

UP4 - Proteïnes

BIOMOLÈCULES

INORGÀNIQUES

Aigua

Sals minerals

ORGÀNIQUES

Glúcids

Lípids

Proteïnes

Àcids
nucleics



1. Les proteïnes. Característiques generals



Biomolècules orgàniques lineals, compostes per C, H, O i N, i, en menor proporció, S i P. que contenen cadenes hidrocarbonades.

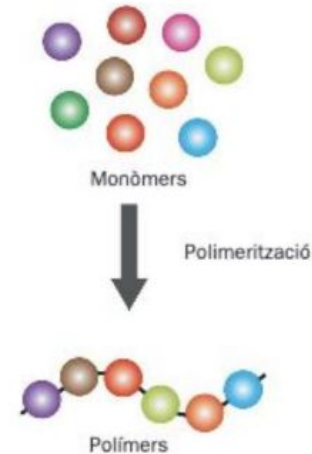
Es troben en abundància en tots els éssers vius i tenen una enorme importància biològica, ja que exerceixen un gran nombre de funcions, a més de ser molècules específiques. Es formen per **polimerització de monòmers d'aminoàcids**.

Són les biomolècules orgàniques **més abundants a les cèl·lules**, constitueixen al voltant del 50% o més del seu pes.

Es troben distribuïdes per tota la cèl·lula i són fonamentals, tant estructuralment com funcionalment.

Recorda

Un **monòmer** és una molècula de massa molecular petita que està unida a altres monòmers, de vegades centenars o milers, per mitjà d'enllaços químics, generalment covalents, formant molècules anomenades **polímers**.



2. Els aminoàcids

Són els **monòmers** que formen els pèptids i les proteïnes. (Aminoàcid = aa)

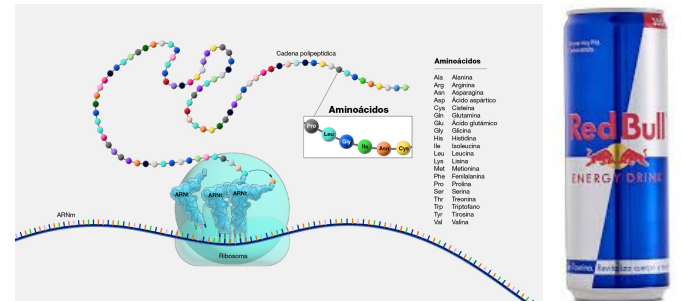
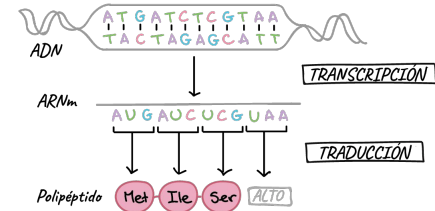
Se'n coneixen uns 200 però **només 20 formen part de les proteïnes** (aminoàcids proteics), estan codificats per l'ADN i són els mateixos per tots els éssers vius.

Els aa **no proteics** també tenen funcions importants però no s'empren per a construir les cadenes polipeptídiques que formen part de les proteïnes. Alguns exemples són:

- Ornitina: aa no proteic que participa en el cicle de l'urea i ajuda a eliminar l'excés de nitrogen del nostre cos.
- Taurina: es troba en diversos teixits com el cor i el cervell. Paper important com a regulador de l'osmolaritat cel·lular i la funció cardíaca.

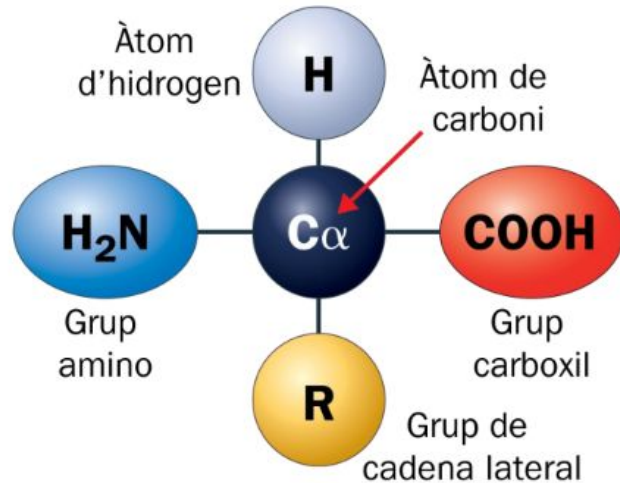
Els pèptids i les proteïnes estan formats per cadenes d'aminoàcids però es diferencien per la longitud de la cadena d'aminoàcids i per la seva complexitat.

- Pèptids: menys de 50 aa.
- Proteïnes: més de 50 aa. Més complexes.



2. Els aminoàcids

La molècula de l'aminoàcid consta d'un carboni central, anomenat **carboni alfa ($C\alpha$)**, asimètric, al qual s'uneix un **H**, un **grup carboxil ($-COOH$)**, un **grup amino ($-NH_2$)** i un **radical orgànic (R)**, que és diferent en cada aminoàcid i és el que li ofereix característiques pròpies.



- El grup funcional **carboxil** té caràcter **àcid**: capacitat d'alliberar H^+ (protons) quan està en medi aquós.
- El grup funcional **amino** té caràcter **bàsic**: capacitat de captar H^+ (protons) quan està en medi aquós.

Els aminoàcids proteics tenen dos sistemes de nomenclatura:

- **Nomenclatura clàssica:** sistema de tres lletres, la primera en majúscula i les següents en minúscula.
- **Nomenclatura actual:** sistema d'una lletra majúscula, imposat en genètica molecular i imprescindible per al tractament en les bases de dades.

Aminoàcid	Abreviatura (tres lletres)	Abreviatura (una lletra)
Alanina	Ala	A
Arginina	Arg	R
Asparagina	Asn	N
Àcid aspàrtic	Asp	D
Cisteïna	Cys	C
Àcid glutàmic	Glu	E
Glutamina	Gln	Q
Glicina	Gly	G
Histidina	His	H
Isoleucina	Ile	I
Leucina	Leu	L
Lisina	Lys	K
Metionina	Met	M
Fenilalanina	Phe	F
Prolina	Pro	P
Serina	Ser	S
Treonina	Thr	T
Triptòfan	Trp	W
Tirosina	Tyr	Y
Valina	Val	V

2.1 Classificació dels aminoàcids

Segons les característiques de la seva cadena lateral o grup radical (R), els aa es classifiquen en:

Aminoàcids neutres

En les seves cadenes laterals **no presenten ni grups carboxil ni grups amino**, de manera que la seva **càrrega neta és 0 a pH neutre**. En aquest primer grup distingim:

- Aminoàcids neutres **apolars**: cadenes laterals hidrofòbiques. Poden ser **cadenes alifàtiques** (hidrocarbonades) **o amb anells de benzè (aromàtics)**. Aquestes cadenes laterals hidrofòbiques en disminueixen la solubilitat.
- Aminoàcids neutres **polars**: porten **grups hidrofílics en les cadenes laterals** que augmenten la seva solubilitat.

Neutres	
Apolars	Polars
Alanina	
Glicina	
Valina	Serina
Leucina	Treonina
Isoleucina	Cisteïna
Fenilalanina	Tirosina
Metionina	Asparagina
Prolina	Glutamina
Triptòfan	

Aminoàcids neutres

Aminoàcids neutres

Apolars alifàtics

Glicina (Gly) G	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Metionina (Met) M	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{S}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$
Alanina (Ala) A	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Prolina (Pro) P	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_2 \\ \quad \diagup \quad \diagdown \\ \text{NH}_2^+-\text{CH}_2-\text{CH}_2 \end{array}$
Valina (Val) V	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}(\text{CH}_3)_2 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Leucina (Leu) L	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)_2 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$
Isoleucina (Ile) I	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{NH}_3^+ \text{H} \end{array}$		

Apolars aromàtics

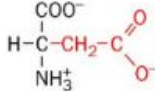
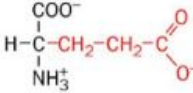
Fenilalanina (Phe) F	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Triptòfan (Trp) W	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{Indole} \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$
----------------------------	--	-------------------------	---

Polars

Serina (Ser) S	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH} \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Tirosina (Tyr) Y	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH} \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Glutamina (Gln) Q	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})\text{NH}_2 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$
Treonina (Thr) T	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{NH}_3^+ \text{OH} \end{array}$	Cisteïna (Cys) C	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{SH} \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Asparagina (Asn) N	$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})\text{NH}_2 \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$

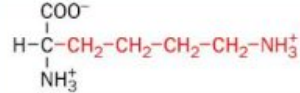
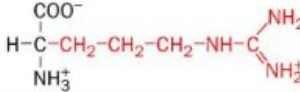
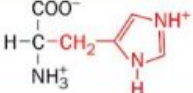
Aminoàcids àcids

En la seva **cadena lateral tenen un segon grup carboxil** que els confereix càrrega negativa i característiques àcides.

Aminoàcids àcids	
Àcid Aspàrtic (Asp) D	
Àcid glutàmic (Glu) E	

Aminoàcids bàsics

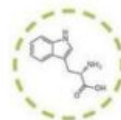
En la seva **cadena lateral tenen un segon grup amino** que els confereix càrrega positiva i característiques bàsiques.

Aminoàcids bàsics	
Lisina (Lys) K	
Arginina (Arg) R	
Histidina (His) H	

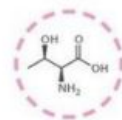
Una segona forma de classificació **en funció de la seva obtenció i requeriment** és la següent:

- **Aminoàcids essencials:** són aquells que el nostre cos no sintetitza i hem d'ingerir amb la dieta. Dels 20 aa, el nostre organisme en pot fabricar 11, la resta (9) els obtenim per ingestió d'aliments.
- **Aminoàcids no essencials:** el nostre organisme els pot produir.
- **Aminoàcids condicionals:** en general, no són essencials excepte en moments de malaltia o estrès o en nens molt petits, ja que els seus requeriments són més grans que la seva capacitat per sintetitzar-los. Per exemple, l'arginina.

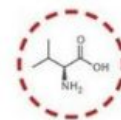
Los 9 Aminoácidos Esenciales



Triptófano



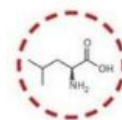
Treonina



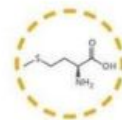
Valina



Lisina



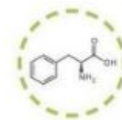
Leucina



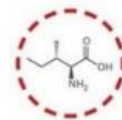
Metionina



Histidina



Fenilalanina

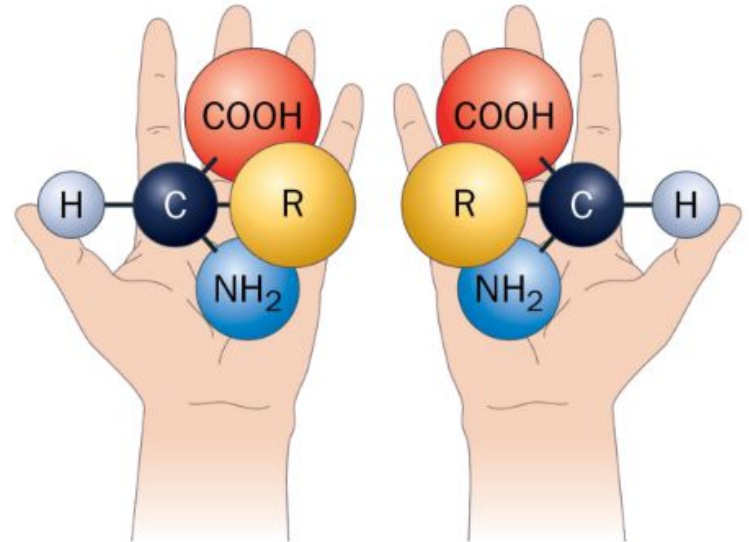


Isoleucina



2.2. Propietats dels aminoàcids

- Baix pes molecular
- Solubles en aigua
- Cristal·lins
- Incolores
- Sòlids, el seu punt de fusió és elevat (+ 200 °C)
- Estereoisomeria
- Comportament amfòter

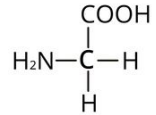


A. Estereoisomeria

El C α dels aminoàcids, **excepte en el cas de la glicina**, és un carboni asimètric. Com a conseqüència, els aminoàcids presenten isomeria. Podem presentar **dos estereoisòmers**:

- **Configuració L** si el **grup -NH₂** està a l'esquerra
- **Configuració D** si està a la dreta.

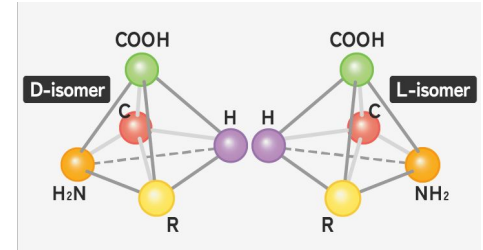
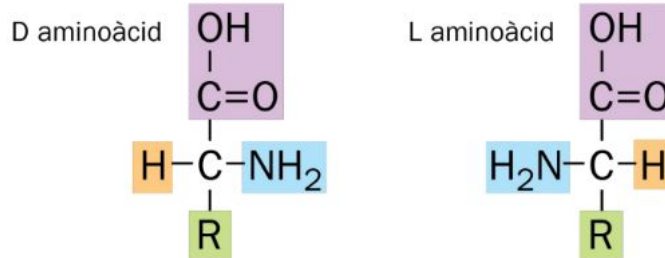
Glycine



shutterstock.com · 1953473224

Aquest mateix carboni determina que presentin activitat òptica i poden ser dextrogirs (+) o levogirs (-), independentment de la seva configuració L o D.

Ambdós estereoisòmers són imatges especulars i no superposables, pel que són **ENANTIÒMERS**.



En la natura, tots els aminoàcids són L

B. Caràcter amfòter

En dissolució aquosa, els aminoàcids mostren un comportament amfòter. QUÈ VOL DIR?

Actuen com a àcids o com a bases depenent del pH de la dissolució.

Això és degut a que tenen un grup carboxil ($-\text{COOH}$) que pot cedir protons (H^+), per tant, actua com un àcid i un grup amino ($-\text{NH}_2$) que pot captar protons (H^+), actuant com una base.



EFFECTE AMORTIDOR O EFFECTE TAMPÓ



Capacitat per mantenir constant el pH del medi

B. Caràcter amfòter

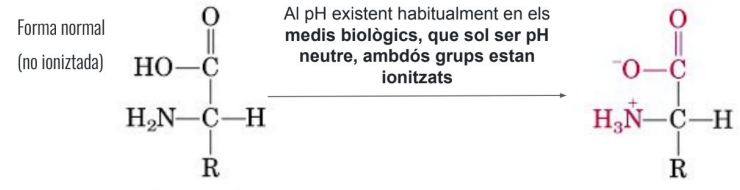
Tenen un **comportament amfòter**, és a dir, en dissolució **es poden comportar com un àcid o com una base** depenent del pH del medi on es trobin. Això és degut al fet que el grup àcid o **carboxil allibera protons**, mentre que el **grup bàsic o amino capta protons**.

1. Grup amino ($-\text{NH}_2$): grup bàsic. Pot captar un protó (H^+) i convertir-se en un grup amoni ($-\text{NH}_3^+$).
2. Grup carboxil ($-\text{COOH}$): grup àcid. Pot alliberar un protó (H^+) i convertir-se en un grup carboxilat ($-\text{COO}^-$).

A pH fisiològic neutre (aprox. 7) els grups funcionals reaccionen amb l'aigua:

- El grup **$-\text{COOH}$ (àcid)** té tendència a perdre un protó $\rightarrow -\text{COO}^-$.
- El grup **$-\text{NH}_2$ (bàsic)** té tendència a guanyar un protó $\rightarrow -\text{NH}_3^+$.

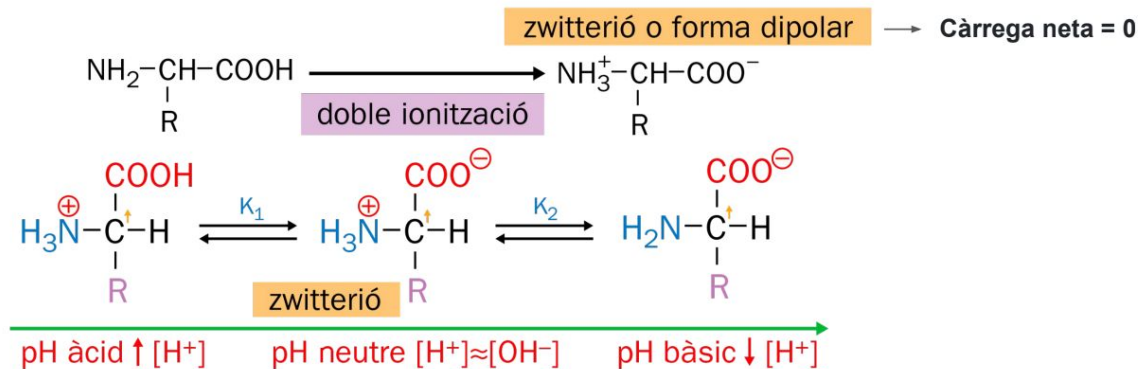
Així obtenim un **zwitterió (forma dipolar)**: una mateixa molècula amb una càrrega negativa i una càrrega positiva. Per tant, la molècula té **càrregues internes** (és dipolar), però **no té càrrega neta global** (és electroneutra).



B. Caràcter amfòter

Cada aa (depenent de les característiques de la seva cadena lateral) té un pH determinat en el qual adpta una forma dipolar neutra (zwitterion), amb tantes càrregues positives com negatives. A aquest pH se li diu

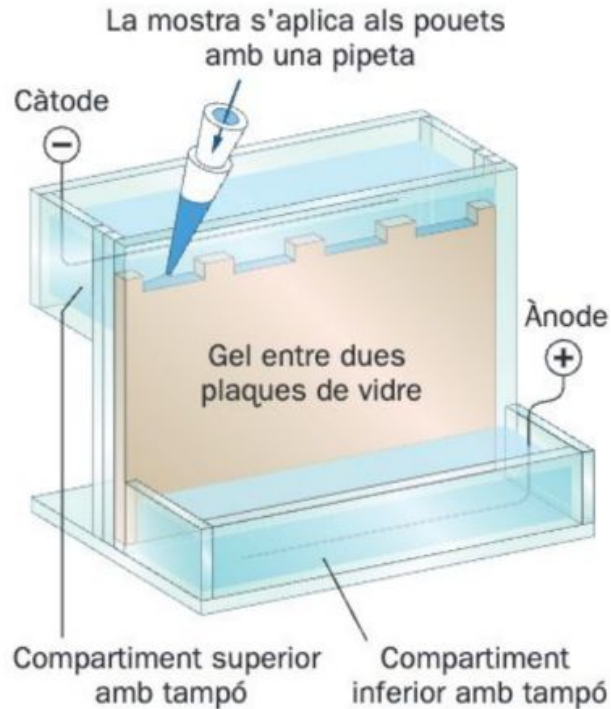
PUNT ISOELÈCTRIC.



En medi àcid: Hi ha H⁺ lliures al medi. Això fa que el grup amino capti H⁺ convertint-se en -NH₃⁺. El grup carboxil tendeix a mantenir-se com a -COOH.

En medi bàsic: Hi ha pocs H⁺ al medi, així el grup carboxil tendeix a perdre el seu protó, convertint-se en -COO⁻. El grup amino tendeix a quedar com a -NH₂.

B. Caràcter amfòter: L'electroforesi



Cada aa presenta un **punt isoelectric diferent ja que posseeix cadenes laterals diferents.**

L'electroforesi és un mètode que ens permet separar els aa atenent a aquest concepte:

- Se situa la dissolució amb els aa que es volen separar en un camp elèctric.
- Els **aa amb càrrega neta -** es desplaçaran cap a l'**ànode** (pol +).
- Els **aa amb càrrega neta +** es desplaçaran cap al **càtode** (pol -).

ERRADA BASTANT COMÚ EN ELS EXAMENS



Confondre amfòter i
amfipàtic

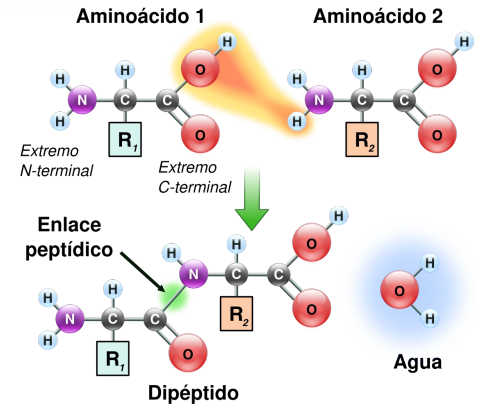
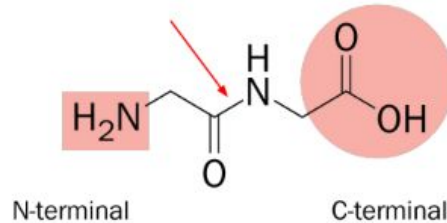
3. L'enllaç peptídic

L'enllaç peptídic és l'enllaç químic que permet l'unió d'aa per formar pèptids o proteïnes.

Se forma entre el grup carboxil d'un aminoàcid i el grup amino d'un altre aminoàcid, alliberant una molècula d'aigua.



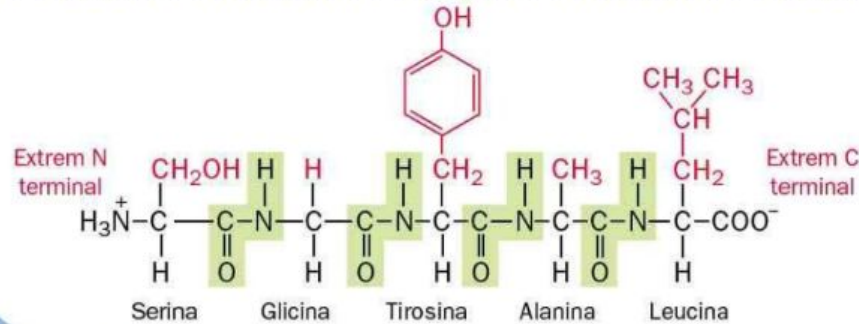
Aquesta unió pot trencar-se per hidròlisi, tant física com enzimàtica.



3. L'enllaç peptídic

L'existència d'un radical amino en un extrem i un radical carboxil en l'altre **permet allargar el compost inicial per polimerització amb nous aminoàcids** donant lloc a llargues cadenes que presentaran un **extrem amino-terminal, N-terminal (N-t)**, i un altre **carboxi-terminal, C-terminal (C-t)**. Cada pèptid s'escriu convencionalment d'esquerra a dreta començant per l'extrem N-t i acabant per l'extrem C-t.

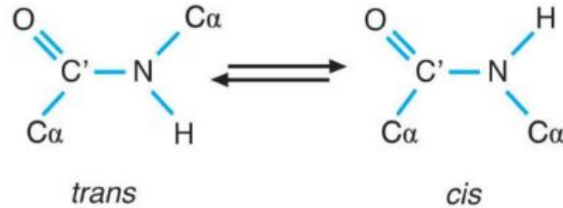
Els pèptids es llegeixen d'**esquerra a dreta**, de l'extrem N-t a l'extrem C-t.



Nom: Seri-Glicil-Tirosil-Alanil-Leucina

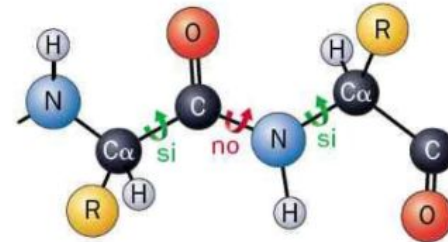
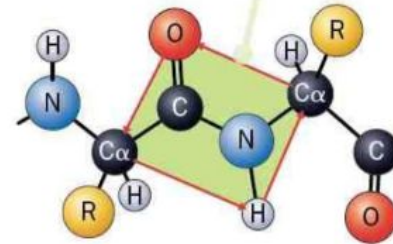
3.1. L'enllaç peptídic. Característiques

- Es tracta d'un enllaç **covalent de tipus amida**.
- Els **4 àtoms de l'enllaç peptídic se situen en el mateix pla**: dues configuracions possibles cis i trans.



- La **configuració natural és trans**. L'O del grup carboxil i l'H del grup amino normalment estan en costats oposats del pla de l'enllaç per tal d'evitar interaccions entre els àtoms. Així, les cadenes laterals (R) també se situen en costats oposats.
- Aquesta característica li confereix caràcter de doble enllaç parcial: **no pot rotar**.

Els àtoms que formen l'enllaç peptídic estan en el mateix pla.

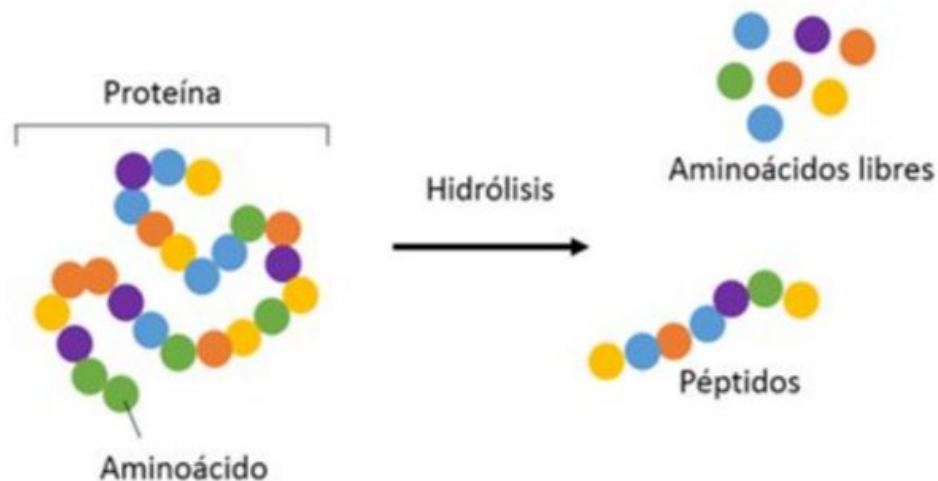


3.2 Els pèptids

Els pèptids són compostos formats per la unió d'aminoàcids mitjançant un enllaç peptídic.

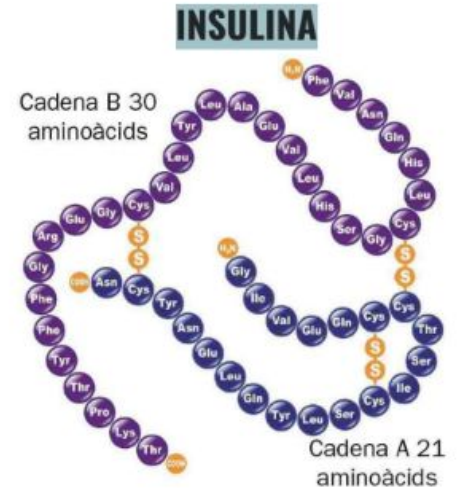
Segons el nombre d'aminoàcids que s'uneixen parlem de:

- **Oligopèptids:** amb menys de deu aminoàcids. En funció del nombre de monòmers, parlem de dipèptids, tripèptids, tetrapèptids, etc.
- **Polipèptids:** 10-100 aminoàcids.
- **Proteïnes:** > 100 aminoàcids.



Exemples de pèptids

- **Insulina:** produïda pel pàncrees. Regula la concentració de glucosa en sang. Formada per dues cadenes polipeptídiques de 21 i 30 aa, unides per ponts disulfur.
- **Glucagó:** polipeptid de 29 aa. És l'hormona antagònica de la insulina, també es sintetitza pel pàncrees. Quan el nivell de glucosa a la sang disminueix, s'allibera glucagó. La seva funció és produir la hidròlisi de les molècules de glucogen per alliberar glucoses.
- **Endorfines:** hormones de la felicitat. Són neurotransmissors que s'alliberen per la glàndula pituitària i l'hipotàlem durant l'exercici físic, quan sentim dolor o mengem certs aliments. Tenen efecte analgèsic.
- **Antibiòtics i verins**

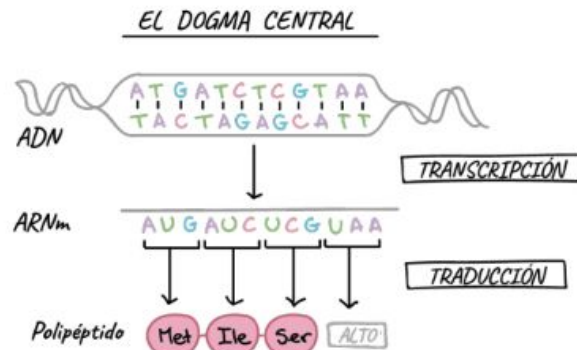


4. Estructura de les proteïnes

Recordeu el **dogma central de la biologia**.

Les **proteïnes es fabriquen sota les ordres de l'ADN** i, seguint el fluxe d'informació genètica, la informació genètica continguda en l'ADN es manifesta amb la síntesi de proteïnes, **responsables de les característiques i funcions dels éssers vius**.

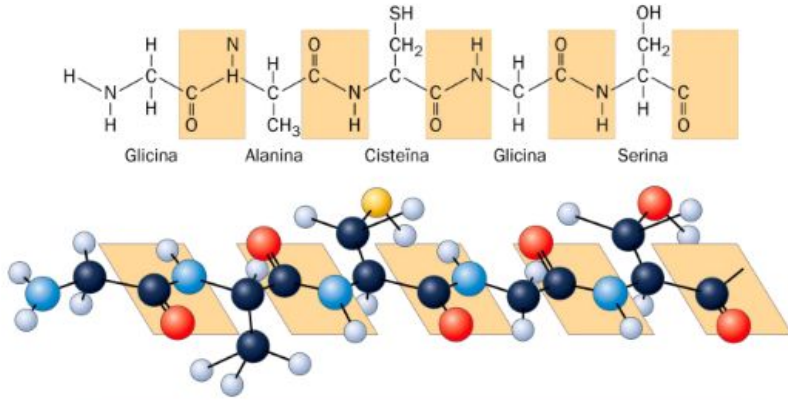
Quan parlem d'estructura de les proteïnes, parlem de la disposició que adopten en l'espai. La seva funció dependrà d'aquesta conformació espacial.



Quatre nivells estructurals de complexitat creixent:

- Estructura primària
- Estructura secundària
- Estructura terciària
- Estructura quaternària

4.1. Estructura primària

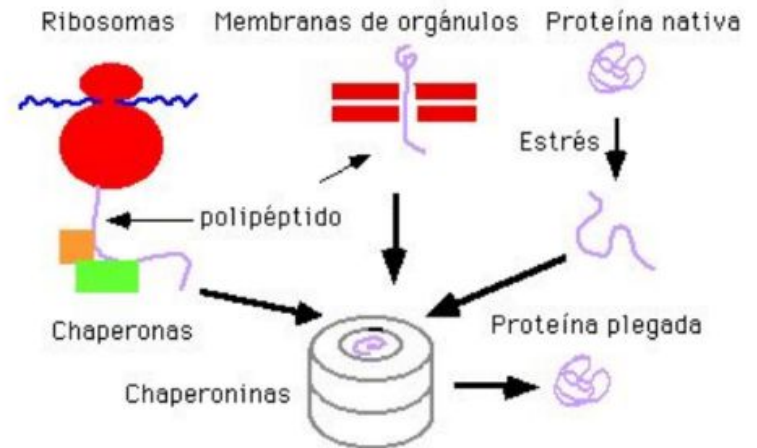


Conèixer l'estructura primària d'una proteïna no sols és important per a entendre la seva funció (ja que aquesta depèn de la seqüència d'aminoàcids i de la forma que adopti), sinó també en l'**estudi de malalties genètiques**.

- **Seqüència lineal** dels aminoàcids que formen la proteïna.
- La unitat repetitiva bàsica de la cadena principal d'una proteïna és $(-NH-C(=O)-)$
- **Determinada genèticament.**
- És **determinant per la funció** que complirà aquesta cadena polipeptídica i d'ella depenen la resta de nivells estructurals.
- Es manté estable gràcies als enllaços peptídics que es formen entre els aa.
- Sol estar formada per d'entre 80-300 aa.

Les xaperones

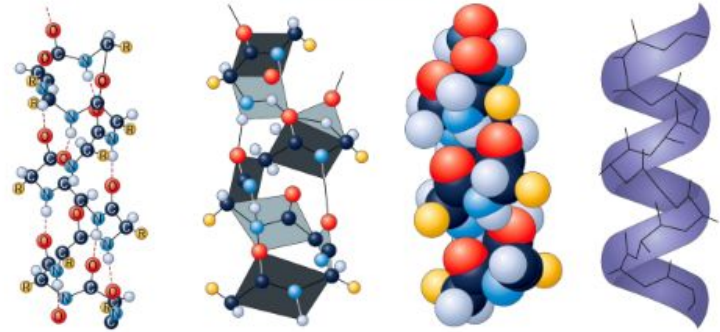
- Les proteïnes aconsegueixen la seva estructura tridimensional funcional gràcies a les xaperones, presents tant a procariotes com a eucariotes.
- Les xaperones són proteïnes que ajuden a altres proteïnes a plegar-se correctament i a mantenir la seva estructura tridimensional, però no en formen part.
- També intervenen en la proteòlisi de proteïnes que no s'han plegat correctament i que podrien resultar perjudicials per la cèl·lula.



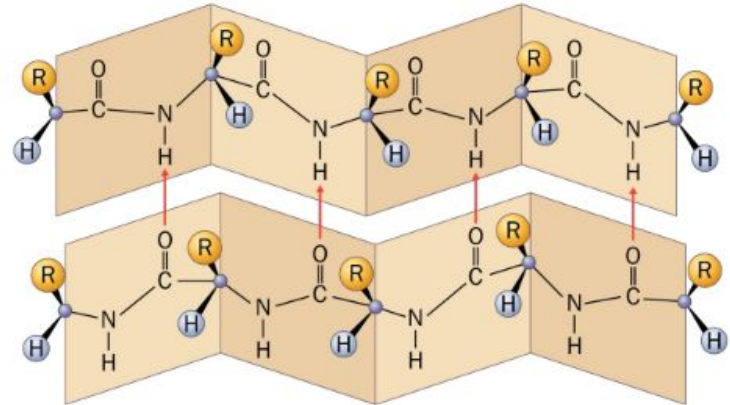
4.2. Estructura secundària

- Determinada per l'**organització espacial de l'estructura primària**, que és la seqüència polipeptídica.
- **Estabilitzada per ponts d'hidrogen** entre els grups amino i els grups carboxil dels aminoàcids que queden enfrontats.
- Les dues estructures secundàries més comuns són:
 - **Hèlix α**
 - **Estructura β o làmina doblegada**

Hèlix α

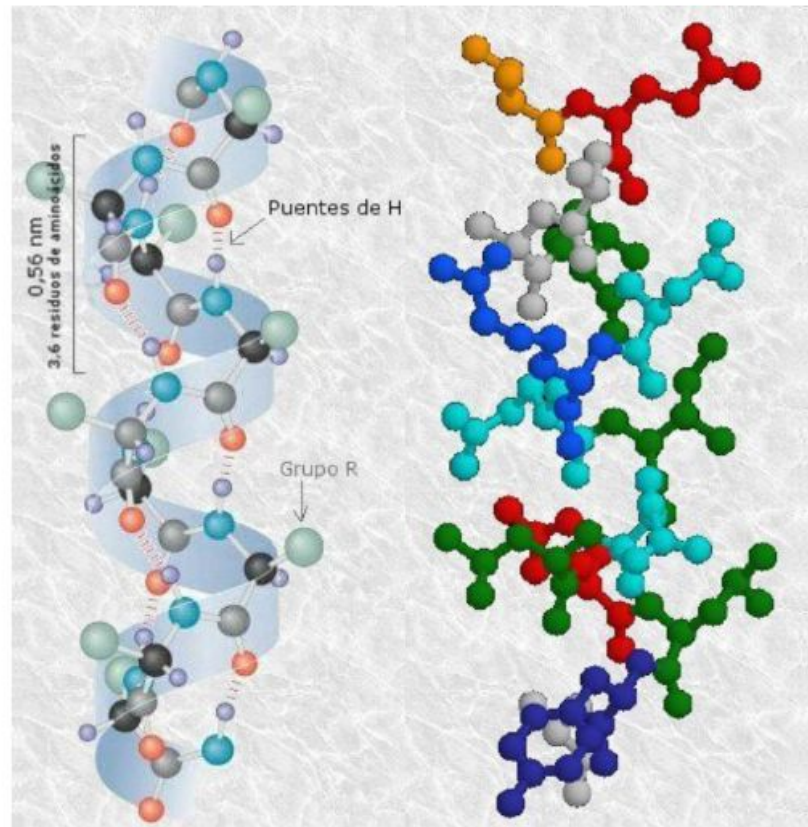


Làmina β



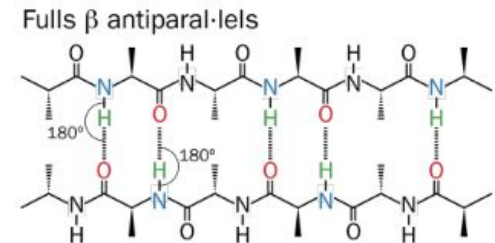
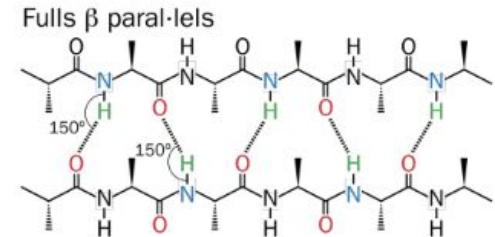
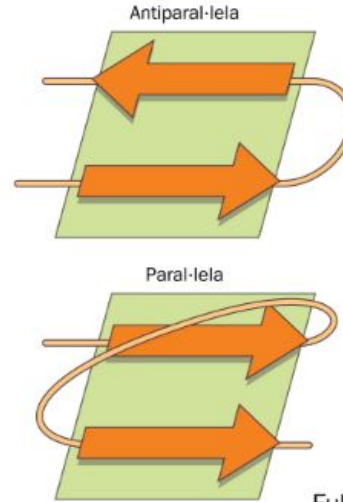
Hèlix α

- **Estructura helicoïdal dextrògira** (les voltes d'espiral són cap a la dreta).
- Organització **molt estable** gràcies a la formació de ponts d'hidrogen, se'n formen uns 7 per volta.
- A cada volta hi trobem entre 3-4 aa.
- Les cadenes laterals de cada aminoàcid se situen defora de l'hèlix.
- Els $C\alpha$ de dos aa contigus estan separats per 1,5 Å (àngstrom).
- Sol predominar en aquelles cadenes polipeptídiques riques en aa amb radicals grans o hidrofílics.



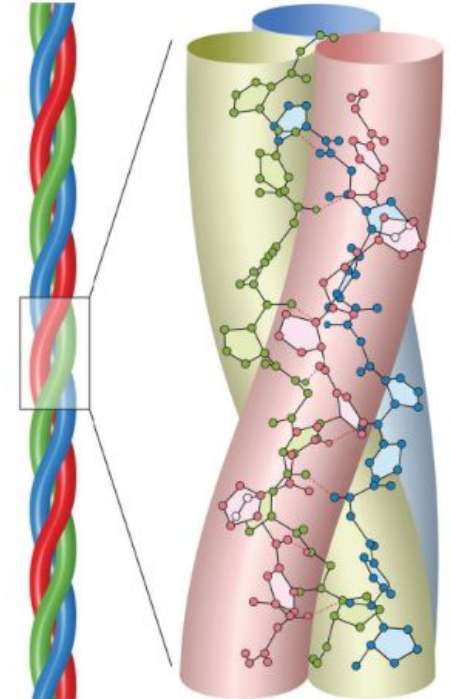
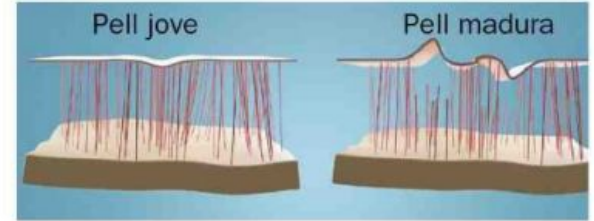
Estructura β o làmina doblegada

- La cadena polipeptídica adopta una **estructura en zig-zag** degut a la rigidesa de l'enllaç peptídic i a l'apolaritat de les cadenes laterals dels seus aa.
- Abunden els aa **Ala i Gly** (alifàtics).
- Les estructures β de diferents cadenes polipeptídiques o de dins la mateixa cadena es disposen adjacents interaccionant entre sí mitjançants ponts d'hidrogen $\rightarrow$ **làmina plegada**.
 - Cadenes en la mateixa direcció $\rightarrow$ làmina paral·lela
 - Cadenes en direccions oposades $\rightarrow$ làmina antiparal·lela



La triple hèlix de col·lagen

- És l'estructura que presenta el **col·lagen**, la proteïna més abundant dels teixits connectius.
- Està format per l'**enrotllament de tres hèlixs levògires** unides per ponts d'hidrogen. L'**hèlix resultant és dextrògira**. És una estructura molt rígida.
- Això s'explica per la seva abundància en **prolina** en la seva estructura primària.
- **Repetició periòdica de grups de tres d'aa:**
 - 1r aa: Glicina
 - 2n aa: Prolina o hidroxiprolina
 - 3r aa: Qualsevol
- Aquests aa dificulten la formació de ponts d'hidrogen dins cada hèlix, per això no es forma una α -hèlix sino una hèlix més estirada amb gir levògir.

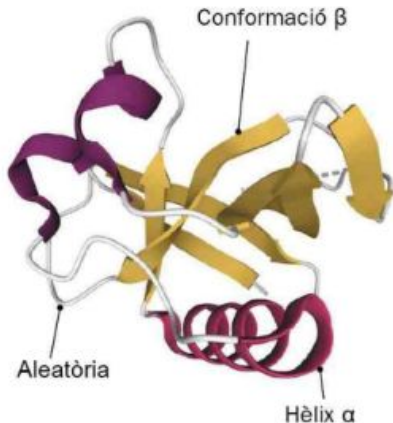


4.3. Estructura terciària

- L'estructura terciària és la **disposició que adopta l'estructura secundària en l'espai**. Per tant, l'estructura primària determina quina és l'estructura secundària i la terciària.
- L'estructura terciària és el major nivell estructural que poden tenir les proteïnes formades per una única cadena polipeptídica.



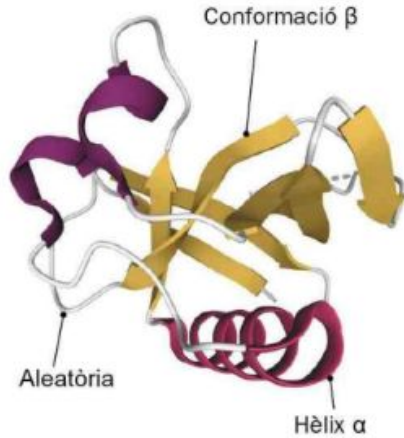
CONFORMACIÓ NATIVA → PROTEÏNA ACTIVA



Presentarà regions amb una estructura secundària d'hèlix α , altres amb conformació β i zones sense estructura definida → **DOMINIS ESTRUCTURALS**

Exerceixen funcions molt concretes dins la proteïna, com el **centre actiu dels enzims**.

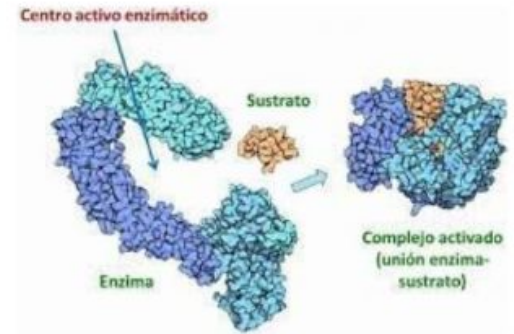
4.3. Estructura terciària



Presentarà regions amb una estructura secundària d'hèlix α , altres amb conformació β i zones sense estructura definida → **DOMINIS ESTRUCTURALS**



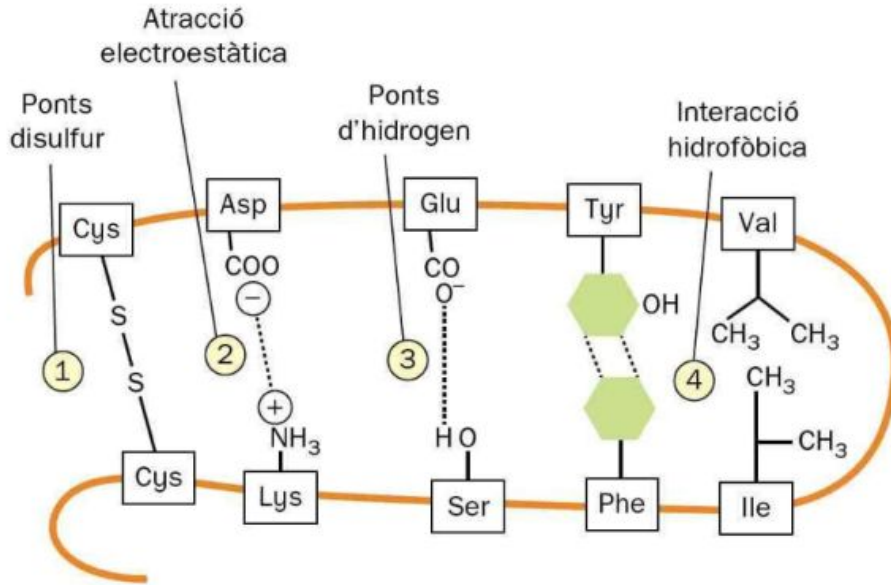
Exerceixen funcions molt concretes dins la proteïna, com el **centre actiu dels enzims**.



4.3. Estructura terciària

Els enllaços que estableixen l'estructura es formen entre les diferents cadenes laterals dels aminoàcids que la formen i poden ser:

- **Enllaços per pont d'hidrogen** entre grups polars no iònics en els quals existeixen càrregues parcials en la seva cadena lateral.
- **Atraccions electroestàtiques**, enllaços iònics entre grups R d'aminoàcids àcids (amb càrrega negativa, -COO^-) i aminoàcids bàsics (amb càrrega positiva, -NH_3^+).
- **Atraccions hidrofòbiques i forces de Van der Waals** entre radicals alifàtics de les cadenes laterals d'aminoàcids apolars.
- **Ponts disulfur**, enllaços covalents entre dos grups tiol (-SH), corresponents a dues cisteïnes. És la interacció més forta que estableix aquesta estructura, degut al seu caràcter covalent.



- Si se substitueix un aminoàcid per un altre (estructura primària), s'alterarà l'estructura tridimensional de la proteïna, ja que no es formarà algun d'aquests enllaços.
- La disposició espacial dels diferents grups funcionals determina la seva interacció amb altres molècules, per la qual cosa aquesta estructura és la **responsable directa de les propietats biològiques d'una proteïna.**

4.3. Estructura terciària

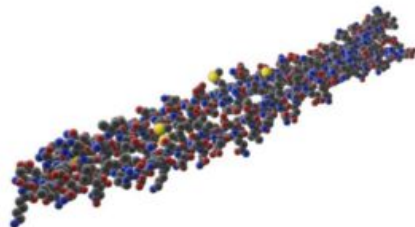
Tipus

Globulars: es plega l'estructura secundària i dona lloc a estructures amb **forma d'esfera**. Les proteïnes globulars solen ser solubles en aigua i presenten funcions enzimàtiques, de transport o hormonal.



Mioglobina

Fibroses o filamentoses: l'estructura secundària no es plega, per la qual cosa aquestes estructures presenten **formes allargades**. Les proteïnes filamentoses són insolubles en aigua i dissolucions salines i solen tenir funció estructural, com la queratina, el col·lagen o l'elastina.



Queratina

Sabies que...?

El cabell humà està compost principalment d'una proteïna anomenada queratina.

La forma natural del cabell està determinada per l'estructura de la queratina i les unions químiques dins d'ella.



La calor de la planxa per al cabell o d'altres eines similars trenca temporalment els ponts d'hidrogen i els enllaços de sofre en el cabell, la qual cosa permet que el cabell es torni mal·leable i s'allisi quan s'estira.



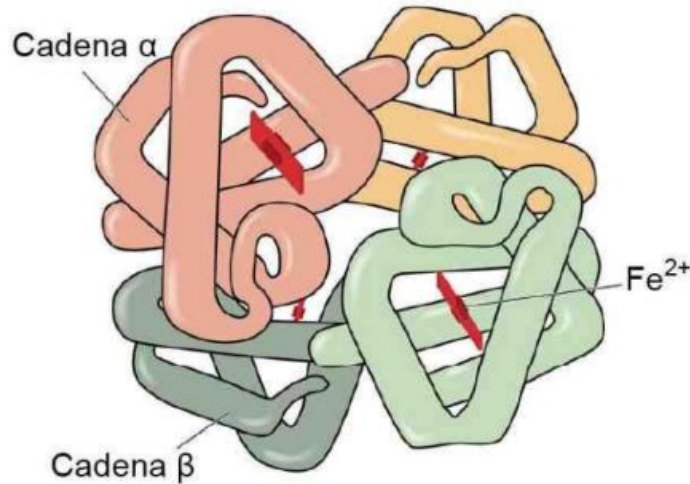
4.3. Estructura quaternària

- L'estructura quaternària apareix quan la proteïna està constituïda per diverses cadenes polipeptídiques, que poden ser iguals o diferents.
- Aquestes cadenes polipeptídiques, que presenten un nivell estructural terciari, s'uneixen entre sí i originen la proteïna amb estructura quaternària.
- Cadascuna de les cadenes polipeptídiques rep el nom de **protòmer**, **monòmer** o **subunitat**. La proteïna completa rep el nom d'**oligòmer**.
- **EXEMPLES:** hemoglobina, immunoglobulines, enzims alostèrics,...



NO TOTES LES PROTEÏNES
PRESENTEN ESTRUCTURA
QUATERNÀRIA.

4.3. Estructura quaternària



Hemoglobina

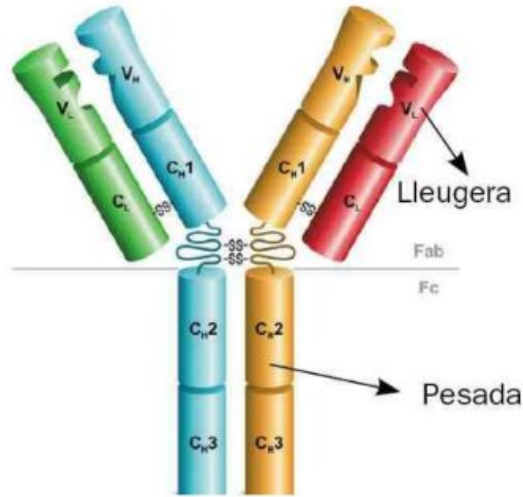
Segons el nombre de protòmers que formen el complex proteic parlem de:

- **Dímers:** formats per dues cadenes peptídiques, com la tubulina que forma els microtúbuls cel·lulars.
- **Tetràmers:** formats per quatre cadenes peptídiques, com l'hemoglobina que transporta oxigen en sang.
- **Pentàmers:** formats per cinc cadenes peptídiques.
- **Polímers:** formats per un gran nombre de subunitats proteiques.

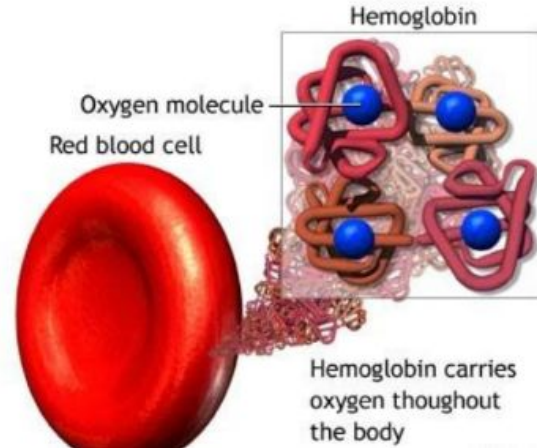
4.3. Estructura quaternària

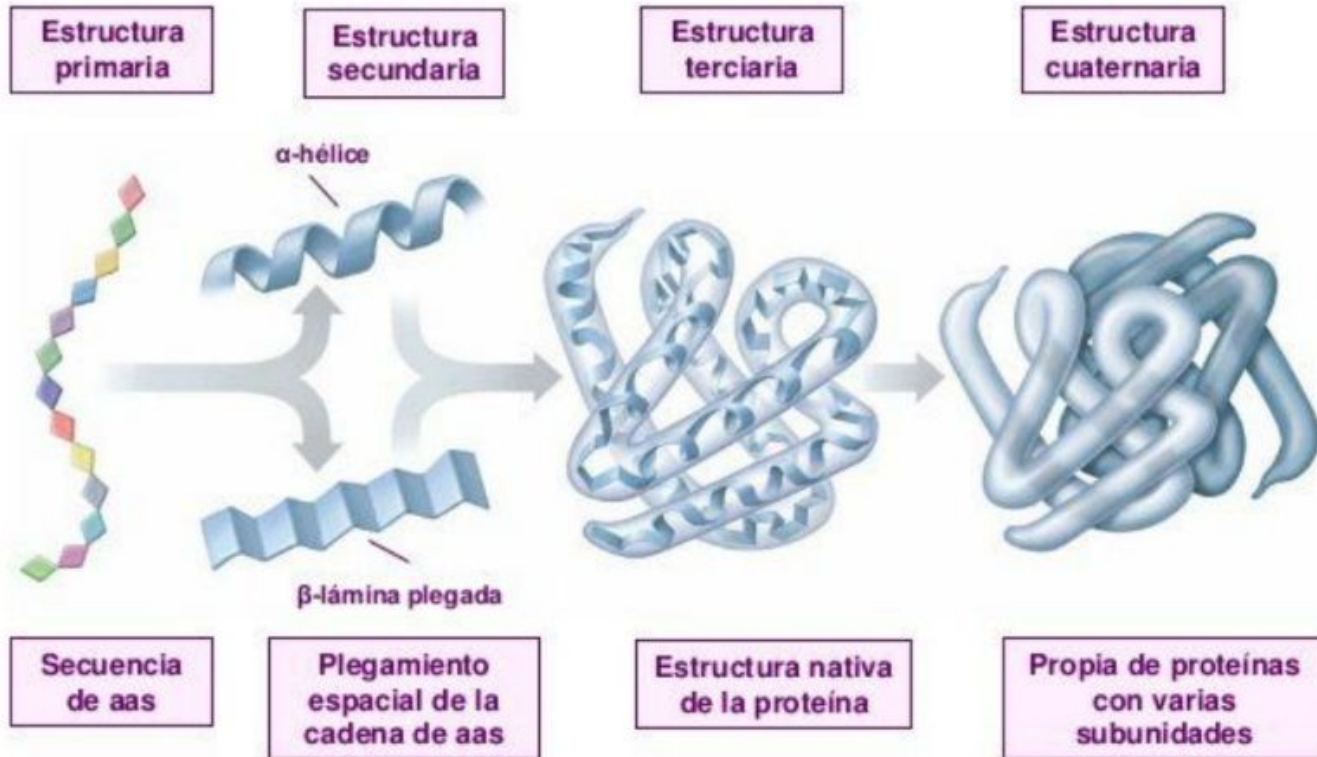
Els protòmers es mantenen units mitjançant **enllaços no covalents** a les altres subunitats proteiques:

- Ponts d'hidrogen
- Forces de van der Waals
- Interacció hidrofòbica
- Atracció electroestàtica
- Ponts disulfur, encara que és un enllaç covalent. Exemple: Immunoglobulines.



Si se separen els protòmers de l'estructura quaternària, no presenten activitat o es comporten de manera molt diferent de com ho fan quan estan acoblats.

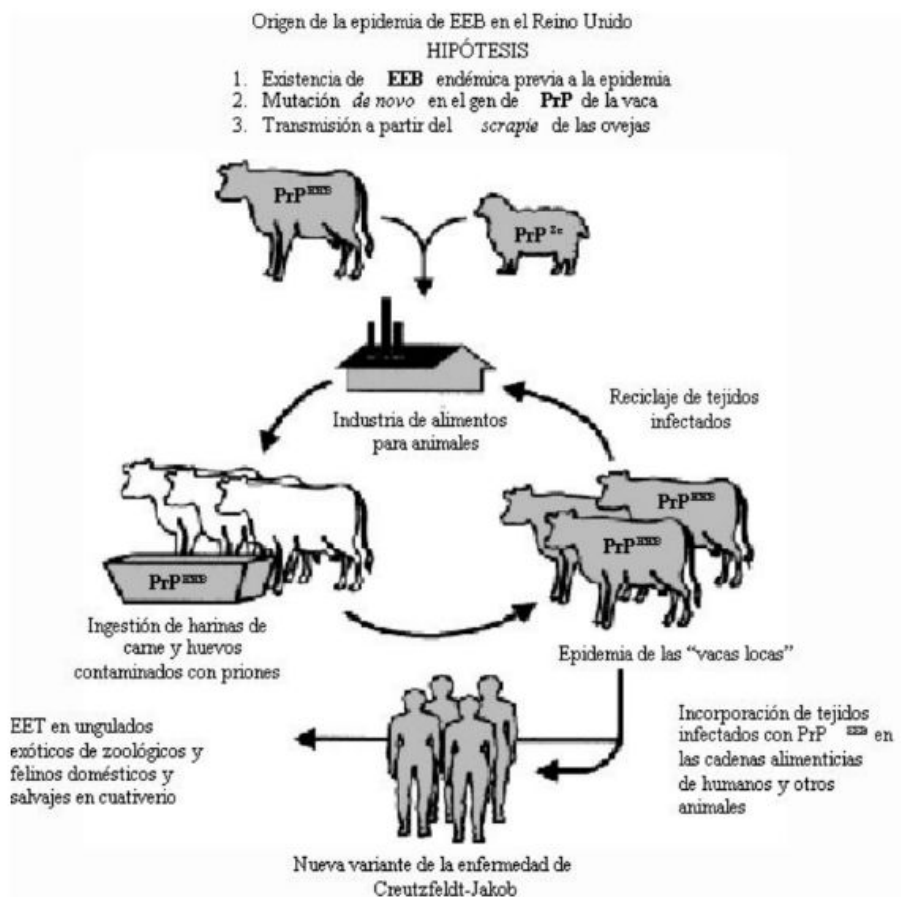




Sabies que...?

És de vital importància que les proteïnes es pleguin correctament adquirint la seva estructura terciària o quaternària funcional.

El **plegament incorrecte** condueix a malalties, especialment neurodegeneratives com l'**Alzheimer** o la **malaltia de Creutzfeldt-Jakob**, l'equivalent humà de la malaltia de les **vaques boges**.



Taula resum estructura-enllaços estabilitzadors

ESTRUCTURA DE LES PROTEÏNES		
Descripció	Enllaços implicats	Nivells estructurals
Estructura primària		
Seqüència lineal d'aminoàcids de N-t a C-t.	Enllaç peptídic.	
Estructura secundària		
Disposició espacial de l'estructura primària amb tres tipus bàsics: hèlix α , conformació β o làmina doblegada i aleatòria.	Ponts d'hidrogen entre aminoàcids enfrontats.	
Estructura terciària		
És la forma espacial tridimensional de la proteïna.	Ponts d'hidrogen, forces de van der Waals, interacció hidrofòbica, atracció electroestàtica i ponts disulfur (enllaç covalent).	
Estructura quaternària		
Protòmers amb estructura terciària s'associen i determinen l'estructura quaternària.	Ponts d'hidrogen, forces de van der Waals, interacció hidrofòbica i atracció electroestàtica.	

5. Propietats de les proteïnes

Determinades pel tipus d'aa constituents, en concret, de les característiques químiques dels seus radicals (cadena lateral).

5.1. Solubilitat

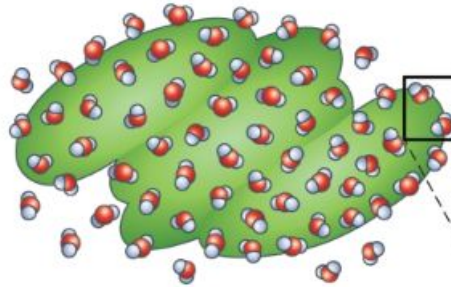
- **Proteïnes globulars** → solubles en aigua i dissolucions salines → funcions metabòliques, de transport, de regulació,...
- **Proteïnes fibroses** → insolubles en aigua i solubles en dissolvents apolars → funcions estructurals i no metabòliques.

En relació amb les **proteïnes globulars**:

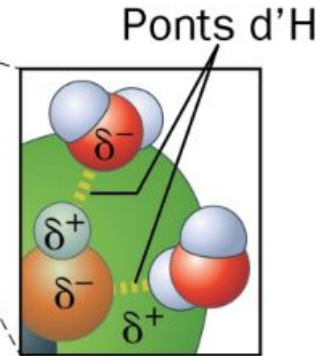
- ❑ Són proteïnes d'**elevat pes molecular**, per tant, formen **dispersions col·loïdals** i no dissolucions vertaderes.
- ❑ Els **aa apolars** de la proteïna se situen **cap a l'interior** de l'estructura ("s'amaguen"), mentre que **els radicals dels aa polars** queden cap a **l'exterior interaccionant amb les molècules d'aigua** mitjançant ponts d'hidrogen i interaccions electrostàtiques.
- ❑ Així, la proteïna queda recoberta d'una capa de molècules d'aigua → **capa de solvatació** → impedeix que s'uneixi a altres proteïnes i que precipiti.



Proteïna globular



Proteïna globular amb
capa de solvatació



5.2. Especificitat

Cada proteïna té una **estructura tridimensional única que depen de la seva seqüència d'aa** (estructura primària) la qual determinarà els tipus d'interaccions entre aa de la mateixa proteïna (estructura secundària i terciària) o entre cadenes polipeptídiques diferents (estructura quaternària).

Això fa que les proteïnes presentin **especificitat**:

- **Especificitat de funció**: cada proteïna està especialitzada en dur a terme una determinada funció.

Una petita variació en la seqüència d'aa pot provocar la pèrdua de funció de la proteïna.



MUTACIONS GENÈTIQUES QUE ALTEREN SEQÜÈNCIA D'AA

MALALTIES I DISFUNCIONS

5.2. Especificitat

- **Especificitat d'espècie:** cadascuna de les **espècies** d'éssers vius **fabrica** les seves **pròpies proteïnes**, fins i tot apareixen diferències entre individus de la mateixa espècie → rebuig d'òrgans en els transplants, rebuig en les transfusions.

ABO Grups sanguinis				
Grup	A	B	AB	O
Glòbuls vermells o eritròcits				
Antígens en els eritròcits	 Antigen A	 Antigen B	 Antigen A i B	Cap
Anticossos en el plasma sanguini	 Anti-B	 Anti-A	Cap	 Anti-A i Anti-B

Existeixen proteïnes, amb una composició i estructura similars entre espècies i que e fan la mateixa funció → **proteïnes homòlogues**

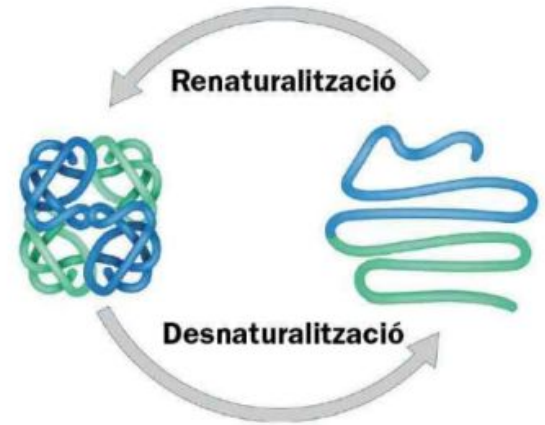
Per exemple: la insulina. Una de les seves cadenes és idèntica en l'espècie humana, el porc, el ca, el conill i el catxalot.

5.3. Comportament amfòter

- Les proteïnes, a l'igual que els aa que les componen, poden neutralitzar les variacions de pH del medi → funció homeostàtica.
- Depenent del tipus d'aa (de la naturalesa del seu radical) que les formen podran comportar-se com un àcid (alliberant protons) o com una base (captant protons).

5.4. Desnaturalització

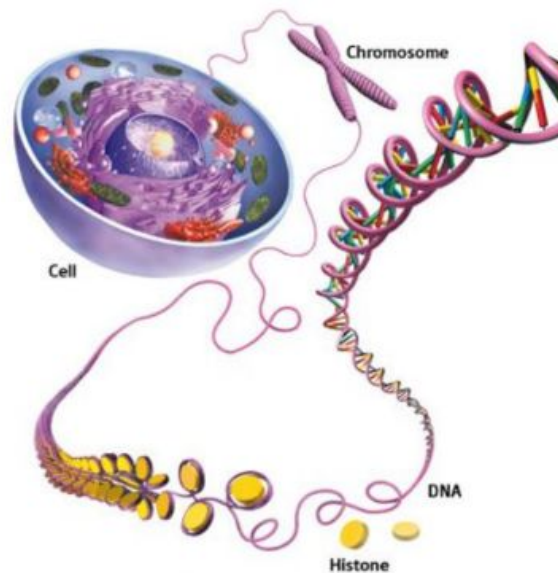
- Consisteix en la **pèrdua de la conformació nativa** per **trencament dels enllaços** que mantenen la configuració espacial de la proteïna → es perden les estructures secundàries, terciària (principalment) i quaternària → **pèrdua de propietats i funció**.
- **Es conserva l'estructura primària** perquè la desnaturalització **no afecta als enllaços peptídics** que són més forts que els ponts d'hidrogen, ponts disulfur, forces de vdW,...(responsables de l'estabilització de les estructures tridimensionals).
- Agents desnaturalitzants: **calor excessiu, alteracions pH, salinitat, radiacions...**
- Si els factors desnaturalitzants són dèbils → **renaturalització**



6. Funcions de les proteïnes

Funció estructural

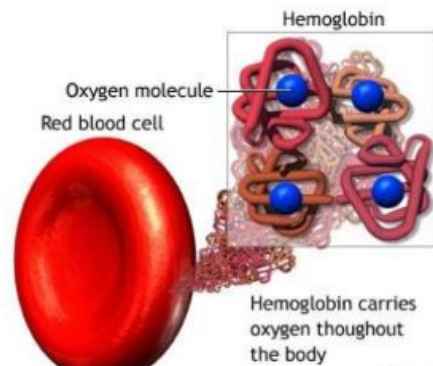
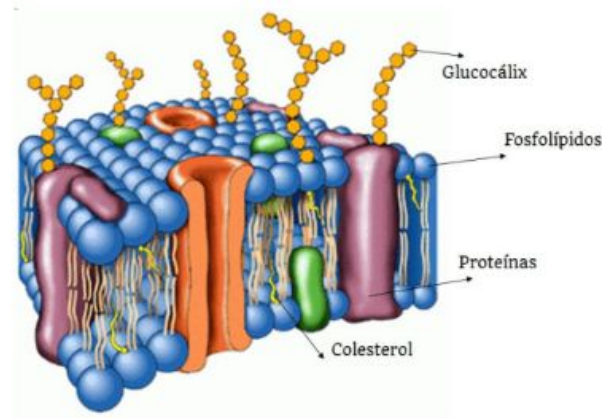
- Glucoproteïnas → Formen membranes.
- Histones → Constituents dels cromosomes
- Tubulina i actina → Formen citoesquelet, cilis i flagels.
- Col·lagen → Forma tendons, ossos, etc.
- Elastina → paret de certs òrgans.
- Queratina → Present en ungles, cabells, tc.



6. Funcions de les proteïnes

Funció de transport

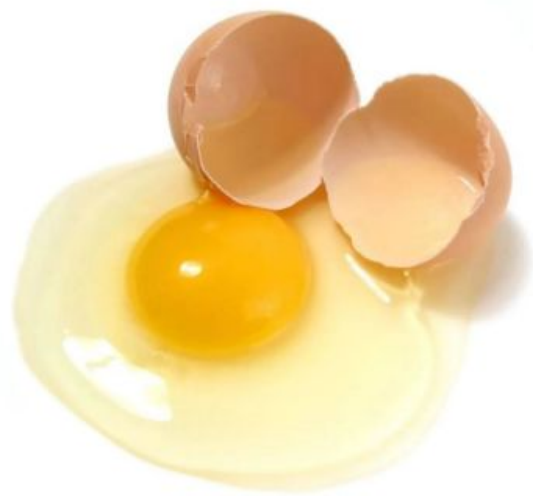
- Permeasas i bombes → Transportadores de membrana.
- Citocroms → Transporten electrons en mitocondris i cloroplasts.
- Hemoglobina i hemocianina → Transporten oxigen en sang.
- Mioglobina → Transporta oxigen en el múscul.
- Lipoproteïnes → Transporten lípids insolubles, p. ex., HDL i LDL.
- Seroalbúmines → Transporten àcids grassos.



6. Funcions de les proteïnes

Funció de reserva

- Ovoalbúmina → En l'ou
- Caseïna → En la llet



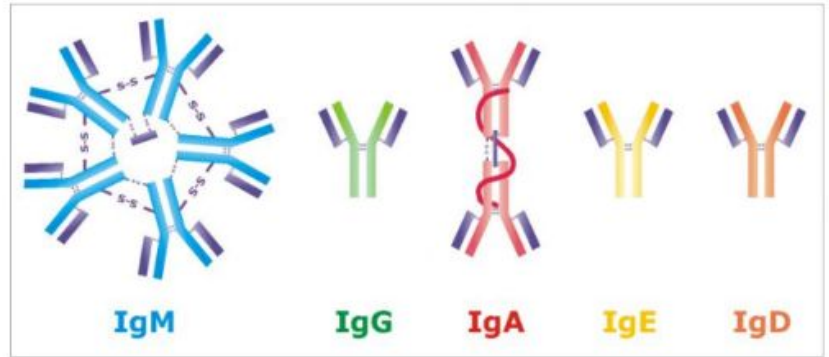
6. Funcions de les proteïnes

Funció homeostàtica

Amortidors del pH (totes, pel seu caràcter amfòter)

Funció defensiva i protectora

- Immunoglobulines → Anticossos.
- Trombines i fibrinogen → Coagulació.
- Mucines → Funció bactericida en ap. digestiu i respiratori



Funció hormonal

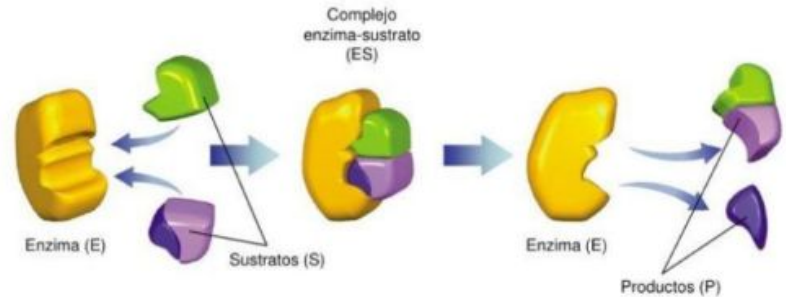
- Insulina i glucagó → Regulen metabolisme glucosa.
- Somatotropina → Hormona del creixement.

Funció contràctil

- Actina i miosina → Miofibrillas múscul.
- Dineïna → Moviment cilis i flagels.

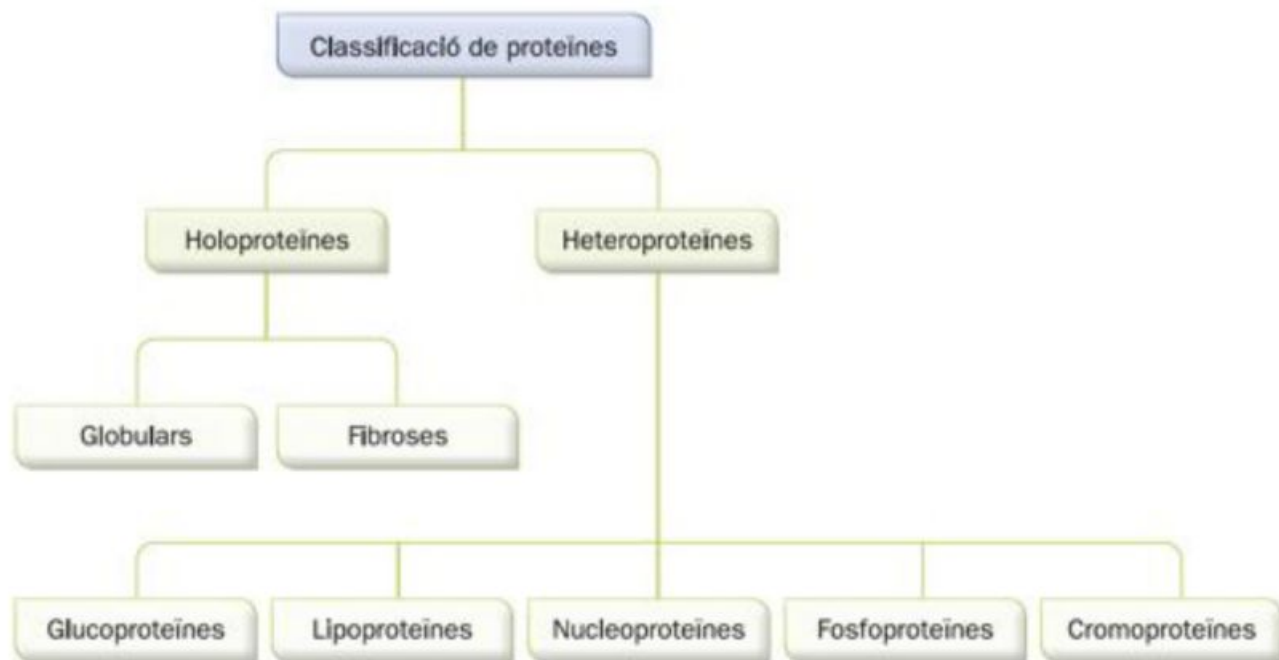
Funció catalitzadora

- Enzims → Acceleren reaccions químiques. Per exemple: amilasa (enzim encarregat de la digestió del midó)



7. Classificació de les proteïnes

Utilitzant com a criteri de classificació la composició química, parlem de **proteïnes simples, holoproteïnes; i conjugades, heteroproteïnes.**

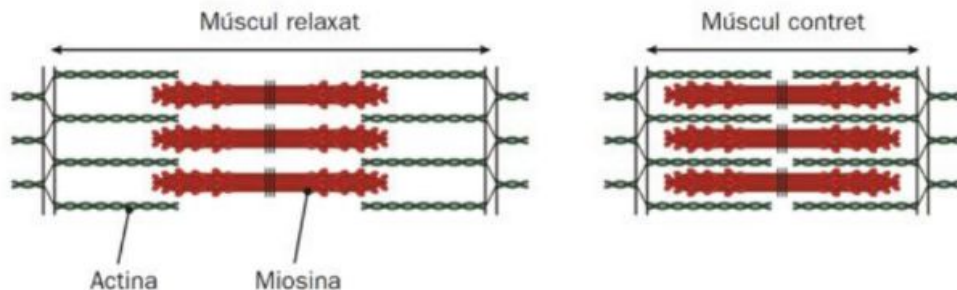


7.1. Proteïnes simples o holoproteïnes

Constituïdes únicament per aminoàcids: globulars i fibroses.

A. PROTEÏNES GLOBULARS

Solubles en aigua i amb gran activitat biològica



- **Globulines**: com les α i β globulines de l'hemoglobina i les immunoglobulines o anticossos.
- **Albúmines**: com la seroalbúmina de la sang, la lactoalbúmina de la llet i l'ovoalbúmina de l'ou.
- **Actina G**: que juntament amb les proteïnes fibroses actina F i miosina, permet la contracció en la cèl·lula.

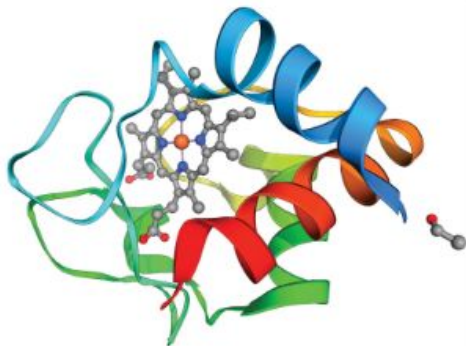
B. PROTEÏNES FIBROSES

Insolubles en aigua i amb funció estructural.

- **Miosina:** juntament amb la proteïna globular actina, permet la contracció en la cèl·lula.
- **Queratina, elastina i col·lagen:** ajuden a donar resistència i elasticitat als teixits.

7.2. Heteroproteïnes

Contenen, a més d'aminoàcids, un altre compost de naturalesa no proteïca → grup prostètic.



Citocrom amb un grup prostètic (color gris)

- **Glucoproteïnes**: el seu grup prostètic és un glúcid, per exemple, les immunoglobulines.
- **Lipoproteïnes**: el seu grup prostètic és un lípid, per exemple, LDL, HDL.
- **Nucleoproteïnes**: el seu grup prostètic és l'ADN i formen la cromatina.
- **Fosfoproteïnes**: el seu grup prostètic és l'àcid fosfòric, per exemple, la caseïna.
- **Cromoproteïnes**: el seu grup prostètic és una substància acolorida o pigment, per exemple, l'hemocianina o els citocroms.