

5. PROTEÏNES

1. CONCEPTE DE PROTEÏNA

Les proteïnes són biomolècules formades bàsicament per carboni, hidrogen, oxigen i nitrogen. La majoria conté també sofre; i en alguns tipus de proteïnes, fòsfor, ferro, magnesi i coure, entre altres elements.

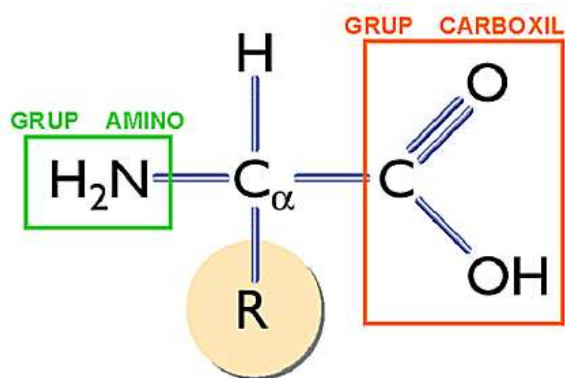
Poden considerar-se polímers d'unes petites molècules que reben el nom d'**aminoàcids**, que són les unitats bàsiques de construcció de proteïnes.



Els aminoàcids estan units mitjançant **enllaços peptídics**. La unió d'un baix nombre d'aminoàcids dóna lloc a un **péptid**; si el nombre d'aminoàcids que forma la molècula no és major de 10, es denomina **oligopèptid**, si és superior a 10 es diu **polipèptid** i si és superior a 100, es parla ja de **proteïna**.

2. ELS AMINOÀCIDS

Els aminoàcids són les **unitats bàsiques** per formar les proteïnes. Es caracteritzen per posseir un grup **carboxil** (-COOH) i un grup **amino** (-NH₂). Les altres dues valències del carboni se saturen amb un àtom d'**hidrogen** i amb un grup variable denominat **radical R**.



Els radicals confereixen a l'aminoàcid unes característiques pròpies. Per això, aquests radicals s'utilitzen com a criteri de classificació dels aminoàcids.

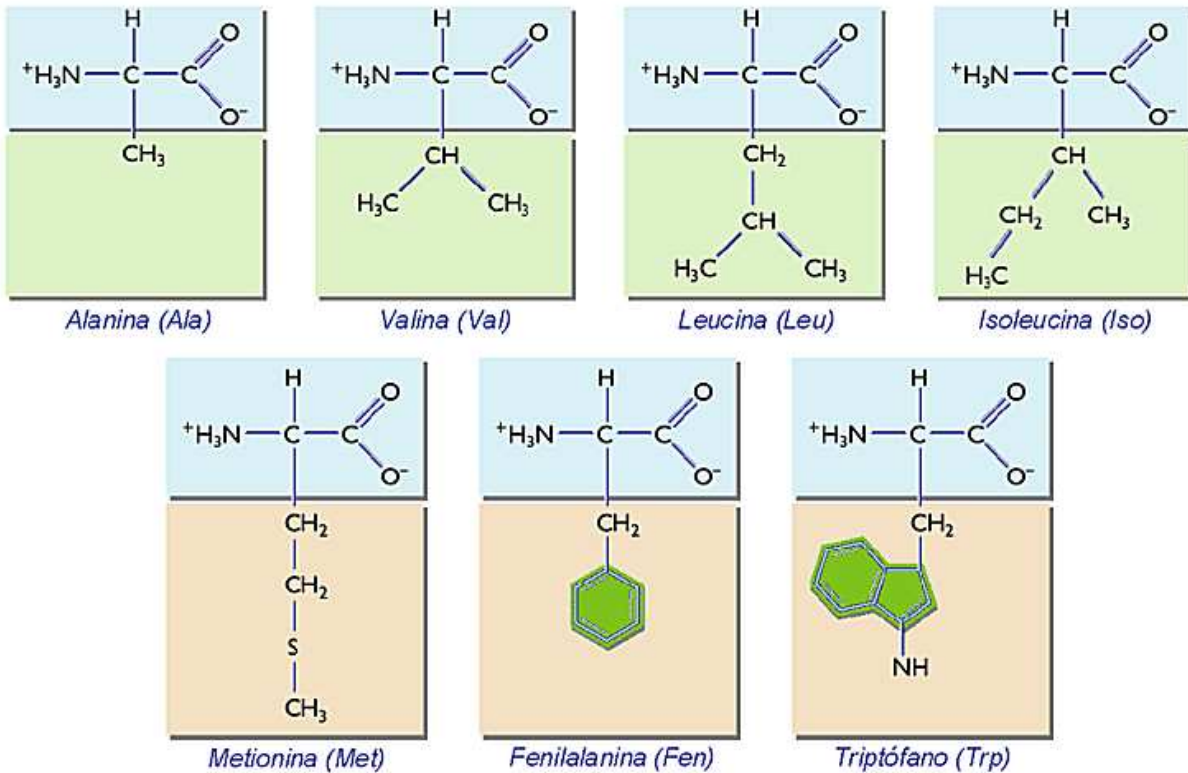
Formant part de les proteïnes existeixen 20 aminoàcids. Existeixen altres aminoàcids, però no s'associen formant macromolècules.

CLASSIFICACIÓ DELS AMINOÀCIDS

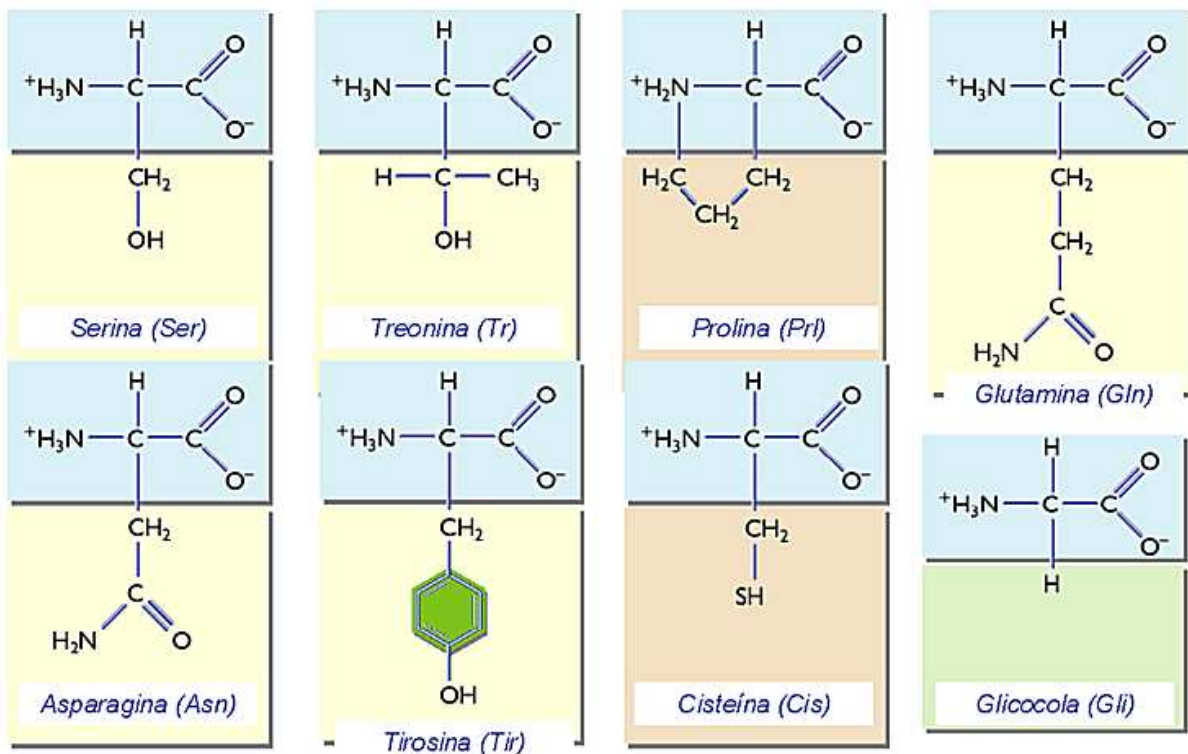
Existeixen diversos criteris per classificar en diferents grups els aminoàcids. Algunes classificacions es basen en la càrrega elèctrica de l'aminoàcid; altres fan referència a la seva afinitat per l'aigua o a la seva activitat òptica; altres es classifiquen per la seva síntesi a la cèl·lula, pel seu pH, etc.

Nosaltres classifiquem els aminoàcids en aquests quatre grups:

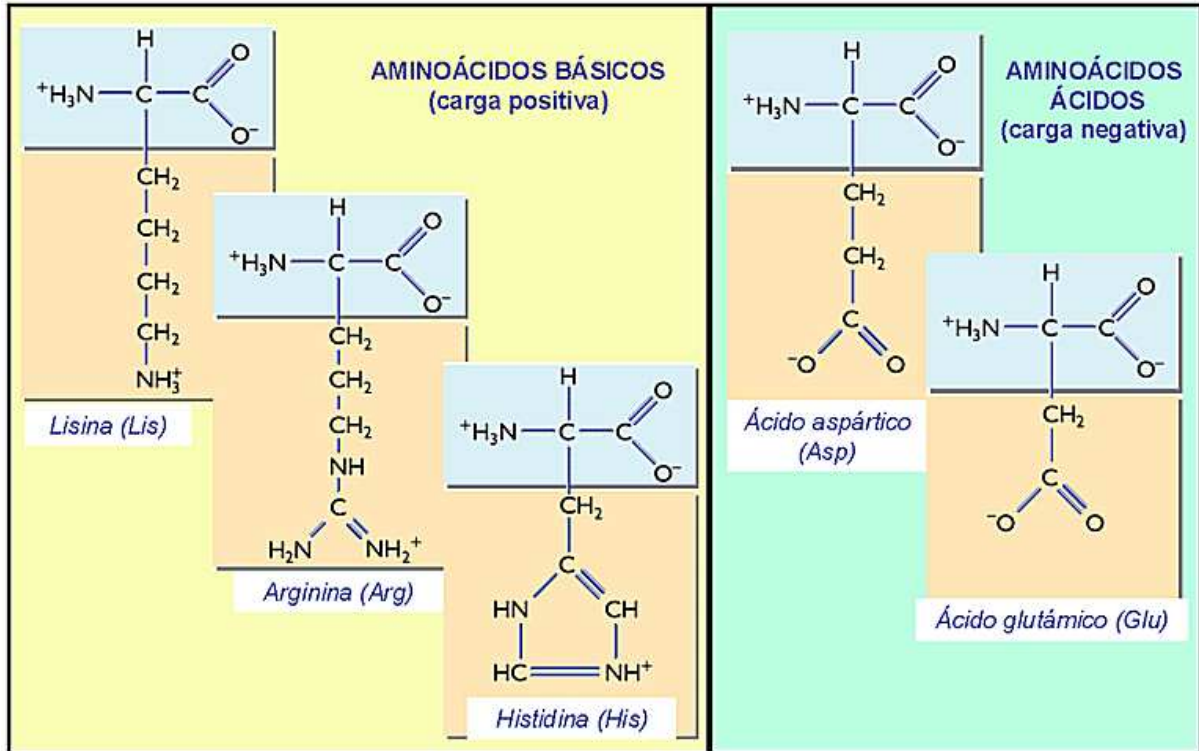
➡ **Aminoàcids hidròfobs:** els seus radicals són de naturalesa hidrocarbonada no polar; es troben en la part més interna de les proteïnes solubles, ocults del medi aquós.



➡ **Aminoàcids polars hidròfils:** els seus radicals són polars però sense càrrega i poden establir ponts d'hidrogen amb l'aigua, afavorint la seva solubilitat.



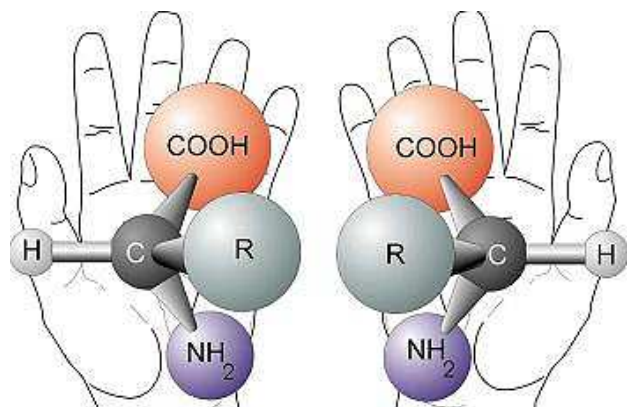
- **Aminoàcids bàsics:** els seus radicals posseeixen un grup amino que s'ionitza positivament.
- **Aminoàcids àcids:** els seus radicals posseeixen un grup carboxil que s'ionitza negativament.



Els aminoàcids que un organisme no pot sintetitzar i, per tant, han de ser subministrats amb la dieta es denominen **aminoàcids essencials**; i aquests que l'organisme sí pot sintetitzar s'anomenen **aminoàcids no essencials**. Per a l'espècie humana són essencials vuit aminoàcids: treonina, metionina, lisina, valina, triptòfan, leucina, isoleucina i fenilalanina. A més, pot afegir-se la histidina com a essencial durant el creixement, però no per l'adult.

ISOMERIA DELS AMINOÀCIDOS

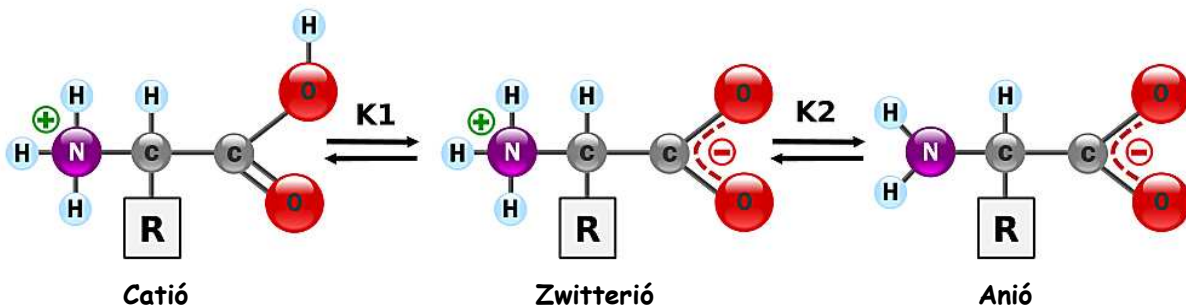
Els aminoàcids presenten isomeria, ja que posseeixen un carboni asimètric (carboni α), unit a quatre radicals diferents (excepte en el cas de la glicina). Existeix una forma D i una altra forma L. Els **isòmers de tipus D** posseeixen, en projecció lineal, el grup amino ($-\text{NH}_2$) cap a la dreta del carboni asimètric, mentre que els **isòmers L** el presenten a l'esquerra. La majoria dels aminoàcids presenten la forma L en els organismes.



També existeixen isòmers òptics. Les molècules que desvien la llum polaritzada a la dreta es denominen **dextrògires** i es representen amb el signe (+). Les molècules que desvien la llum polaritzada a l'esquerra es denominen **levògires** i es representen amb el signe (-).

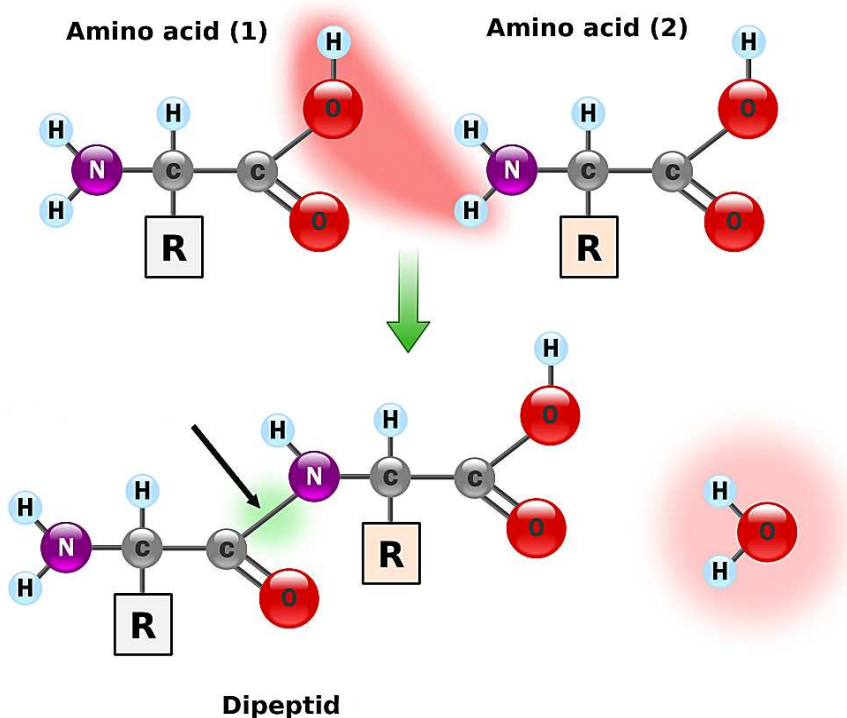
COMPORAMENT QUÍMIC DELS AMINOÀCIDS

En dissolució aquosa, els aminoàcids mostren un comportament amfòter: poden ionitzar-se, segons el pH, com un àcid, alliberant protons i quedant com $-COO^-$ o com una base, quan els grups $-NH_2$ capten protons, quedant com $-NH_3^+$, o poden aparèixer com àcid i base alhora. En aquest cas els aminoàcids s'ionitzen doblement, apareixent una forma dipolar iònica anomenada **zwitterió**. El **punt isoelèctric** és el valor de pH al que l'aminoàcid presenta una càrrega neta igual al zero.



3. L'ENLLAÇ PEPTÍDIC

Els pèptids i proteïnes estan formats per la unió d'aminoàcids mitjançant un **enllaç peptídic**. És un enllaç covalent que s'estableix entre el grup carboxil d'un aminoàcid i el grup amino del següent amb despreniment d'una molècula d'aigua.



4. ESTRUCTURA DE LES PROTEÏNES

L'organització d'una proteïna ve definida per quatre nivells estructurals de caràcter jerarquitzat denominats: estructura primària, estructura secundària, estructura terciària i estructura quaternària. Cadascuna d'aquestes estructures informa de la disposició de l'anterior en l'espai.

L'estructura tridimensional d'una proteïna determina la seva funcionalitat.

ESTRUCTURA PRIMÀRIA

L'estructura primària és la **seqüència lineal d'aminoàcids** de la proteïna. Ens indica quins aminoàcids componen la cadena polipeptídica i l'ordre en que aquests aminoàcids es troben. La funció d'una proteïna depèn de la seva seqüència i de la forma que aquesta adopti.

ESTRUCTURA SECUNDÀRIA

L'estructura secundària és la **disposició de la seqüència d'aminoàcids en l'espai**. Els aminoàcids, tal com van sent enllaçats durant la síntesi de proteïnes i gràcies a la capacitat de gir dels seus enllaços, adquireixen una disposició espacial estable, l'estructura secundària.

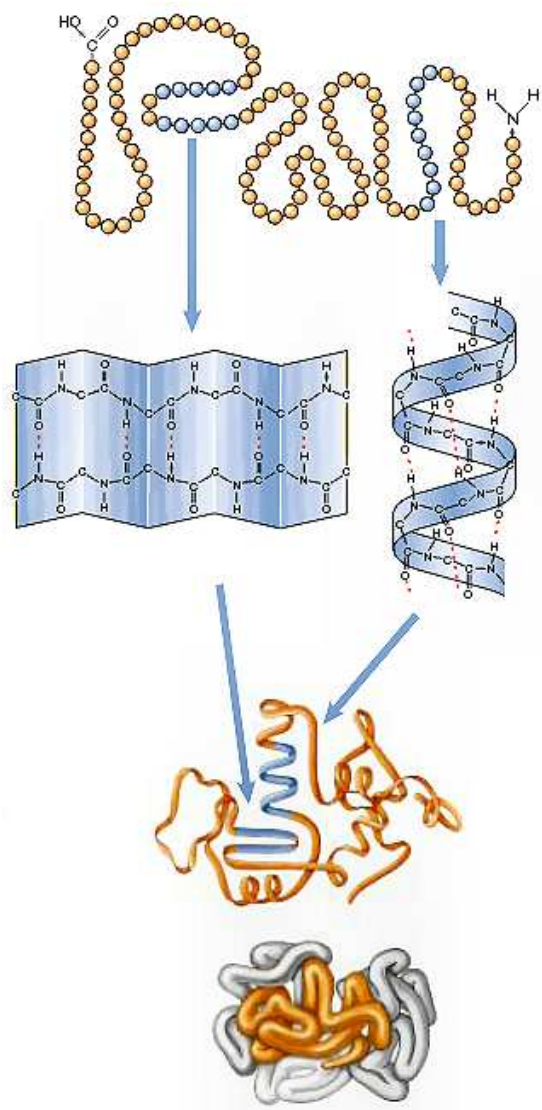
Existeixen dos tipus d'estructura secundària:

- La conformació beta o làmina beta.
- L'hèlix alfa.

ESTRUCTURA Terciària

L'estructura terciària informa sobre la disposició de l'estructura secundària d'un polipèptid al plegar-se sobre si mateixa originant una **conformació globular compacta** o una **estructura fibrosa** allargada. La conformació globular facilita la solubilitat en aigua i així realitzar funcions de transport, enzimàtiques, hormonals, etc.

En definitiva, és l'estructura primària la que determina quina serà la secundària i, per tant, la terciària.



L'estructura terciària es manté estable gràcies a l'existència d'enllaços entre els radicals R dels aminoàcids. Apareixen diversos tipus d'enllaços:

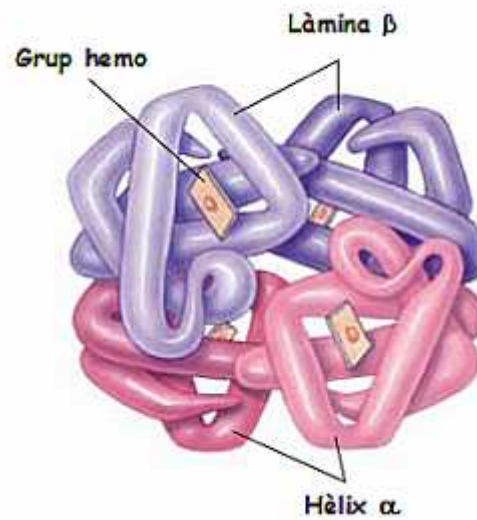
- **Ponts d'hidrogen.**
- **Ponts disulfur** entre els radicals d'aminoàcids que té sofre.
- **Interaccions hidrofòbiques.**
- **Interaccions elèctriques.**

ESTRUCTURA QUATERNÀRIA

Aquesta estructura informa de la unió, mitjançant enllaços febles (no covalents) de diverses cadenes polipeptídiques amb estructura terciària, per a formar un complex proteic. Cadascuna d'aquestes cadenes polipeptídiques rep el nom de **protòmer**.

El nombre de protòmers varia des de dos, com en la hexoquinasa; quatre, com en la hemoglobina; o molts, com la càpside del virus de la poliomièlitis, que consta de 60 unitats proteiques.

Estructura quaternària de l'hemoglobina ►



5. PROPIETATS DE LES PROTEÏNES

SOLUBILITAT

Els radicals dels aminoàcids permeten a les proteïnes interaccionar amb l'aigua. Si abunden **radicals hidròfobs**, la proteïna serà poc o gens soluble en aigua. Si predominen els **radicals hidròfils**, la proteïna serà soluble en aigua perquè, en ionitzar-se, estableix enllaços febles (ponts d'hidrogen) amb les molècules d'aigua. Així, quan una proteïna se solubilitza queda recoberta d'una capa de molècules d'aigua (capa de solvatació) que impedeix que es pugui unir a altres proteïnes, cosa que provocaria la seva **precipitació** (insolubilització).

Aquesta propietat és la que fa possible la hidratació dels teixits dels éssers vius.

ESPECIFICITAT

L'especificitat es pot referir a la seva **funció**: cada proteïna porta a terme una determinada funció i la realitza perquè posseeix una determinada estructura primària i una conformació espacial pròpia; per tant, un canvi en l'estructura de la proteïna pot significar una pèrdua de la funció.

També es pot parlar d'especificitat d'**espècie**: no totes les proteïnes són iguals en tots els organismes, cada individu posseeix proteïnes específiques pròpies que es posen de manifest en els processos de **rebuig d'òrgans** trasplantats.

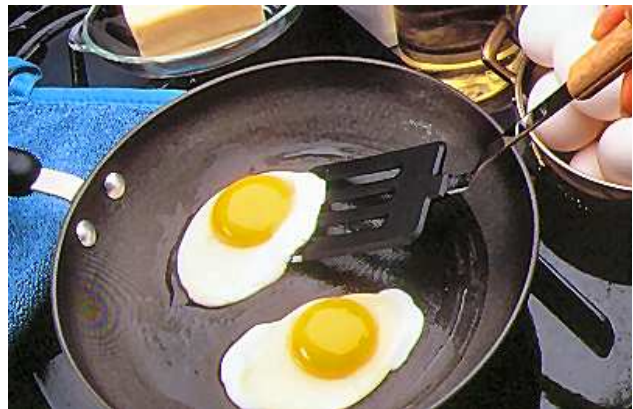
La semblança entre proteïnes són un grau de parentiu entre individus, per la qual cosa serveix per a la construcció d'**arbres filogenètics**.

DESNATURALITZACIÓ

Consisteix en la pèrdua de l'estructura terciària per trencar-se els ponts que formen aquesta estructura.

Quan una proteïna es desnatura es fa insoluble en aigua i precipita.

La desnaturació es pot produir per **canvis de temperatura**, (ou cuit o fregit) o per **variacions del pH** (rinxols de la permanent).

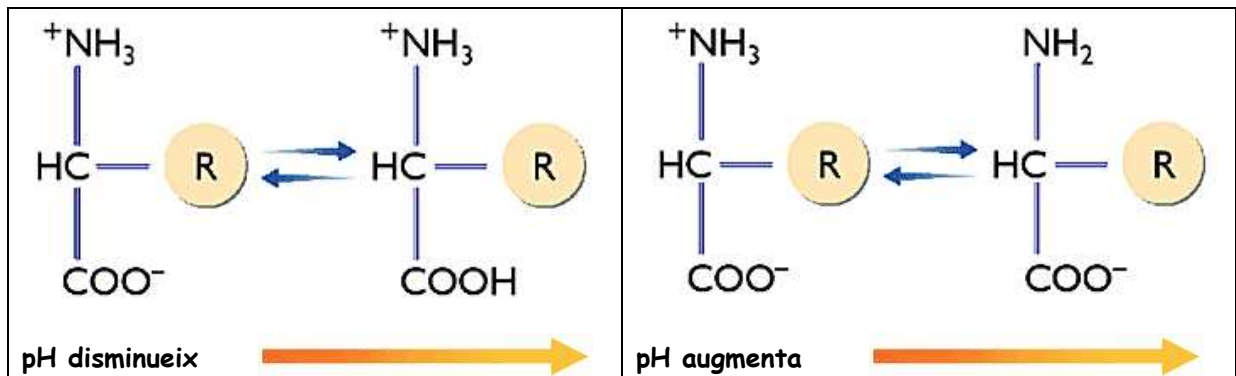


El canvi de pH produeix canvis en les interaccions electrostàtiques entre les càrregues dels radicals dels aminoàcids. La modificació de la temperatura pot trencar ponts d'hidrogen o facilitar la seva formació.

En alguns casos, si les condicions es restableixen, una proteïna desnaturada pot tornar al seu anterior plegament o conformació, procés que es denomina **renaturalització**.

CAPACITAT HOMEOSTÀTICA

Les proteïnes tenen un **comportament amfòter** i això les fa capaces de neutralitzar les variacions de pH del medi, ja que poden comportar-se com un àcid o una base i, per tant, alliberar o retirar protons (H⁺) del mitjà on es troben.



<p>L'aminoàcid es comporta com una base</p>	<p>L'aminoàcid es comporta com un àcid</p>
---	--

6. CLASSIFICACIÓ DE LES PROTEÏNES

Les proteïnes es classifiquen en:

HOLOPROTEÏNES: Formades tan sols per aminoàcids.

Globulars	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prolamines: <i>zeïna</i> (blat de moro), <i>gliadina</i> (blat), <i>hordeïna</i> (ordi). ▪ Glutenines: <i>glutenina</i> (blat), <i>orizanina</i> (arròs). ▪ Albúmines: <i>seroalbúmina</i> (sang), <i>ovoalbúmina</i> (ou), <i>lactoalbúmina</i> (llet). ▪ Hormones: <i>insulina</i>, <i>hormona del creixement</i>, <i>prolactina</i>, <i>tirotropina</i>... ▪ Enzims: hidrolases, oxidases, ligases, liases, transferases...
Fibroses	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Col·lagen</i>: en teixits conjuntius i cartilaginosa. ▪ <i>Miosina</i> i <i>actina</i>: responsables de la contracció muscular. ▪ <i>Queratina</i>: en formacions epidèrmiques (pèls, ungles, plomes, banyes). ▪ <i>Elastina</i>: en tendons i vasos sanguinis. ▪ <i>Fibroïna</i>: en fils de seda (aranyes, insectes...). ▪ <i>Fibrina</i>: intervén en la coagulació sanguínia.

HETEROPROTEÏNES: Formades per una fracció proteica i per un grup no proteic anomenat grup prostètic.

Glicoproteïnes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Ribonucleasa</i>. ▪ Mucoproteïnes. ▪ Anticòssos. ▪ <i>Hormona luteïnitzant</i>. ▪ <i>Fibrinogen</i>.
Lipoproteïnes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ D'alta, baixa i molt baixa densitat (HDL, LDL i VLDL), que transporten lípids a la sang. ▪ Quilomicrons.
Nucleoproteïnes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nucleosomes de la cromatina. ▪ Ribosomes.
Cromoproteïnes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Hemoglobina</i>, <i>hemocianina</i>, <i>mioglobina</i>, que transporten oxigen ▪ Citocroms, que transporten electrons.

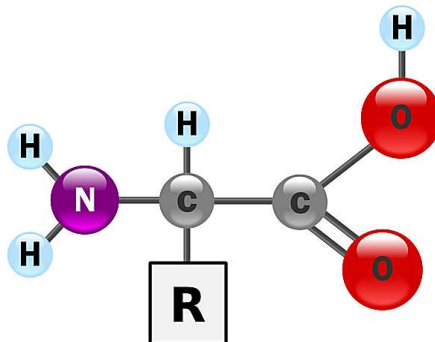
7. FUNCIONS I EXEMPLES DE PROTEÏNES

Estructural	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Glicoproteïnes que formen part de les membranes cel·lulars. ▪ Histones que formen part dels cromosomes. ▪ <i>Col·lagen</i> del teixit conjuntiu fibrós. ▪ <i>Elastina</i> del teixit conjuntiu elàstic. ▪ <i>Queratina</i> de la epidermis.
Enzimàtica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Els enzims són les proteïnes més nombroses i especialitzades. Actuen com a biocatalitzadors de les reaccions químiques.
Contràctil	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Miosina</i> i <i>actina</i>: contracció muscular. ▪ <i>Dineïna</i>: moviment dels cilis.
Hormonal	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Insulina</i> i <i>glucagó</i>. ▪ <i>Hormona del creixement</i>. ▪ <i>Calcitonina</i>. ▪ Hormones tropines.
Defensiva	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inmunoglobulines. ▪ <i>Trombina</i> i <i>fibrinogen</i>.
Homeostàtica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Els aminoàcids poden regular el pH i l'equilibri osmòtic.
Transport	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Hemoglobina</i>. ▪ <i>Hemocianina</i>. ▪ Citocroms.
Reserva energètica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Ovoalbúmina</i> de la clara d'ou. ▪ <i>Gliadina</i> del gra de blat. ▪ <i>Lactoalbúmina</i> de la llet.



activitats proposades

1 Observa el següent dibuix:



a) Què representa?

b) Assenyala els grups funcionals de què consta.

c) Què vol dir la R.

2 Dibuixa el dipèptid format per la serina i la fenilalanina.

3 Quants carbonis asimètrics tenen els aminoàcids?

4 Què significa que un aminoàcid és amfòter?

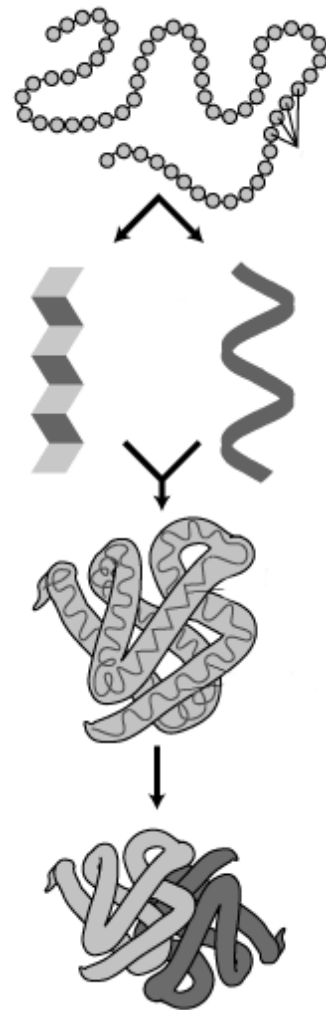
5 Indica la càrrega i l'estructura química que presentarà l'alanina si:

a) pH = 2

b) pH = 9

6 Observa l'esquema de la dreta i contesta:

- a) Què representa l'esquema en general?
- b) Què representa cadascun dels cinc dibuixos?
- c) Quins enllaços mantenen estabilitzada la forma de les hèlix α d'una proteïna?
- d) Quins enllaços mantenen la forma de les estructures globulars?



8 De què depèn l'activitat biològica i l'especificitat d'una proteïna?

9 Quins enllaços es trenquen quan se sotmet una molècula proteica a una temperatura elevada? Com es diu aquest procés? Quina repercussió té en la funcionalitat de la proteïna?

10 Els bacteris *Lactobacillus casei* i *Streptococcus lacticus* són els més habituals que intervenen quan la llet es talla.

Quins fenòmens químics creus que en són els causants?

11 Indica si els enunciats següents són certs o falsos:

C F En la cromatina humana no hi ha proteïnes.

C F La tripsina és una hormona important.

C F La penicil·lina té funció de reserva energètica.

C F L'especialització és una de les característiques dels enzims.

C F Les lipoproteïnes transporten ferro.

12 Indica amb exemples les funcions de les proteïnes.



TEST: Proteïnes

Indica la resposta correcta.

1. L'enllaç peptídic és un enllaç de tipus:

a	C - N
b	C - C
c	C - H
d	C = O
e	N - H

2. La funció de reserva energètica està associada al següent tipus de proteïnes:

a	Glicoproteïnes.
b	Cromoproteïnes.
c	Histones.
d	Globulines
e	Albúmines.

3. És correcte afirmar que:

a	A $\text{pH} > 7$, els aminoàcids es comporten com a bases.
b	A $\text{pH} < 7$, els aminoàcids es comporten com a àcids.
c	A $\text{pH} = 7$, els aminoàcids manquen de càrrega elèctrica.
d	A $\text{pH} > 7$, els aminoàcids es comporten com a àcids.
e	Els aminoàcids es comporten independentment del pH del medi.

4. La funció essencial de les histones és:

a	Energètica.
b	Enzimàtica.
c	Estructural.
d	Defensiva.
e	Respiratòria.

5. En relació a la desnaturalització proteica per variació de la temperatura:

a	És reversible per reescalfament.
b	És reversible si s'ha alterat l'estructura primària.
c	És irreversible si s'ha alterat l'estructura primària.
d	És irreversible sempre.
e	És reversible per refredament.

6. Un enllaç peptídic estableix:

a	Entre dos monosacàrids.
b	Entre un àcid gras i un aminoàcid.
c	Entre un aminoàcid i un monosacàrid.
d	Entre dos aminoàcids.
e	Entre la glicerina i un aminoàcid.

7. L'especificitat d'una proteïna globular es deguda a la seva estructura:

a	Quaternària.
b	Terciària.
c	Secundària.
d	Primària.
e	Les proteïnes globular són inespecífiques.

8. Els aminoàcids que ajuden a regular el pH tenen una funció:

a	Oxidativa.
b	Homeostàtica.
c	Enzimàtica.
d	Hormonal.
e	Osmòtica.

9. Identifica la característica que NO és pròpia dels aminoàcids:

a	Tenen una funció energètica.
b	Estan compostos per àtoms de C, H, O i N.
c	Alguns posseeixen S.
d	Sempre tenen un grup carboxil.
e	Tenen comportament amfòter.

10. Identifica la funció que NO és pròpia de les proteïnes:

a	Són molècules amb un gran poder energètic.
b	Algunes tenen funció enzimàtica.
c	Poden formar sistemes de protecció sanguínia (anticossos).
d	Poden ser elements de transport.
e	Algunes tenen caràcter hormonal.

11. No té configuració quaternària:

a	Un ribosoma.
b	L'hemoglobina.
c	El virus VIH.
d	Un complex enzimàtic.
e	Totes les anteriors posseeixen estructura quaternària.

12. Hemoglobina, hemocianina i mioglobina tenen en comú:

a	Transporten oxigen.
b	Són cromoproteïnes.
c	Posseeixen un grup hemo.
d	Les tres anteriors són correctes.
e	Només a i b són correctes.

13. L'estructura primària d'una proteïna:

a	Està determinada per la informació genètica de l'ADN.
b	És la responsable de la seva especificitat.
c	Condiciona els nivells estructurals superiors.
d	És responsable de la seva activitat funcional.
e	Totes les respostes anteriors són correctes.

14. Indica l'afirmació INCORRECTA:

a	La funció d'una proteïna depèn de la seva seqüència d'aminoàcids.
b	La renaturalització és una mostra de la plasticitat de les proteïnes.
c	Tots els individus d'una mateixa espècie posseeixen les mateixes proteïnes.
d	L'especificitat d'una proteïna està lligada a la seva funcionalitat.
e	La funció d'una proteïna es perd per trencament de la seva estructura primària.

15. Indica l'afirmació CORRECTA:

a	El col·lagen intervé en la coagulació sanguínia.
b	Els ribosomes són anticossos.
c	La queratina té funció enzimàtica.
d	La insulina és una proteïna.
e	Àcid palmític és un aminoàcid.