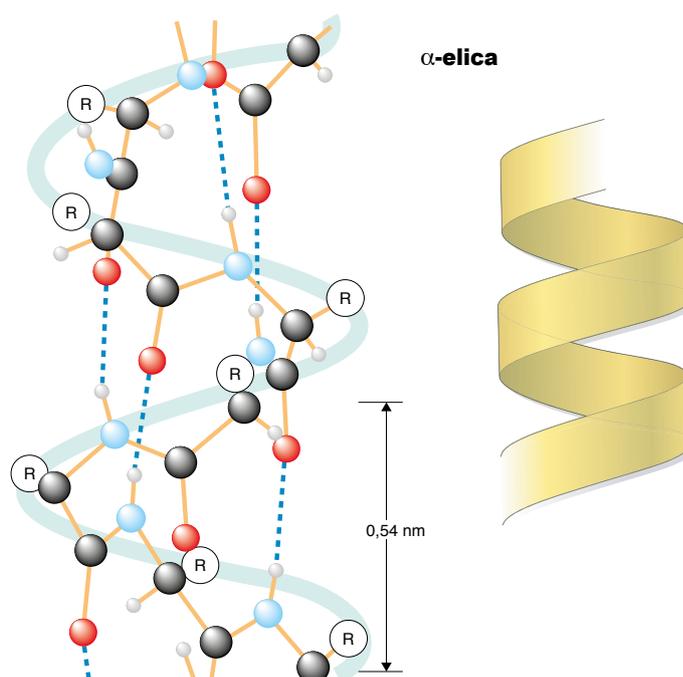
**Figura 14**

Sequenza degli amminoacidi dell'insulina umana.

## Struttura secondaria delle proteine

Le catene polipeptidiche possono assumere *conformazioni* differenti in funzione dei tipi di amminoacidi presenti nelle catene.

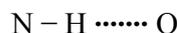
Mediante indagine con i raggi X, Linus Pauling, premio Nobel per la chimica nel 1954, propose per l'*α-cheratina*, una proteina fibrosa che si trova in capelli, unghie, lana non stirata, una struttura elicoidale, in cui una catena di amminoacidi si avvolge a spirale attorno a un asse centrale: l'avvolgimento ad *α-elica* rappresenta una **struttura secondaria** della proteina (**figura 15**).



**Figura 15**

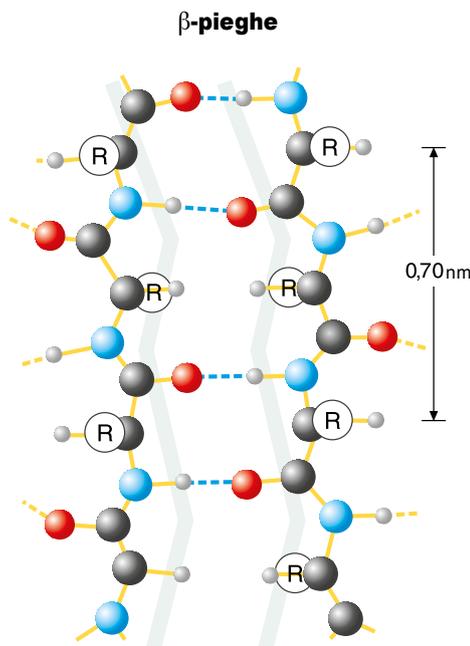
Struttura secondaria ad *α-elica* nell'*α-cheratina*.

Nell' $\alpha$ -elica la struttura viene stabilizzata da *legami a idrogeno* (vedi Capitolo 11) tra l'atomo di idrogeno legato all'azoto di un amminoacido e l'atomo di ossigeno del gruppo carbonilico di un altro amminoacido immediatamente sovrastante.



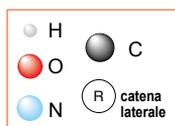
Non tutte le proteine hanno una struttura ad  $\alpha$ -elica; il componente principale della seta è una proteina chiamata *fibroina*, una  $\beta$ -cheratina, la cui struttura ipotizzata da Linus Pauling è a **foglietto ripiegato**, cioè a strato ondulato (**foglietto- $\beta$** ).

In questa conformazione le catene proteiche sono più distese e giacciono fianco a fianco, collegate da legami a idrogeno (**figura 16**).



**Figura 16**

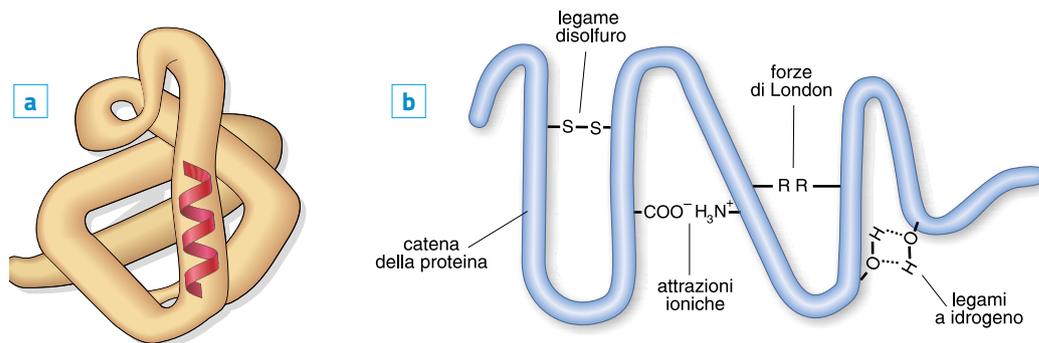
Struttura secondaria delle catene proteiche: foglietto- $\beta$  nella fibroina della seta.



## Struttura terziaria delle proteine

Una proteina con struttura ad  $\alpha$ -elica dovrebbe presentare una forma allungata e una proteina con la struttura  $\beta$  una forma ondulata.

Anche se esistono proteine che presentano le forme descritte, in altre proteine le sequenze di amminoacidi ad  $\alpha$ -elica, connesse da tratti variamente ripiegati, danno origine a una *struttura globulare*, compatta e quasi sferica: la **struttura terziaria** (**figura 17**).



**Figura 17**

**a.** Struttura terziaria della globina.  
**b.** Proteina globulare di forma sferica, con ripiegamenti della catena polipeptidica.

La struttura terziaria è responsabile della funzione biologica delle proteine.

In seguito a riscaldamento si verificano notevoli cambiamenti nelle proprietà fisiche e chimiche delle proteine globulari. È quello che avviene quando si cucina un uovo. L'albume perde il suo aspetto gelatinoso e coagula in una massa bianca insolubile: si ha la **denaturazione** delle proteine dell'albume (**figura 18**).

La struttura primaria, cioè la concatenazione degli amminoacidi, rimane inalterata, mentre si verifica la demolizione della struttura terziaria della proteina passando da una forma globulare, tridimensionale, a una struttura disordinata.



**Figura 18**

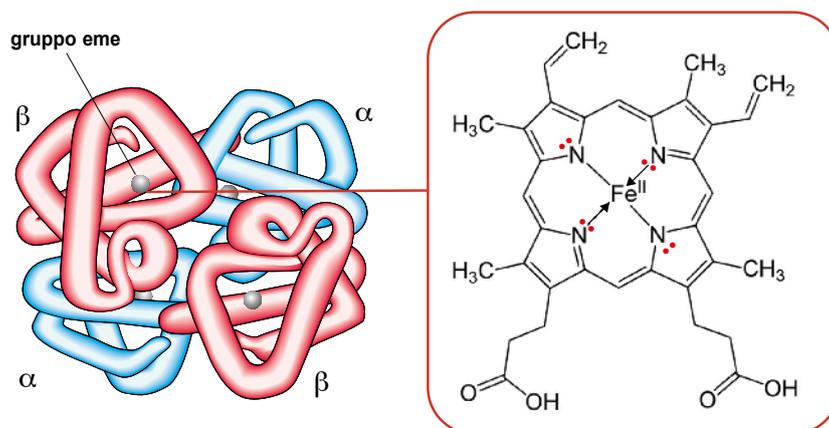
La cottura provoca la denaturazione termica dell'albume, una proteina delle uova, che si trasforma in una sostanza solida bianca.

La denaturazione delle proteine si verifica anche a pH molto basici. In seguito alla denaturazione, le proteine perdono la loro attività biologica, in particolare la loro attività enzimatica.

## Struttura quaternaria delle proteine

Alcune proteine presentano una struttura quaternaria in cui due o più subunità si associano tra loro.

L'**emoglobina** (in breve, Hb), per esempio, è formata da quattro segmenti polipeptidici quasi sferici (**figura 19**), indicati con le lettere  $\alpha$  e  $\beta$ , ciascuno contenente uno ione ferro(II), al centro di una struttura organica chiamata *eme*. Le quattro subunità sono tenute assieme da forze elettrostatiche. L'emoglobina è contenuta nei globuli rossi del sangue.



**Figura 19**

Struttura quaternaria dell'emoglobina. Ogni gruppo eme può legarsi chimicamente a una molecola di ossigeno. Poiché sono presenti quattro gruppi eme, l'emoglobina può trasportare quattro molecole di  $O_2$ .

La funzione svolta da questa proteina è quella di trasportare ossigeno dai polmoni ai tessuti del corpo. Nel tragitto inverso, dai tessuti ai polmoni, l'emoglobina trasporta diossido di carbonio ( $CO_2$ ), il prodotto di scarto della respirazione cellulare, che viene espulso dal corpo con l'aria espirata.

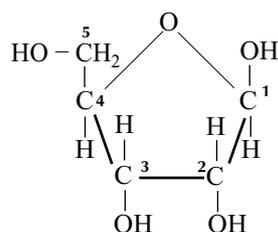
La sostituzione di un solo amminoacido può compromettere la funzionalità di una proteina. Nel caso dell'emoglobina, ad esempio, la sostituzione di una valina con l'acido glutammico in una catena  $\beta$  causa l'*anemia falciforme*, una grave malattia.

## 5 Gli acidi nucleici sono costituiti dai nucleotidi

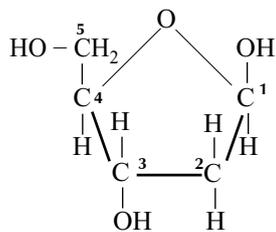
Gli **acidi nucleici** sono polimeri costituiti da strutture di base chiamate **nucleotidi**. Ciascun nucleotide contiene uno zucchero, una base e l'acido fosforico.

Lo zucchero può essere il *ribosio* oppure il *2-deossiribosio*, due pentosi (zuccheri a cinque atomi di C).

Questi due monosaccaridi differiscono per un gruppo  $-OH$ : il 2-deossiribosio ne è privo in posizione 2.



D-ribosio



2-deossi-D-ribosio

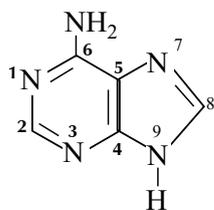


### IN ENGLISH

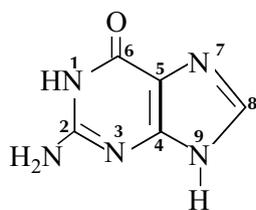
#### Nucleic acids

are macromolecules consisting of basic structures called nucleotides. Each nucleotide contains a sugar, a base, and phosphoric acid.

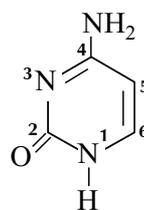
Gli acidi nucleici prendono il nome dallo zucchero dei loro nucleotidi. L'**acido deossiribonucleico (DNA)** contiene il deossiribosio, mentre l'**acido ribonucleico (RNA)** contiene il ribosio. L'altro componente dei nucleotidi è una *base eterociclica azotata*. Tre di queste sono presenti sia nel DNA sia nell'RNA.



adenina (A)



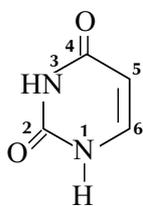
guanina (G)



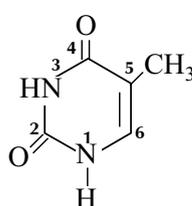
citosina (C)

Oltre a queste, negli acidi nucleici è presente una quarta base azotata: l'uracile nell'RNA e la timina nel DNA.

La timina, rispetto all'uracile, presenta un CH<sub>3</sub> in posizione 5.



uracile (U)



timina (T)

Si adotta la convenzione di indicare gli atomi di carbonio del monosaccaride con un apice, mentre gli atomi di carbonio della base eterociclica sono privi di apice. I 2-deossiribonucleotidi del DNA hanno la seguente struttura generale:

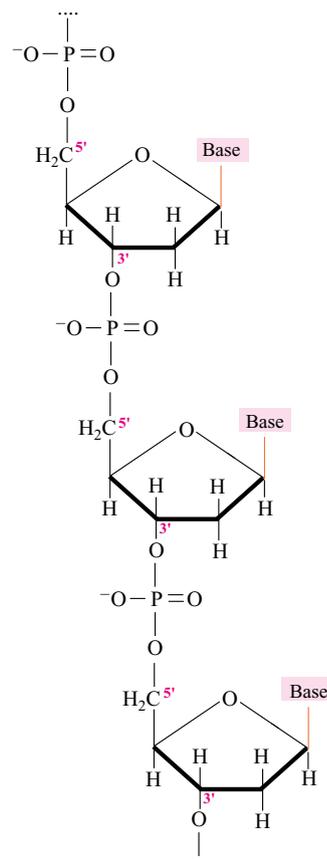
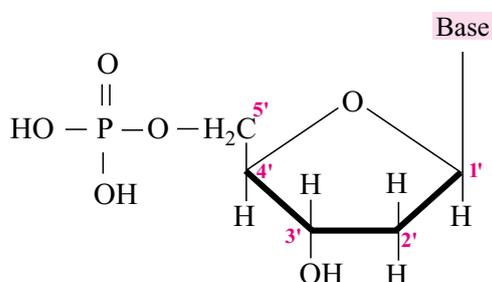


Figura 20

Parte di un filamento di DNA. Lo zucchero è il 2-deossiribosio.

I nucleotidi che compongono i lunghi filamenti degli acidi nucleici sono uniti tra loro mediante gruppi fosfato che congiungono il carbonio 3' di un monosaccaride al carbonio 5' del monosaccaride successivo (figura 20).

## La struttura del DNA

Il biochimico americano Erwin Chargaff, nel 1950, utilizzando la cromatografia su carta per l'analisi degli acidi nucleici, determinò che, nel DNA, il rapporto adenina/timina e il rapporto guanina/citosina è di 1:1.

In quello stesso periodo, nel laboratorio del King's College di Londra una brillante ricercatrice, **Rosalind Franklin** (1920-1958), conduceva indagini con i raggi X sul sale di sodio cristallino dell'acido deossiribonucleico (DNA) estratto dal timo di vitello.



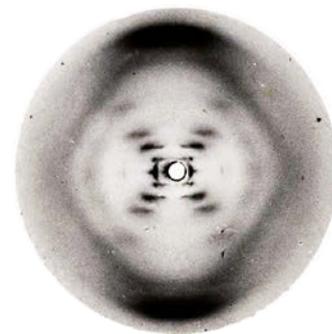
Rosalind FRANKLIN

(1920-1958), biologa inglese, ebbe un ruolo importante nella determinazione della struttura del DNA.

Una di queste fotografie ai raggi X risultò decisiva per spiegare la struttura del DNA (**figura 21**).

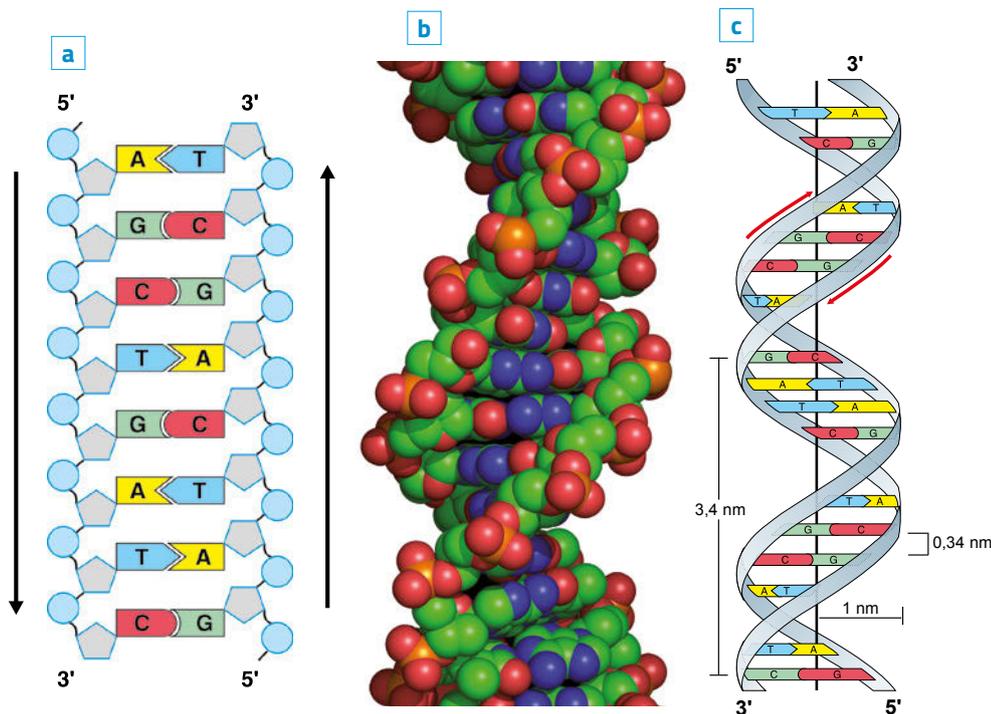
Analizzando le macchie scure al centro della lastra fotografica, che evidenziavano un andamento a forma di X, la Franklin ipotizzò che il DNA avesse una *struttura elicoidale*.

James Watson e Francis Crick, che lavoravano al Cavendish Laboratory all'Università di Cambridge (Regno Unito), intuirono che nella molecola di DNA ci siano due filamenti, avvolti a *doppia elica* l'uno attorno all'altro, tenuti insieme da legami a idrogeno (**figura 22**).



**Figura 21**

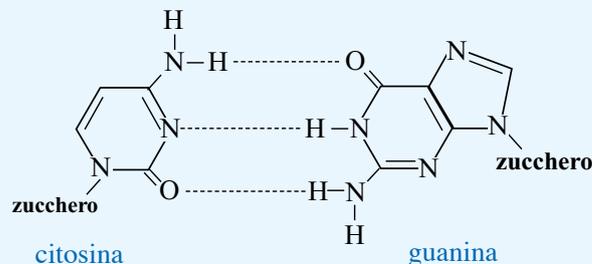
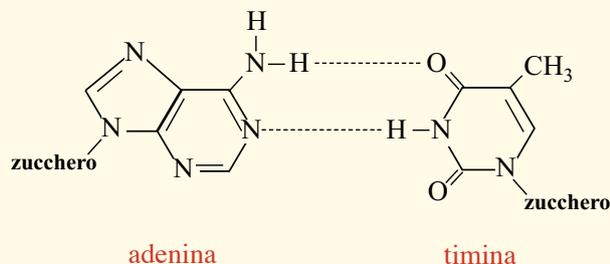
Immagine di diffrazione ai raggi X effettuata su un sale di sodio cristallino di DNA da Rosalind Franklin.



**Figura 22**

**a.** Rappresentazione bidimensionale delle due catene di un segmento di DNA: viene evidenziato l'appaiamento tra le basi, la posizione delle unità di 2-deossiribosio e dei gruppi fosfato. Nel DNA i due filamenti sono orientati in direzioni opposte, cioè sono antiparalleli.  
**b.** Modello del DNA con gli atomi che lo compongono.  
**c.** I nastri grigi rappresentano le catene di zucchero e fosfato. Nella doppia elica di DNA l'estremità 5' di un filamento è appaiata all'estremità 3' dell'altro e viceversa.

I legami a idrogeno si stabiliscono tra coppie di basi appartenenti ai due filamenti di DNA. Poiché i “gradini” tra i due filamenti hanno tutti la stessa lunghezza, se ne dedusse che l'*adenina* (A) si accoppia con la *timina* (T) e la *citocina* (C) con la *guanina* (G). Adenina-timina (A-T) e citosina-guanina (C-G) costituiscono due coppie di **basi complementari**.



### FISSA I CONCETTI

**Scegli il completamento corretto.**

- Un *nucleotide / acido nucleico* è costituito da uno zucchero, una base azotata e un gruppo fosfato.
- Adenina e timina sono *basi / zuccheri* complementari, che si appaiano tramite legami a idrogeno.
- Il DNA / L'RNA ha una struttura a doppia elica.

## 6 Gli enzimi

Gli **enzimi** sono *catalizzatori biologici* che accelerano determinate reazioni metaboliche a livello cellulare.

Come i catalizzatori inorganici, partecipano alle reazioni senza alterare i valori di concentrazione all'equilibrio e senza subire modificazioni alla fine della reazione.

Dai primi studi risultò evidente che gli enzimi sono *proteine*; infatti, si denaturano con il calore perdendo la loro azione catalitica. Ciò spiega perché il corpo umano non riesce a sopravvivere alle alte temperature, che provocano la denaturazione di enzimi e proteine.

La caratteristica fondamentale degli enzimi è la *specificità* per il **substrato**, che è la sostanza che deve essere trasformata dalla reazione enzimatica.

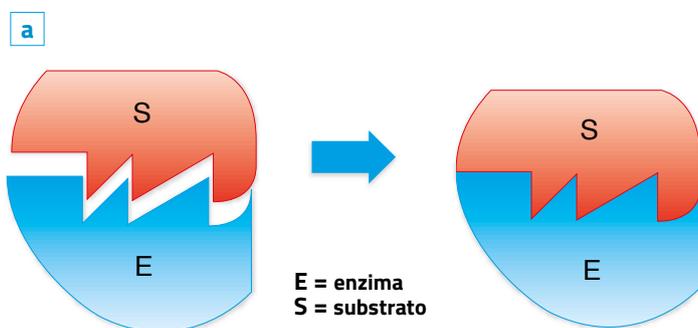
Per spiegare la specificità di reazione bisogna ammettere che l'enzima possiede dei centri attivi, rappresentabili come tasche o incavi, in cui vanno a incastrarsi le molecole del substrato, di forma com



**IN ENGLISH**

**Enzymes** are biological catalysts that speed up certain metabolic reactions at the cellular level.

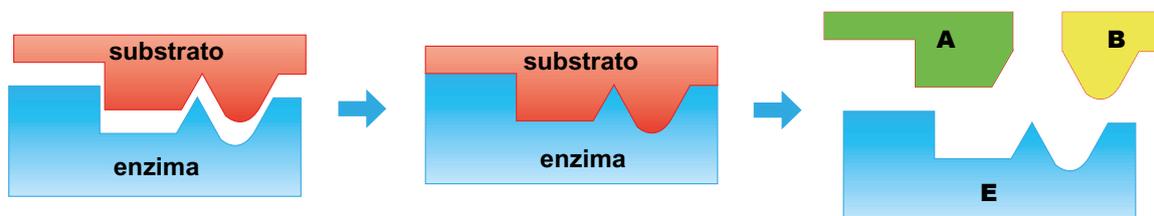
Enzymes, like inorganic catalysts, take part in reactions without altering equilibrium concentrations and remaining unchanged at the end of the reaction.



**Figura 23**

**a.** Meccanismo chiave-serratura tra enzima e substrato. **b.** Ricostruzione al computer della struttura dell'enzima acetilcolinesterasi, fondamentale per le funzioni nervose in tutti i mammiferi.

Inoltre, il substrato deve avere un legame chimico che possa subire l'attacco da parte dell'enzima. Ad esempio, la reazione di idrolisi di un estere (substrato) può procedere con il seguente schema (**figura 24**).



**Figura 24**

Meccanismo della reazione di idrolisi a opera di un enzima.

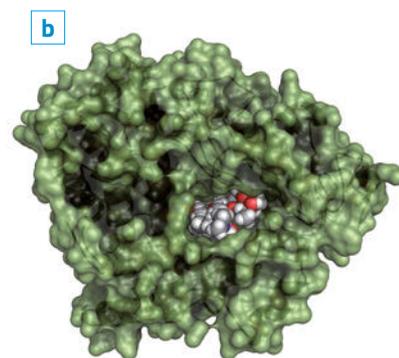
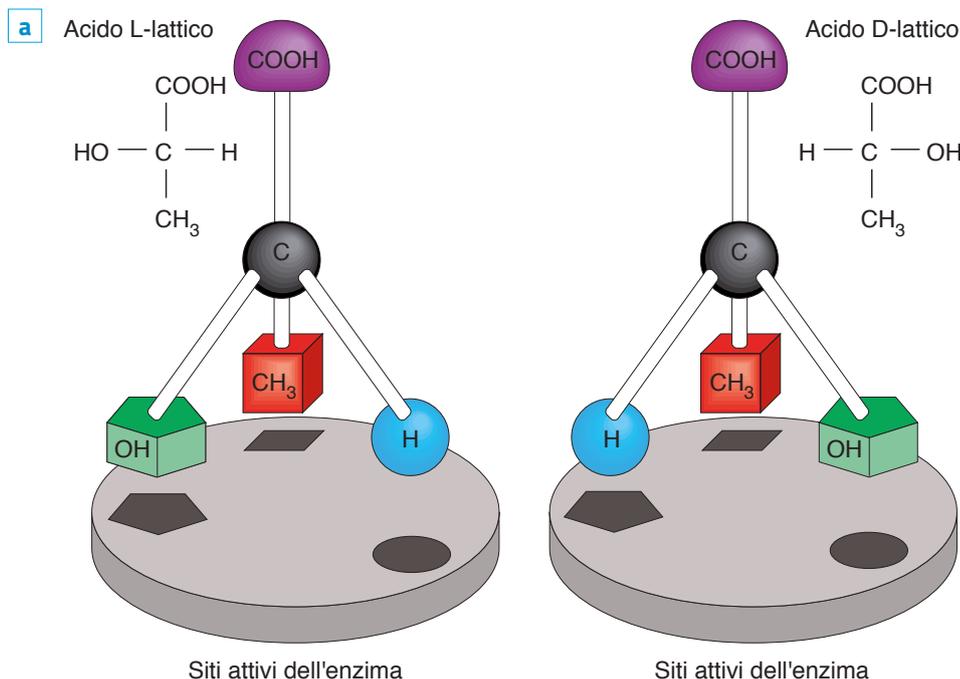
La molecola dell'enzima forma con il substrato un complesso instabile detto **complesso enzima-substrato**. Avvenuta la reazione, si liberano acido (A) e un alcol (B) (**figura 24**).

La specificità di azione degli enzimi può essere evidenziata in presenza di enantiomeri. Dei due enantiomeri, l'acido L-lattico e l'acido D-lattico, l'enzima **latticodeidrogenasi** del muscolo sceglie selettivamente solo uno dei due, cioè l'acido L-lattico, per dare acido piruvico.

Nelle strutture di Fischer, l'acido L-lattico ha il gruppo – OH a sinistra rispetto all'osservatore, mentre l'acido D-lattico ha il gruppo – OH a destra dell'osservatore a pag. 18.

Dalla **figura 25** si può notare che solo l'*enantiomero L-lattico* si presenta complementare in alcuni punti (siti attivi) dell'enzima *latticodeidrogenasi* e può essere ossidato ad acido piruvico, mentre l'*enantiomero D-lattico*, comunque venga ruotato, non può incastrarsi nei siti attivi.

La complementarità tra substrato ed enzima, con una immagine efficace, è rappresentata come una chiave che deve avere un profilo particolare perché, ruotando, possa far scattare il meccanismo di apertura o di chiusura di una serratura.



**Figura 25**  
**a.** Specificità dell'enzima latticodeidrogenasi del muscolo per l'acido L-lattico.  
**b.** Rappresentazione al computer di un complesso enzima-substrato.

## 7 Le vitamine

Le **vitamine** sono sostanze organiche necessarie per l'accrescimento dell'organismo e per il suo mantenimento.

Una prima classificazione distingue le vitamine in due gruppi in base alla loro *solubilità* (una proprietà fisica) (**tabella 2**):

- **idrosolubili**, solubili in acqua, presenti in prevalenza negli alimenti contenenti acqua (carne, frutta, verdura);
- **liposolubili**, solubili nei grassi e nei solventi dei grassi, presenti in prevalenza negli alimenti contenenti grassi (latte, uova, oli).



### IN ENGLISH

**Vitamins** are organic substances necessary for the growth and maintenance of the human organism.

La *carenza di vitamine* determina vere e proprie patologie. Con una dieta varia non si arriva a stati di *avitaminosi*, una condizione molto comune un tempo.

Le vitamine sono necessarie nella dieta in piccole quantità: per la *vitamina B<sub>12</sub>* (la struttura della vitamina B<sub>12</sub> fu determinata da **Dorothy Hodgkin**) bastano pochi microgrammi, per la *vitamina C* qualche decina di milligrammi. I processi biologici necessitano di catalizzatori, gli enzimi. Gli enzimi sono proteine che, per svolgere la loro azione catalitica, richiedono la presenza di molecole non proteiche, a cui sono unite con legami covalenti.

Le molecole che interagiscono con gli enzimi sono dette **coenzimi**. Molti coenzimi sono vitamine. Queste, per il fatto di prendere parte alla *catalisi enzimatica*, al termine della reazione spesso si trovano modificate nella struttura e, pertanto, devono essere reintegrate con la dieta.

**Tabella 2** Vitamine

### Vitamine liposolubili

Vitamina	Fonte alimentare	Azione
<b>A</b>	Burro, latte, uova, pomodori, banane.	È attiva nella crescita. Partecipa al processo della visione.
<b>D<sub>3</sub> (colecalfiferolo)</b>	Latte, uova, pesce.	Interviene nel processo di accrescimento delle ossa.
<b>E (tocoferolo)</b>	Grassi e oli animali e vegetali.	Non è chiara la sua azione contro la sterilità. Previene la distrofia muscolare. Antiossidante.
<b>K<sub>1</sub></b>	Foglie verdi e legumi.	Antiemorragico. Favorisce la normale coagulazione del sangue.
<b>K<sub>2</sub></b>	Prodotto del metabolismo batterico intestinale.	

### Vitamine idrosolubili

Vitamina	Fonte alimentare	Azione
<b>B<sub>1</sub> (tiamina)</b>	Carne, lievito, noci.	Antineuritica e antiberiberi.
<b>B<sub>2</sub> (riboflavina)</b>	Latte, carne.	Presente nel coenzima FAD.
<b>B<sub>6</sub> (piridossina)</b>	È presente in quasi tutti gli alimenti.	Partecipa al metabolismo degli amminoacidi.
<b>B<sub>3</sub> (PP) (niacina)</b>	Fegato e lievito.	Antipellagra. Precursore di NAD <sup>+</sup> e NADP <sup>+</sup> .
<b>Acido pantotenico</b>	È presente in molti alimenti.	Partecipa al metabolismo di tutti gli alimenti. Coenzima A.
<b>Biotina</b>	È presente in molti alimenti.	Partecipa a reazioni biochimiche. Introduce CO <sub>2</sub> per formare - COOH.
<b>Acido folico</b>	Foglie verdi.	Partecipa a molte reazioni biochimiche.
<b>B<sub>12</sub> (cianocobalamina)</b>	Latte, carne, pesce, molluschi. È assente nei vegetali.	Antianemica. Ha influenza nella formazione del sangue.
<b>Vitamina C (acido ascorbico)</b>	Agrumi, pomodori, kiwi, peperoni.	Antinfettiva.



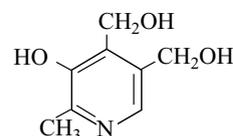
#### Dorothy HODGKIN

(1910-1994), biochimica statunitense, vinse il premio Nobel per la chimica nel 1964 per la determinazione della struttura della vitamina B<sub>12</sub>.

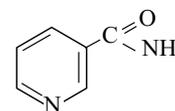
#### FISSA I CONCETTI

##### Non è una vitamina:

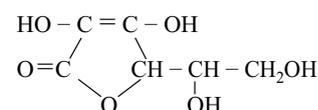
- A** il tocoferolo.
- B** l'acido ascorbico.
- C** l'acetilcolinesterasi.
- D** la riboflavina.



**Vitamina B<sub>6</sub> (piridossina)**



**Vitamina PP (niacina)**



**Vitamina C (acido ascorbico)**



## SINTESE per ripassare i concetti

- La **biochimica** studia le sostanze chimiche nei sistemi viventi. **Lipidi e carboidrati** sono le principali fonti di *energia chimica*. Le **proteine** sono indispensabili per l'accrescimento corporeo; tutti i catalizzatori cellulari, detti **enzimi**, sono proteine, il cui funzionamento dipende in molti casi dalla presenza di vitamine e/o ioni metallici. L'*informazione* necessaria per lo svolgimento di tutte le funzioni dei sistemi viventi è contenuta nelle molecole degli **acidi nucleici**, responsabili della trasmissione dei caratteri ereditari e della sintesi proteica.
- Hanno una struttura chirale quegli oggetti in cui, ad esempio, la mano destra non è sovrapponibile alla mano sinistra. Un atomo di carbonio legato a quattro gruppi differenti è **chirale** (si dice anche che è un "centro chirale").
  - Due molecole si definiscono **enantiomeri** quando sono l'una l'immagine speculare dell'altra, senza essere sovrapponibili.
- I **carboidrati** (o **glucidi**) sono molecole che contengono più di un gruppo alcolico ( $-OH$ ) e il gruppo carbonilico ( $-CO-$ ) di un'aldeide o di un chetone.
  - I **monosaccaridi**, gli zuccheri più semplici, sono distinti in *aldosi* (contengono un gruppo aldeidico,  $-CHO$ ) e *chetosi* (contengono il carbonile di un chetone). Il glucosio, ad esempio, è un aldoseso (uno zucchero a sei atomi di C, con un gruppo aldeidico), mentre il fruttosio è un chetoseso (uno zucchero a sei atomi di C, con un gruppo chetonico). Nella **proiezione di Fischer**, i monosaccaridi della **serie D**, i più abbondanti in natura, presentano il gruppo  $-OH$  del carbonio chirale più lontano dal gruppo carbonilico *a destra* della catena carboniosa. In soluzione acquosa, la reazione tra un gruppo alcolico e un gruppo carbonilico di una stessa molecola di monosaccaride dà origine a un etere ciclico (un *emiacetale*) Nella reazione si forma un nuovo centro chirale e i due possibili isomeri sono detti **anomeri**.
  - Gli zuccheri costituiti dall'unione di due monosaccaridi sono detti **disaccaridi**. Il lattosio, ad esempio, è formato da galattosio e glucosio uniti da un **legame glicosidico**.
  - I **polisaccaridi** (amido, cellulosa, glicogeno) sono polimeri formati da migliaia di unità di monosaccaridi legate tra loro in catene lineari e/o ramificate.
- Gli **amminoacidi** che costituiscono le proteine presentano un gruppo  $-NH_2$  e un gruppo  $-COOH$  legati allo stesso atomo di carbonio, detto *carbonio alfa*.
  - Due amminoacidi possono legarsi tra loro con un **legame peptidico** (nella reazione viene eliminata una molecola di acqua). L'unione di molti amminoacidi dà origine a un **polipeptide** o a una **proteina** (se la massa molecolare è maggiore di 20 000).
  - La struttura di una proteina viene descritta secondo quattro livelli di organizzazione: **struttura primaria** (cioè la sequenza degli amminoacidi che costituiscono la catena polipeptidica), **struttura secondaria** (cioè il ripiegamento della catena, a livello locale, in  $\alpha$ -eliche e foglietti- $\beta$ ), **struttura terziaria** (cioè la conformazione complessiva della molecola, ad esempio globulare) e **struttura quaternaria** (quando la proteina è formata da più di una subunità polipeptidica).

## SINTESI per ripassare i concetti

- Gli **acidi nucleici** sono macromolecole costituite da lunghe sequenze di nucleotidi. Ogni **nucleotide** contiene uno zucchero, una base azotata e un gruppo fosfato. Le basi azotate sono ammine eterocicliche; quelle presenti negli acidi nucleici sono: adenina (A), guanina (G), citosina (C), timina (T) e uracile (U).
  - Nell'**acido deossiribonucleico** (DNA) lo zucchero è il 2-deossiribosio e le quattro basi sono: adenina, guanina, citosina e timina. Le molecole di DNA sono costituite da due filamenti tenuti insieme da legami a idrogeno fra le **basi complementari**: A si appaia con T, G si appaia con C.
  - Nell'**acido ribonucleico** (RNA) lo zucchero è il ribosio e le quattro basi sono: adenina, guanina, citosina e uracile (invece della timina).
- Gli **enzimi** sono proteine con attività catalitica, che accelerano specifiche reazioni metaboliche a livello cellulare.
- Le **vitamine** sono sostanze organiche necessarie per l'accrescimento e il sostentamento degli organismi. Si dividono in **liposolubili** (ad esempio la vitamina A) e **idrosolubili** (ad esempio la vitamina C). Molte vitamine sono **coenzimi**, cioè fattori necessari per lo svolgimento dell'attività di specifici enzimi.
- I **lipidi** sono biomolecole che si sciolgono nei solventi apolari e sono insolubili in acqua. In particolare, **trigliceridi** sono esteri del glicerolo (un alcol con tre gruppi ossidrilici) con i cosiddetti **acidi grassi**, ovvero acidi monocarbossilici a lunga catena, spesso insatura.

# MAPPA per visualizzare i collegamenti

MAPPA

## LE BIOMOLECOLE

**CARBOIDRATI**

**PROTEINE**

si distinguono in

derivano dalla  
combinazione  
chimica di

**monosaccaridi**

**disaccaridi**

**polisaccaridi**

**20 amminoacidi**

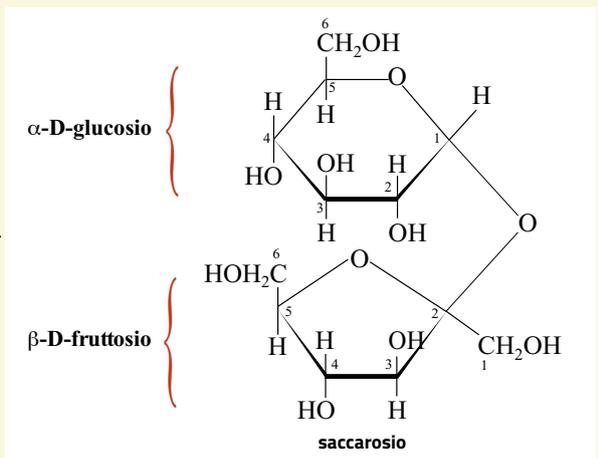
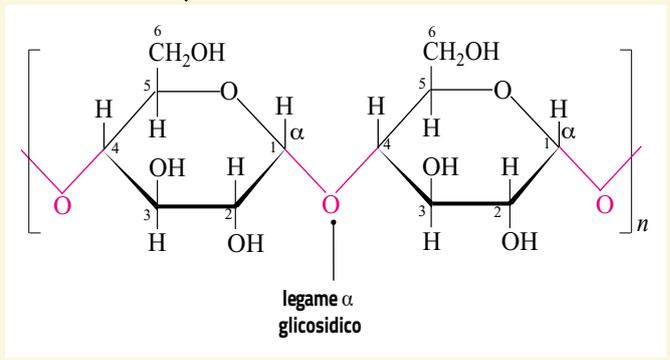
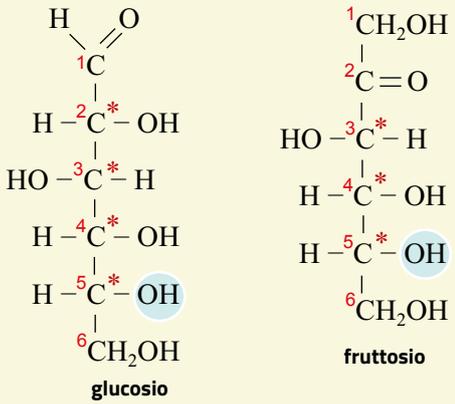
**glucosio  
e fruttosio**  
ad esempio  
strutture a 6  
atomi di carbonio

**saccarosio  
lattosio  
maltosio**

**amido  
cellulosa  
glicogeno**

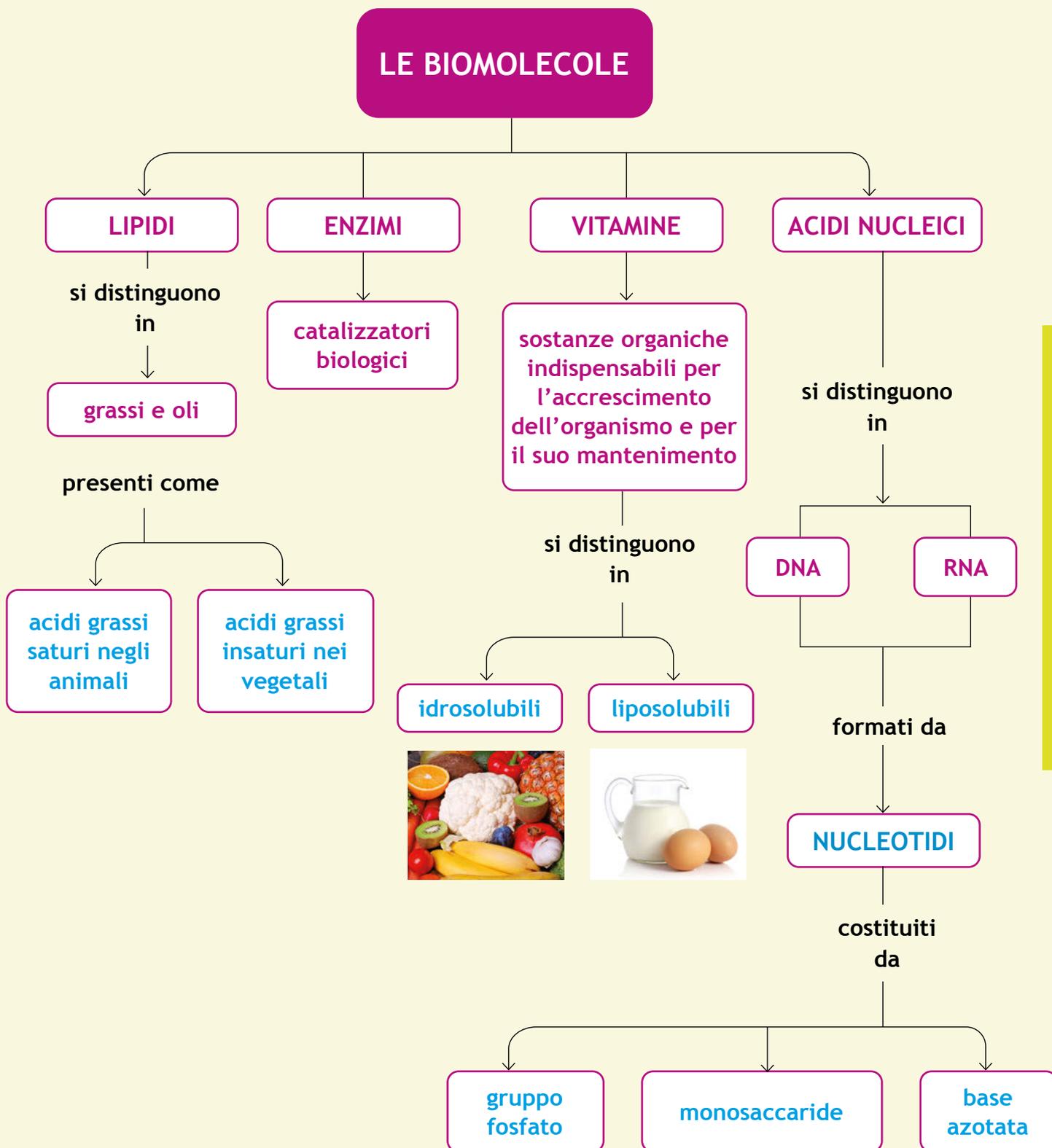
uniti tra  
di loro da

**legami peptidici**



# MAPPA per visualizzare i collegamenti

MAPPA





**13 Vero o Falso?**

- a.** Il prodotto di condensazione di due monosaccaridi è detto dimero.
- b.** La cellulosa è digeribile dagli esseri umani.
- c.** Gli esseri umani digeriscono l'amido.

**4. Le proteine sono costituite da aminoacidi****14 Si definisce "amminoacido" un composto:**

- A** ottenuto per sintesi di una ammina con un acido carbossilico.
- B** con un gruppo alcolico e un gruppo carbossilico.
- C** con un gruppo amminico e un gruppo carbossilico.
- D** che deriva dall'idrolisi di un polisaccaride.

**15 Indica l'affermazione ERRATA. I 10 aminoacidi essenziali:**

- A** devono essere introdotti con la dieta.
- B** non vengono sintetizzati nel corpo umano.
- C** se carenti, possono provocare gravi patologie.
- D** sono i più abbondanti nel corpo umano.

**16 Gli aminoacidi non essenziali:**

- A** non partecipano alla sintesi proteica.
- B** sono sintetizzati dal corpo umano.
- C** non sono necessari per il corpo umano.
- D** si degradano con la luce.

**17 Indica l'affermazione ERRATA riguardo alle proteine.**

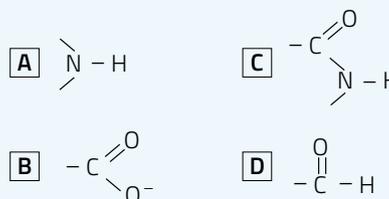
- A** Sono formate da catene di aminoacidi uniti da legami a idrogeno.
- B** Sono formate da aminoacidi uniti mediante legami peptidici.
- C** Possono contenere segmenti avvolti ad  $\alpha$ -elica.
- D** Possono essere formate da più di una catena polipeptidica.

**18 Se una proteina viene riscaldata a 70 °C, si modifica la sua struttura:**

- A** primaria.
- B** secondaria.
- C** terziaria.
- D** quaternaria.

**19 La denaturazione delle proteine NON avviene:**

- A** a pH molto bassi.
- B** a pH molto alti.
- C** al pH fisiologico.
- D** ad alta temperatura.

**20 Individua il legame peptidico:****21 La struttura secondaria di una proteina è definita:**

- A** dalla sequenza degli aminoacidi.
- B** dalla sua forma globulare o fibrosa.
- C** dagli avvolgimenti ad  $\alpha$ -elica di alcune sue parti.
- D** dai ponti disolfuro ( $-S-S-$ ).

**5. Gli acidi nucleici sono costituiti da nucleotidi****22 Un nucleotide è costituito da:**

- A** un pentoso e un gruppo fosfato.
- B** un esoso e un gruppo fosfato.
- C** un pentoso e una base eterociclica.
- D** un pentoso, una base eterociclica e il gruppo fosfato.

**23 Il ribosio è un monosaccaride con:**

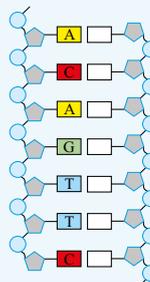
- A** due atomi di carbonio.
- B** tre atomi di carbonio.
- C** quattro atomi di carbonio.
- D** cinque atomi di carbonio.

**24 NON è un componente del DNA:**

- A** il glucosio.
- B** il gruppo fosfato.
- C** l'adenina.
- D** la base G.

**25 Indica l'affermazione ERRATA.**

- A** Timina e citosina hanno una struttura analoga alla pirimidina.
- B** Timina e citosina si accoppiano tra loro.
- C** Timina e adenina si accoppiano tra loro.
- D** La timina è indicata in breve con la lettera T.

**26 Scrivi la sequenza di nucleotidi complementare a quella riportata di seguito.**

## 6. Gli enzimi

## 7. Le vitamine

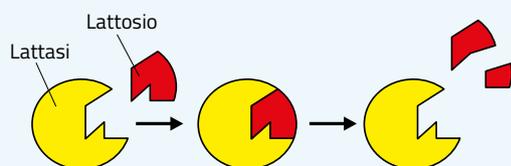
### 27 Gli enzimi sono:

- A** vitamine.
- B** costituiti da acidi nucleici.
- C** polisaccaridi.
- D** proteine.

### 28 Indica l'affermazione ERRATA. Un enzima:

- A** è un catalizzatore biologico specifico.
- B** è caratterizzato dalla presenza di un sito attivo.
- C** resiste bene al calore.
- D** è una proteina.

### 29 Osserva la figura e rispondi alle seguenti domande.



- a. Quale tipo di meccanismo enzimatico è rappresentato in figura?
- b. Quali prodotti si ottengono dalla scissione del lattosio?
- c. Se l'enzima lattasi non funziona, quali disturbi ne conseguono?

### 30 Indica l'affermazione ERRATA. Le vitamine:

- A** sono i precursori e i componenti molecolari di molti coenzimi.
- B** sono indispensabili agli organismi in grande quantità.
- C** non vengono in genere sintetizzate dal corpo umano.
- D** sono distinte in liposolubili (ad esempio vitamina E) e idrosolubili (ad esempio vitamina C).

## 8. I lipidi

### 31 Indica l'affermazione ERRATA. I lipidi:

- A** sono insolubili in acqua e solubili nei solventi organici.
- B** comprendono grassi e oli.
- C** sono solubili in acqua.
- D** hanno parti idrofobiche costituite da lunghe catene idrocarburiche.

### 32 Gli acidi grassi:

- A** formano i trigliceridi con l'etanolo.
- B** formano i trigliceridi con il glicerolo.
- C** sono idrofili.
- D** non contengono mai doppi legami tra atomi di carbonio.



IN ENGLISH

## Take a test

### 1 Glucose is water soluble because:

- A** it has more than one chiral carbon atom.
- B** contains – OH groups that form hydrogen bonds with water.
- C** it is a non polar molecule.
- D** it is deliquescent.

### 2 Cellulose:

- A** is a polysaccharide made of  $\beta$ -D-glucose.
- B** is digested by enzymes of the human body.
- C** is a disaccharide made of  $\beta$ -D-glucose.
- D** is a protein.

### 3 True or False?

- T**  **F** a. Substrates fit into the active site of their enzymes.
- T**  **F** b. If enzymes are exposed to extremes pH, the shape of their active site may change.
- T**  **F** c. Enzymes are lipids.

### 4 High temperatures:

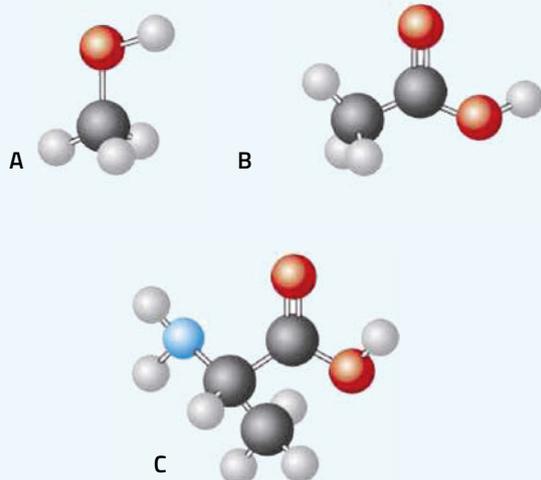
- A** kill enzymes.
- B** denature enzymes.
- C** destroy enzymes.
- D** denature sugars.

### 5 Lipids:

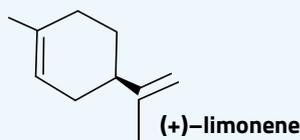
- A** are large molecules made from amino acids.
- B** include collagen and haemoglobin.
- C** are fats and oils.
- D** are soluble in water.

## Verifica le competenze

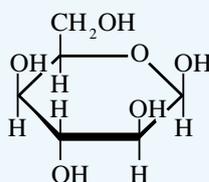
- 1** **LAVORA CON I MODELLI** Osserva i modelli molecolari: quali composti rappresentano?



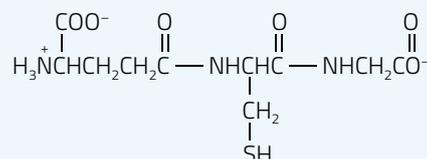
- 2** **LAVORA CON I MODELLI** Di seguito è riportata la formula del (+)-limonene, un componente delle arance. Qual è il centro chirale della molecola?



- 3** **LAVORA CON I MODELLI** Gli zuccheri (o carboidrati) formano prontamente emiacetali ciclici; il carbonio che fa parte del legame emiacetalico (e che originariamente apparteneva al gruppo carbonile, C = O) è detto carbonio anomero. Sapresti indicare il carbonio anomero nel seguente zucchero?

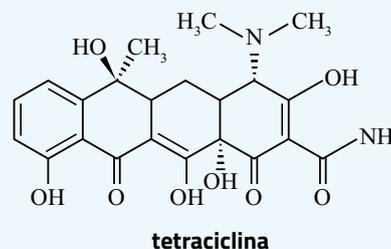


- 4** **LAVORA CON I MODELLI** Il glutatone è un potente antiossidante, che difende il corpo umano da tossine e altre molecole dannose. Osserva la struttura del glutatone.



Con l'aiuto della tabella 1 di questo capitolo o di materiali analoghi che trovi in internet, sapresti individuare i tre amminoacidi che compongono il glutatone?

- 5** **APPLICA** La tetraciclina è un antibiotico di ampio spettro, cioè efficace contro un'ampia varietà di batteri. Quanti centri asimmetrici contiene la tetraciclina?



- 6** **APPLICA** Usando il codice a tre lettere fornito tra parentesi, scrivi i possibili tripeptidi formati da alanina (Ala), glicina (Gly) e metionina (Met).



- 7** **RICERCA E COMUNICA** A volte si sente dire che le proteine di origine animale sono proteine "nobili", al confronto di quelle vegetali. Eppure sia le proteine animali sia quelle vegetali sono formate dagli stessi 20 amminoacidi. Fai una ricerca in internet per spiegare questa affermazione.



## Dove vanno a finire le materie plastiche?

L'invenzione della plastica ha rivoluzionato la vita moderna. I primi polimeri nacquero sfruttando molecole presenti in natura come il caucciù, la cellulosa e la lignina.

Il primo polimero sintetico, il **nitrate di cellulosa**, fu preparato da Christian F. Schönbein nel 1840, mescolando cotone, acido nitrico e acido solforico; in seguito, il tipografo statunitense John W. Hyatt brevettò la **celluloide** (figura 1), ottenuta facendo reagire la cellulosa con acido nitrico e canfora.

Nel XX secolo si ottennero nuovi polimeri derivati dal petrolio come il **moplen**, frutto della *polimerizzazione stereospecifica* del propene: le scoperte nel campo dei polimeri valsero al chimico italiano Giulio Natta il premio Nobel per la chimica, condiviso con Karl Ziegler nel 1963.

Ogni anno utilizziamo circa 350 milioni di tonnellate di materie plastiche, 50 kilogrammi per abitante del pianeta, e solo il 9% viene riciclata o riusata. La restante parte finisce per lo più nelle discariche o in mare: ben cinquemila miliardi di frammenti e rifiuti di plastica sono al momento presenti in cinque aree degli oceani terrestri, incanalati dalle correnti in vere e proprie "isole di rifiuti". Con il tempo, e sotto l'effetto degli agenti atmosferici e marini, le plastiche disperse in mare si degradano fino a formare frammenti inferiori a 5 mm: le **microplastiche**.

La plastica ha un impatto generalmente negativo sugli ecosistemi marini e le microplastiche, in particolare, vengono facilmente ingerite dal plancton entrando così nelle catene alimentari (figura 2).

Per contenere questo tipo di inquinamento, è utile impiegare **bioplastiche** (o **biopolimeri**), prodotte a partire da materie prime di origine rinnovabile e/o biodegradabili: quelle ottenute dall'amido costituiscono oggi il 75-80% del totale dei biopolimeri prodotti. Tuttavia, occorrerebbero colture molto estese, con il conseguente consumo di acqua e di suolo, per poter sostituire completamente le plastiche di origine petrolchimica con i biopolimeri. E non è ancora ben chiaro se il processo di produzione delle bioplastiche sarebbe sostenibile dal punto di vista del cambiamento climatico. In teoria, infatti, le piante "estraggono" carbonio dall'atmosfera per convertirlo in scheletri carboniosi, ma gli additivi usati e le condizioni dei processi di sintesi industriale (e poi di distribuzione) potrebbero contribuire a un saldo comunque sfavorevole in termini di emissioni di carbonio. Inoltre, non tutte le bioplastiche sono **biodegradabili**, cioè possono essere decomposte da microrganismi (batteri o funghi) e trasformate in sostanze inorganiche (acqua, diossido di carbonio e/o metano) o biomassa, e solo poche sono **compostabili**, cioè convertibili in compost (un materiale simile al terriccio che viene utilizzato per la concimazione).

In conclusione, la bioplastica ha sicuramente un impatto ambientale inferiore rispetto alla plastica tradizionale, ma quando si degrada non è esente da problemi, come l'eutrofizzazione delle acque e l'acidificazione dei terreni.

OFFICINA  
STEM

**Figura 1**

Le prime pellicole per film e fotografie erano in celluloide, un materiale altamente infiammabile che fu poi sostituito da altri meno pericolosi.

**Figura 2**

I frammenti che derivano dalla degradazione delle plastiche sono nocivi per gli ambienti marini.



DDI

COMPITO DI REALTÀ

Quali sono i possibili rimedi? La raccolta differenziata, il riciclo, il recupero e il riutilizzo, soprattutto degli imballaggi. Ma, soprattutto, per un futuro sostenibile dovremo abituarci a usare sempre meno le plastiche.

### RISPONDI

**Leggi attentamente il brano, quindi rispondi alle domande utilizzando ciò che hai appreso nello studio di questa unità e di altre discipline. Puoi effettuare ricerche in internet.**

- 1 Che cosa sono le materie plastiche? Da che cosa si ricavano? Come si possono classificare?
- 2 Quali sono i due principali processi di produzione della plastica?
- 3 Che cosa s'intende per polimerizzazione stereospecifica? Fai un esempio.
- 4 Che cosa sono le microplastiche? Perché sono dannose per gli ecosistemi e per la nostra specie?
- 5 Come vengono prodotte le bioplastiche?
- 6 Fornisci una definizione dei seguenti termini:  
biopolimero ■ biodegradabile ■ compostabile ■ compost.
- 7 Qual è la differenza tra *biodegradabile* e *compostabile*?
- 8 Può la bioplastica rappresentare una soluzione al problema dello smaltimento?

### RICERCA

La plastica è una realtà plurale, per cui è più corretto parlare di "materie plastiche", ossia di una grande varietà di polimeri, ognuno con proprie caratteristiche, proprietà e campi di applicazione. In base alle normative DIN 7728 e 16780 (oltre alla ISO 1043/1), a ogni materia plastica è associata una sigla, che la identifica. Le possibilità di smaltimento vengono indicate con simboli in base a un codice specifico. Ad esempio, quando vediamo un oggetto con il numero 1 circondato da frecce a formare un triangolo si tratta di polietilene tereftalato (o PET), un simbolo che troviamo comunemente sulle bottiglie d'acqua.

Ricerca informazioni in internet per completare la **tabella**, indicando per ciascuna plastica il nome, le caratteristiche e le principali applicazioni.

### PRODUCI E COMUNICA

Il fragile equilibrio degli ecosistemi marini è messo in pericolo dalla crescente concentrazione di plastiche di ogni tipo, mentre le catene alimentari stanno subendo danni forse irreparabili.

**LAVORO IN GRUPPO** Dividetevi in gruppi; ogni gruppo ricerca informazioni sull'impatto delle plastiche sulla vita marina. Sceglie fonti affidabili, come ad esempio la sezione del sito dell'UNESCO dedicata all'inquinamento degli oceani. Che cosa possiamo fare individualmente? Ogni gruppo elenca alcuni comportamenti virtuosi e realizza una **infografica** per invitare i coetanei ad adottare comportamenti sostenibili, che riducano la dispersione delle plastiche nell'ambiente.