

# **Biochimica**

Riassunto del volume "Chimica organica Biochimica Biotecnologie"

Federico Cesari  
Liceo Scientifico Carlo Cattaneo, Torino  
dicembre 2022

# Indice

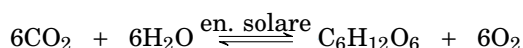
<b>1</b>	<b>I Glucidi</b>	<b>2</b>
1.1	Monosaccaridi . . . . .	2
1.1.1	Nomenclatura . . . . .	2
1.1.2	Forme cicliche . . . . .	3
1.1.3	Reazioni dei monosaccaridi . . . . .	4
1.2	Oligosaccaridi . . . . .	5
1.2.1	Maltosio . . . . .	5
1.2.2	Cellobiosio . . . . .	5
1.2.3	Lattosio . . . . .	5
1.2.4	Saccarosio . . . . .	5
1.2.5	Destrine . . . . .	5
1.3	Polisaccaridi . . . . .	5
1.3.1	Amido . . . . .	6
1.3.2	Cellulosa . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Lipidi</b>	<b>7</b>
2.1	Acidi Grassi . . . . .	7
2.2	Trigliceridi . . . . .	8
2.2.1	Nomenclatura . . . . .	8
2.2.2	Reazioni dei trigliceridi . . . . .	9
2.3	Fosfolipidi . . . . .	10
2.3.1	Glicerofosfolipidi . . . . .	10
2.3.2	Sfingolipidi . . . . .	10
2.3.3	Altri lipidi . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Proteine</b>	<b>11</b>
3.1	Caratteristiche fisiche e chimiche . . . . .	11
3.2	Funzioni delle proteine . . . . .	11
3.3	Struttura delle proteine . . . . .	12
3.3.1	Struttura primaria . . . . .	12
3.3.2	Struttura secondaria (e supersecondaria) . . . . .	12
3.3.3	Struttura terziaria . . . . .	13
3.3.4	Struttura quaternaria . . . . .	13
3.4	Denaturazione delle proteine . . . . .	13
3.5	Enzimi . . . . .	14
3.5.1	Caratteristiche degli enzimi . . . . .	14
3.5.2	Meccanismo d'azione degli enzimi . . . . .	14
3.5.3	Controllo dei processi enzimatici . . . . .	15
<b>4</b>	<b>Nucleotidi e acidi nucleici</b>	<b>16</b>
4.1	Struttura dei nucleotidi . . . . .	16
4.2	NAD e FAD . . . . .	16
4.3	ATP . . . . .	16

# 1 I Glucidi

I glucidi, comunemente chiamati carboidrati o zuccheri, sono composti organici prodotti principalmente dalle piante attraverso il processo di fotosintesi. La formula generale dei glucidi è  $C_n(H_2O)_n$ ; da questa possiamo notare come il numero degli atomi di ossigeno sia sempre la metà del numero degli atomi di idrogeno.

**Caratteristiche generali** : Le molecole di piccole dimensioni sono polari, sono in grado di formare legami a idrogeno e di conseguenza risultano essere solubili in acqua. Molecole più grandi invece perdono la solubilità e se uniti all'acqua formano miscugli collosi detti *colloidi*.

*Fotosintesi*

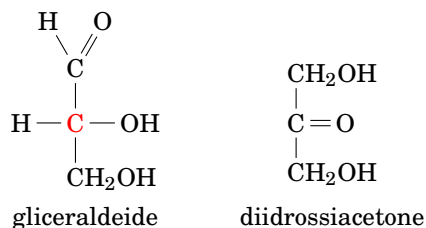


**Distinzione per funzione e complessità** Le funzioni dei glucidi sono distinte in *funzione plastica* e *funzione energetica*. La funzione plastica è riscontrata soprattutto nella cellulosa, quella energetica invece è propria della respirazione cellulare e della fermentazione.

Vengono poi classificati in *mono/oligo/polisaccaridi*.

## 1.1 Monosaccaridi

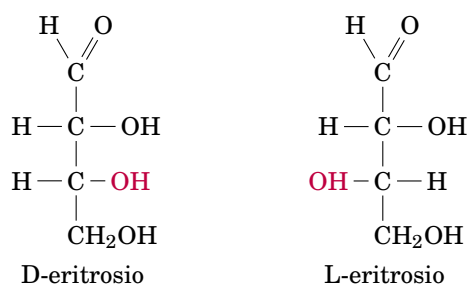
Sono chiamati anche *zuccheri semplici* perché non possono essere scissi in glucidi meno complessi. Sono detti composti polifunzionali perché hanno più gruppi funzionali, possono essere *poliidrossialdeidi* o *poliidrossichetoni*: entrambi con più gruppi funzionali  $-OH$  e rispettivamente un gruppo aldeidico e uno chetonico. I monosaccaridi più semplici sono la gliceraldeide e il diidrossiacetone, entrambi  $C_3H_6O_3$ .



Da notare che nella gliceraldeide il carbonio **C** è uno stereocentro; esistono quindi due enantiomeri in cui il gruppo  $-OH$  si lega a destra o a sinistra. I due enantiomeri vengono rinominati aggiungendo la lettera *D* (se l' $-OH$  è a destra) e *S* (se l' $-OH$  è a sinistra).

### 1.1.1 Nomenclatura

I monosaccaridi assumono nomi diversi in base al numero di atomi di carbonio (da 3 a 8) e in base al gruppo funzionale che li contraddistingue: aldeidico (con prefisso *aldo*) o chetonico (con prefisso *cheto*). Quando la catena carboniosa si fa più lunga si considera il gruppo  $-OH$  più lontano dal gruppo aldeidico o chetonico per assegnare il prefisso *D* o *L*.



Glucidi di maggior interesse		
Aldosi		
Formula	tipo	nome
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$	trioso	D-gliceraldeide
$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$	pentoso	D-ribosio
$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_9$	pentoso	2-desossi-D-ribosio
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	esoso	D-glucosio
$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_6$	esoso	D-galattosio
Chetosi		
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$	trioso	D-diidrossiacetone
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	esoso	D-fruttosio

### 1.1.2 Forme cicliche

Il chimico Bernhard Tollens propose una struttura ciclica formata a seguito della reazione tra un gruppo carbonile e un gruppo alcolico della catena lineare con la conseguente formazione di un *semi-acetale*. Il gruppo  $-\text{OH}$  legato al carbonio 1 si può trovare o sopra o sotto al piano della molecola: in base alla sua posizione si generano le forme  $\alpha$  e  $\beta$ , le due forme sono due isomeri chiamati *anomeri*. Il gruppo ossidrile invece prende il nome di *ossidrile anomerico*. Le molecole cicliche sono rappresentate con la formula di Haworth. La molecola ciclica esagonale assume una forma molto simile al *pirano*, tanto che il glucosio viene anche chiamato *gluco-piranosio*.

La forma ciclica risulta essere decisamente più comune di quella lineare, che esiste solo in soluzione e nello 0.02% dei casi. In forma ciclica il 64% delle molecole è in forma  $\beta$ , il 36% in forma  $\alpha$ .

**Conformazione a barca e a sedia** Gli atomi di carbonio si legano con un angolo di  $109.5^\circ$  portando alla formazione di conformazioni o a sedia o a barca (meno stabile).

**Forme fruttanosiche** Nel caso del fruttosio (chetoesoso) il gruppo chetonico si lega al secondo carbonio, quindi la chiusura della molecola porta alla formazione di un anello pentagonale. Se per gli aldosi la forma ciclica assomigliava a quella del pirano, quella dei chetosi è simile a quella del *furano*; il fruttosio viene quindi chiamato *fruttofuranosio*.

### 1.1.3 Reazioni dei monosaccaridi

I monosaccaridi subiscono tre tipi di reazione:

1. **Ossidazione:** Avviene solamente negli aldosi, gli zuccheri ossidabili sono detti *zuccheri riducenti*.
2. **Riduzione:** Avviene in tutti i monosaccaridi che vengono trasformati in *polioli*.
3. **Deossigenazione:** Perdita di un atomo di ossigeno, può avvenire solo in presenza di enzimi specifici (passaggio da ribosio a desossiribosio).

## 1.2 Oligosaccaridi

Gli oligosaccaridi sono molecole formate da 2 a 10 monosaccaridi uniti tra loro tramite un *legame glucosidico*. Il legame glucosidico si forma dopo una reazione di condensazione che elimina una molecola di acqua lasciando un atomo di ossigeno come "ponte" tra i monosaccaridi.

### 1.2.1 Maltosio

Il maltosio si forma a seguito di una idrolisi enzimatica dell' *amido*, uno polisaccaride che reagendo libera molecole più semplici composte da due molecole di glucosio.

Le due molecole che formano il maltosio sono un *glucosio  $\alpha$*  e uno  *$\beta$*  o due *glucosio  $\alpha$* ; nel primo caso si avrà un *maltosio  $\beta$* , nel secondo un *maltosio  $\alpha$* . Dato che il legame glucosidico è tra i carbonio 1 e 4, rispettivamente della prima e della seconda molecola, per indicarlo si usa il simbolo  $(1 \rightarrow 4)$ .

Il legame stesso potrà essere di tipo  $\alpha$  o  $\beta$  in base se la seconda molecola è di tipo  $\alpha$  o  $\beta$ .

### 1.2.2 Cellobiosio

Il cellobiosio si forma dall'idrolisi della *cellulosa*. A differenza del maltosio, il legame glucosidico del cellobiosio è di tipo  $\beta(1 \rightarrow 4)$ . Più precisamente il cellobiosio è formato da due molecole di  $\beta$ -glucosio.

### 1.2.3 Lattosio

Il lattosio non si forma tramite una reazione ma esiste in natura nella sua composizione; è lo zucchero del latte presente in quello vaccino al  $4-6^\circ$  e in quello umano al  $5-8^\circ$ . La molecola di lattosio è formata da una di  $\beta$ -galattosio e da una di *beta*-glucosio legate tra loro tramite un legame  $\beta(1 \rightarrow 4)$ -glucosidico.

### 1.2.4 Saccarosio

Comune zucchero estratto dalla barbabietola da zucchero o dalla canna da zucchero, è formato da una molecola di  $\alpha$ -glucosio e una di  $\beta$ -fruttosio legate con legame  $\alpha(1 \rightarrow 2)$ -glucosidico.

Il saccarosio nel nostro organismo prende parte a una reazione di idrolisi enzimatica in cui l'enzima è la saccarasi. La reazione è accompagnata dall'inversione delle proprietà ottiche della molecola causata dalla saccarasi, che quindi viene anche chiamata *invertasi*.

### 1.2.5 Destrine

Le destrine sono oligosaccaridi con una particolare attività ottica: fanno ruotare verso destra il piano della luce polarizzata.

## 1.3 Polisaccaridi

I polisaccaridi sono lunghe catene di monosaccaridi (da 10 a diverse migliaia) con formula generale quasi sempre  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . I polisaccaridi sono composti da un solo monosaccaride ripetuto o da due alternati e vista la loro lunghezza sono *insolubili* in acqua e *non sono riducenti*.

Fungono da riserva energetica o hanno funzioni strutturali.

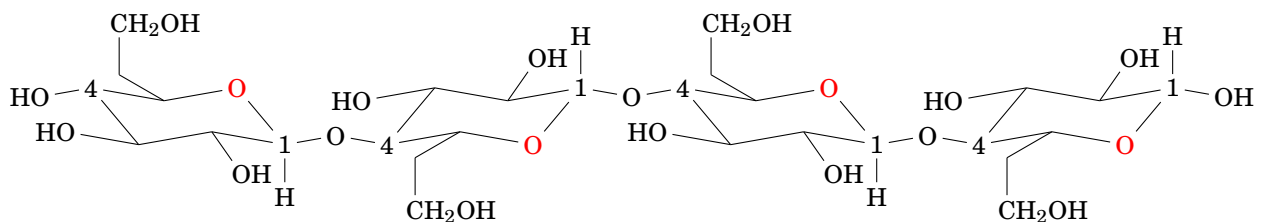
### 1.3.1 Amido

L'amido è una miscela di due catene polisaccaridiche:

- **L'amilosio:** catena lineare di *molecole di glucosio* da 50 a 300 unità.
- **L'amilopectina:** catena lineare di *molecole di glucosio* da 300 a 5000 unità alla quale si legano (ogni 25-30 molecole di glucosio) brevi ramificazioni con legame  $\alpha(1 \rightarrow 6)$ .

### 1.3.2 Cellulosa

La cellulosa è un polisaccaride composto solamente da monosaccaridi  $\beta$ -glucosio che si legano tramite legami  $\beta(1 \rightarrow 4)$ ; è un polimero lungo circa 3000 unità e lineare. La cellulosa forma dei "fogli" estremamente resistenti legando diverse catene una parallela all'altra: il gruppo  $-OH$  si lega con l'ossigeno opposto tramite legami a idrogeno.



La cellulosa viene digerita attraverso l'enzima *cellulasi*, enzima assente in quasi tutti gli animali tranne che nei ruminanti (e dalle termiti), nei quali viene digerito da alcuni batteri simbiotici.

## 2 Lipidi

In generale i lipidi sono parte di moltissime funzioni negli organismi viventi. La funzione più importante è quella energetica ma hanno spesso anche una funzione strutturale (essendo componenti fondamentali delle membrane cellulari) e fanno parte di processi di produzione di alcuni ormoni e vitamine.

Non potendo classificarli in base alla funzione vengono classificati in *idrolizzabili e non*.

### 2.1 Acidi Grassi

Gli acidi grassi sono il prodotto della reazione di *idrolizzazione dei lipidi*. Caratteristiche principali degli acidi grassi:

- Catena lineare con atomi di carbonio pari.
- Legami doppi in posizione *cis* (sullo stesso lato della catena carboniosa).

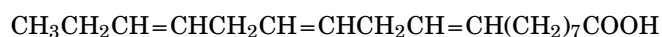
**Nota:** Gli acidi grassi senza doppi legami sono detti *acidi grassi saturi*.

Acidi grassi insaturi principali		
atomi di C	doppi legami	nome
16	1	acido palmitoleico
18	1	acido oleico
18	2	acido linoleico
18	3	acido linolenico
20	4	acido arachidonico

**Acidi grassi monoinsaturi** Presentano un unico doppio legame. Dove si posiziona quest'ultimo si formerà una piega a gomito della catena essendo in posizione *cis*. Questa conformazione conferisce a molecole come quelle dell'*acido oleico* una temperatura di fusione di circa 34°.

**Acidi grassi polinsaturi** Presentano più di un legame doppio. Con due pieghe a gomito dovuta a due doppi legami (solitamente in posizione C12 e C15) la struttura risulta essere più regolare.

Vengono identificati stabilendo che al gruppo metilico più lontano dal gruppo carbossilico si assegna il numero 1. Quindi vengono stabilite le posizioni dei doppi legami in base al carbonio più lontano dal gruppo carbossilico a cui si legano.



acido-cis,cis,cis-9,12,15-ottadecatrienoico

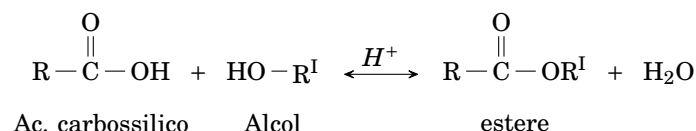


## 2.2 Trigliceridi

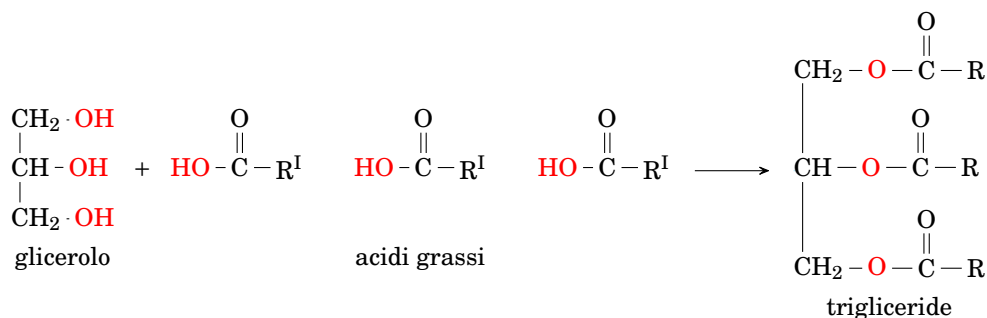
I trigliceridi sono i lipidi più abbondanti in natura. Sono idrolizzabili e, come suggerisce il nome, sono *triesteri del glicerolo*.

### Esteri

Gli esteri derivano dal processo di esterificazione che avviene tra un acido carbossilico e un alcol. La reazione sostituisce il gruppo idrossido con il gruppo  $-OR^I$  liberando acqua.



La stessa reazione avviene durante la formazione di un trigliceride: tre gruppi  $-OH$  del glicerolo reagiscono con gli acidi carbossilici di tre acidi grassi formando i legami estere e tre ponti ossigeno. Se le tre molecole di acido grasso sono uguali allora si formerà un *trigliceride semplice*, se invece (com più spesso accade) sono diverse si otterrà un *trigliceride misto*



Questa forma "a forchetta" che assume la molecola può avere i tre denti paralleli o piegati. Se le tre molecole sono acidi grassi saturi allora la struttura sarà regolare a "denti dritti"; se invece in una molecola è presente un doppio legame in configurazione *cis*, questo creerà una piega a gomito in uno dei denti.

Le pieghe impediscono la formazione di interazioni di van der Waals tra catene vicine rendendo impossibile la formazione di aggregati compatti. Infatti i *grassi saturi sono allo stato solido* a temperatura ambiente e i *grassi insaturi allo stato liquido*.

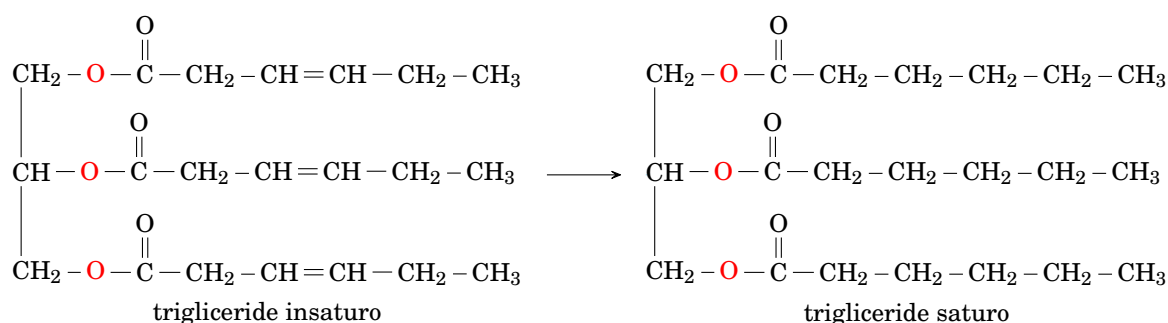
### 2.2.1 Nomenclatura

I trigliceridi vengono nominati in base al *numero di acidi carbossilici esterificati*. Si aggiunge il prefisso "di", "tri" in base a questo numero. Alla fine del nome si aggiunge "di glicerile". Quindi il *tristearato di glicerile* indicherà la presenza di tre molecole di acido stearico esterificato.

### 2.2.2 Reazioni dei trigliceridi

I trigliceridi possono andare incontro a quattro tipi di reazioni:

1. **Idrolisi:** Reazione che avviene nel nostro organismo per liberare energia dal grasso accumulato. I trigliceridi si idrolizzano utilizzando l'alipasi come catalizzatore e gli acidi grassi ottenuti si legano a proteine con le quali formano *complessi lipoproteici* solubili in acqua e trasportabili nel sangue.
2. **Idrogenazione:** Consiste nell'*addizione di idrogeno sui doppi legami di trigliceridi* a temperatura e pressione elevate. La reazione porta a una saturazione dei doppi legami e di conseguenza un passaggio dallo stato liquido a quello solido.



3. **Ossidazione:** Reazione a catena radicalica che porta alla formazione di aldeidi, chetoni e acidi carbossilici. Questa reazione è alla base dell'irrancidimento di queste sostanze.
4. **Saponificazione:** Durante la reazione i trigliceridi vengono trattati con sali o basi come NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> o KOH. I legami estere si rompono liberando il glicerolo e gli acidi grassi reagiscono con la base formando dei sali.

## 2.3 Fosfolipidi

I fosfolipidi sono lipidi idrolizzabili contenenti anche *fosforo* e *azoto* essenziali nella struttura delle membrane cellulari. Come i trigliceridi i fosfolipidi derivano da *polioli esterificati* con acidi grassi. In base all'alcol utilizzato nell'esterificazione distinguiamo due gruppi.

1. Alcol: Glicerolo; → Esteri: glicerofosfolipidi

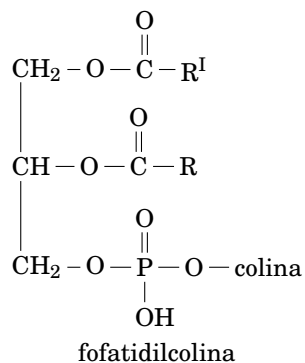
I glicerofosfolipidi comprendono i sottogruppi dei **fosfolipidi**: *fosfatidi* e *plasmalogeni*.

2. Alcol: Sfingosina → Esteri: sfingolipidi

Gli sfingolipidi invece comprendono un sottogruppi dei **fosfolipidi**: sfingomieline; e un sottogruppo dei **glicolipidi**: *cerebrosidi*.

### 2.3.1 Glicerofosfolipidi

I glicerofosfolipidi sono esteri del glicerolo. I tre gruppi  $-OH$  del glicerolo vengono sostituiti da un gruppo fosfato e da due acidi grassi; il gruppo fosfato poi si lega a sua volta a un amminoalcol come la colina o l'etanolanmina o la serina formando rispettivamente *fosfatidilcolina*, *fosfidiletanolammina*, *fosfidilserina*, i tre fosfolipidi più frequenti nelle membrane cellulari animali.



### 2.3.2 Sfingolipidi

Gli sfingolipidi si ottengono dalla reazione di esterificazione dell'alcol sfingosina. La **sfingosina** possiede solo *due gruppi*  $-OH$  e un gruppo  $NH_2$ . Il gruppo  $-NH_2$  si lega con un acido grasso, uno dei due gruppi ossidrilici invece con un gruppo fosfato più la colina.

Nei **cerebrosidi** invece il gruppo fosfato non c'è (essendo glicolipidi).

### 2.3.3 Altri lipidi

Esistono anche altri tipi di lipidi: Le cere (conferiscono impermeabilità all'acqua e si trovano sui peli, sulla pelle...), i terpeni, le prostaglandine, gli steroidi (il più abbondante nei tessuti animali è il colesterolo, precursore di acidi biliari, ormoni sessuali maschili e femminili.).

### 3 Proteine

Le proteine costituiscono la metà della massa di un organismo disidratato e sono in sostanza una *catena di amminoacidi* con possibili *ponti disolfuro* (legami covalenti dovuti dalla presenza di cisteina). Una proteina è una catena di amminoacidi con massa molecolare maggiore i 10000u.

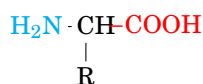
#### 3.1 Caratteristiche fisiche e chimiche

Le proteine sono composti *anfoteri*: si comportano sia da basi sia da acidi. Proprio per questa caratteristica, sono caratterizzate da un *punto isoelettrico* ovvero un valore di pH in cui la loro carica elettrica è nulla e la loro solubilità diventa minima.

Le proteine sono tutte otticamente attive e levogire.

##### Amminoacidi

Gli amminoacidi sono molecole organiche caratterizzate dalla presenza sia del gruppo **amminico** sia del gruppo **carbossilico**. In biochimica con "amminoacido" si intende un piccolo sottogruppo di questi: gli L- $\alpha$ -amminoacidi, amminoacidi i cui gruppo amminico e carbossilico sono legata allo stesso atomo di carbonio e in cui il gruppo amminico è a sinistra nella proiezione di Fischer.



amminoacido

**Legame peptidico** Gli amminoacidi si legano tra loro tramite un *legame peptidico* nel quale un gruppo carbossilico reagisce con un gruppo amminico. Le catene di amminoacidi quindi avranno due estremità: un *N-terminale* e un *C-terminale*.

Linus Pauling e Robert Corey si accorsero che il legame peptidico non consente una libera rotazione. Il legame peptidico risulta essere un *ibrido di risonanza* tra le strutture limite di un legame semplice e un legame doppio con gli elettroni delocalizzati tra gli atomi O, C e N.

#### 3.2 Funzioni delle proteine

Funzioni		
proteine	conformazioni	esempi
<b>strutturali</b>	fibrosa	cheratine
<b>trasportatrici</b>	globulare	albumina
<b>enzimatiche</b>	globulare	pepsina
<b>protettive</b>	globulare	interferone
<b>regolatrici</b>	globulare	NFAT

### 3.3 Struttura delle proteine

Le proteine variano in base al numero di amminoacidi e alla loro sequenza nella catena ma soprattutto, quello che determina la loro funzione biologica è la *conformazione nativa*, ovvero la loro struttura tridimensionale.

#### 3.3.1 Struttura primaria

Tutte le proteine vengono sintetizzate nei ribosomi come strutture lineari. La struttura primaria è quindi la prima struttura lineare a formarsi. Da essa dipenderà la conformazione nativa della proteina (in presenza di cisteina abbiamo visto che è possibile la formazione di ponti disolfuro).

#### 3.3.2 Struttura secondaria (e supersecondaria)

La struttura secondaria è l'organizzazione tridimensionale di una parte o di tutta la proteina secondo un motivo ordinato e ricorrente. La catena polipeptidica è costituita da diversi piani rigidi corrispondenti ai legami peptidici, separati da gruppi  $-CH_2-$  liberi di ruotare (guarda 3.1). Esistono due strutture principali:

1.  $\alpha$ -elica: la struttura si avvolge secondo un'elica destrorsa.
2.  $\beta$ -foglietto: più catene polipeptidiche vicine e allineate tramite legami a idrogeno.

**Proteine fibrose** Le proteine fibrose sono caratterizzate da una conformazione tridimensionale a  $\alpha$ -elica o a  $\beta$ -foglietto. Sono proteine fibrose:

Proteine fibrose		
nome	struttura	caratteristiche
<b>cheratine</b>	$\alpha$ -elica / $\beta$ -foglietto	rigide o flessibili
<b>collagene</b>	tre catene $\alpha$ -elica sinistrorsa	numerosi glicine e proline
<b>fibrina</b>	$\beta$ -foglietto	flessibile ma non estensibile
Nei nostri tessuti		
<b>elastina</b>		
<b>miosina</b>		
<b>fibrina</b>		

**Strutture seupersecondarie** In una proteina possono esserci tratti con struttura a  $\alpha$ -elica e altri a  $\beta$ -foglietto collegati da *zone ansa o loop*. Queste strutture tridimensionali più complesse prendono il nome di *strutture supersecondarie*.

### 3.3.3 Struttura terziaria

La struttura terziaria si ha dopo un ripiegamento "a gomitolo" della catena polipeptidica e quindi la formazione di una *struttura globulare* causata dalle diverse interazioni chimiche tra le varie parti della catena. Il "folding" della proteina è guidato dall'intervento di grandi proteine: i *chaperoni molecolari*.

**Proteine globulari** A differenza delle fibrose le proteine globulari sono solubili in acqua (possiedono più amminoacidi con catene laterali primarie). Le più importanti sono: *albumine, globuline, mioglobina*.

#### *gruppi prostetici*

Le proteine possono essere *semplici* o *coniugate*. Le proteine semplici sono composte unicamente da amminoacidi, le coniugate sono legate tramite legami covalenti a parti non proteiche dette **gruppi prostetici**.

Questi gruppi possono essere metallici, glucidici, lipidici o organici e formano rispettivamente *metalloproteine, glicoproteine, lipoproteine, cromoproteine*.

### 3.3.4 Struttura quaternaria

La struttura quaternaria si forma a seguito dell'unione di più proteine in struttura terziaria tramite legami deboli o covalenti.

**Emoglobina** L'emoglobina è una proteina globulare coniugata con struttura quaternaria. La struttura è caratterizzata da quattro subunità chiamate *globine*, due catene  $\alpha$  e due catene  $\beta$  entrambe al 70% in struttura  $\alpha$ -elica. Alle quattro subunità si lega il **gruppo eme**, un gruppo *prostetico*.

I gruppo eme si lega all'ossigeno e quando una delle quattro subunità lo fa, le altre tre acquisiscono una maggior affinità per l'ossigeno.

## 3.4 Denaturazione delle proteine

A seguito della despiralizzazione dell'elica o della rottura parziale di alcuni legami o in generale di una *alterazione della struttura tridimensionale* si parla di **denaturazione**. Gli agenti che provocano la denaturazione sono la temperatura, le microonde, solventi organici, metalli pesanti, acidi e basi forti.

### 3.5 Enzimi

Gli enzimi fungono da *catalizzatori biologici*, ovvero accelerano il processo delle reazioni interne alle cellule fino a velocità ottimali per le necessità dell'organismo. Le reazioni chimiche infatti implicano la rottura e la formazioni di legami, per far ciò occorre immettere energia così da rendere instabili le molecole indebolendone i legami; il modo più semplice per immettere questa energia è aumentare la temperatura del sistema. Gli enzimi permettono quindi di svolgere le reazioni a temperature inferiori *abbassandone l'energia di attivazione*.

#### 3.5.1 Caratteristiche degli enzimi

Gli enzimi sono composti da una parte proteica e da una non proteica (esistono anche enzimi unicamente proteici). La parte proteica è detta *apoenzima*, quella non proteica *cofattore* se è uno ione metallico o *coenzima* se è una molecola organica.

Un enzima può essere più o meno efficiente, questa sua caratteristica è espressa dal **numero di turnover**: numero di molecole di cui l'enzima catalizza la reazione in un unità di tempo.

**Specificità enzimatica** Gli enzimi sono in grado di catalizzare un solo tipo di reazione operando su un particolare reagente della molecola detto *substrato*. Sono state distinte sei diverse classi di enzimi:

1. **Ossidoreduttasi**: intervengono nelle redox.
2. **Transferasi**: trasferiscono gruppi atomici tra le molecole.
3. **Idrolasi**: rompono i legami mediante acqua.
4. **Liasi**: aggiungono o eliminano gruppi atomici sui doppi legami.
5. **Isomerasi**: trasformano un composto nel suo isomero.
6. **Ligasi**: tramite la condensazione formano legami consumando ATP.

#### 3.5.2 Meccanismo d'azione degli enzimi

E. Fischer paragonò il meccanismo d'azione degli enzimi a quello di una chiave. Il *substrato* della molecola è la chiave che va a inserirsi nel *sito attivo* dell'enzima.

Questo modello è stato superato dal modello dell'**adattamento indotto** che evidenzia la dinamicità della molecola dell'enzima che riesce ad adattarsi alla forma del substrato.

Gli enzimi attuano diversi meccanismi per catalizzare una reazione in base alla situazione:

- Quando sono coinvolti più reagenti, il sito attivo nell'enzima assume una sagoma su cui i reagenti possono disporsi in modo corretto.
- L'enzima può indebolire i legami per raggiungere prima lo stato attivato.
- Il sito attivo è spesso un microambiente che facilita i processi chimici della reazione.
- Il sito attivo può anche partecipare direttamente alla reazione.

**Velocità della reazione** La velocità della reazione aumenta se coinvolge più molecole di substrato. L'attività enzimatica è misurata utilizzando la *costante di Michaelis-Menten*, più è alta più la velocità della reazione aumenta velocemente; il limite intrinseco della velocità corrisponde al momento in cui tutti i siti attivi sono saturi ( $V_{max}$ ).

### 3.5.3 Controllo dei processi enzimatici

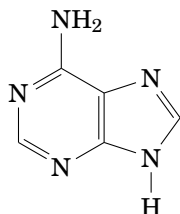
Nelle cellule vengono regolate le reazioni metaboliche tramite l'intervento di **attivatori** e **inibitori**. Gli inibitori si legano all'enzima rendendolo inutilizzabile (l'inibizione può essere competitiva e non competitiva).



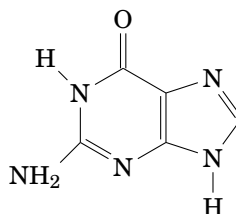
## 4 Nucleotidi e acidi nucleici

I nucleotidi sono composti organici composti da una *base azotata*, uno *zucchero pentoso* e uno o più *gruppi fosforici*. Le due funzioni principali dei nucleotidi sono energetica (ATP, NAD, FAD) e informativa (DNA, RNA).

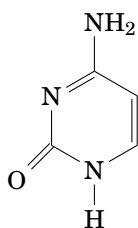
**Basi azotate** Possono essere di due tipi: *puriniche* e *pirimidiniche* rispettivamente composte da due anelli (uno esagonale e uno pentagonale) e da un solo anello esagonale. Nei nucleotidi sono presenti 5 basi azotate: 2 basi puriniche e 3 basi pirimidiniche.



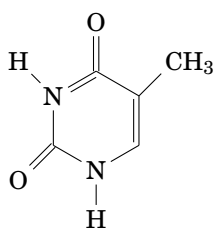
adenina



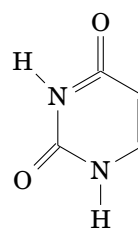
guanina



citosina



timina



uracile

### 4.1 Struttura dei nucleotidi

L'unione di una base azotata e di uno zucchero pentoso dà origine a un nucleoside che può essere un *ribo* o *desossiribonucleoside* se lo zucchero è ribo o desossiribosio. La formazione del nucleotide avviene con il legame tra una o più molecole di acido fosforico e il nucleoside.

1. Le basi azotate legano il loro gruppo  $\text{NH}$  al gruppo  $\text{—OH}$  del ribosio o del desossiribosio formando *ribonucleosidi* o *desossiribonucleosidi*.
2. Poi l'*acido fosforico* si lega al gruppo  $\text{—CH}_2\text{COH}$  dello zucchero pentoso con il suo gruppo  $\text{—OH}$ .

### 4.2 NAD e FAD

### 4.3 ATP