

Tema 5 : Proteïnes

1. Concepte
2. Aminoàcids
 - 2.1. Estructura
 - 2.2. Propietats
 - 2.3. Classificació
 - 2.4. Aminoàcids essencials.
3. Formació dels polipèptids
4. Propietats de les proteïnes
5. Conformació de les proteïnes
6. Nivells d'organització de les proteïnes
 - 6.1. Estructura primària
 - 6.2. Estructura secundària
 - 6.3. Estructura terciària.
 - 6.4. Estructura quaternària
7. Desnaturalització de les proteïnes
8. Importància biològica de les proteïnes
9. Classificació de les proteïnes

1- Concepte

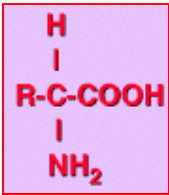
Les **proteïnes** són biomolècules formades bàsicament per **C, O, H** i **N**; també sol presentar-se el **S** i amb menor freqüència P, Fe, Cu, I, Mg i altres elements. Constitueixen aproximadament el 50% del pes sec de la cèl·lula i són les molècules fonamentals de l'organització cel·lular, no solament per la seua abundància, sinó per la gran varietat de funcions que realitzen. El seu nom prové del grec *proteios* = principal

aminoàcid
oligopèptid
polipèptid
proteïna

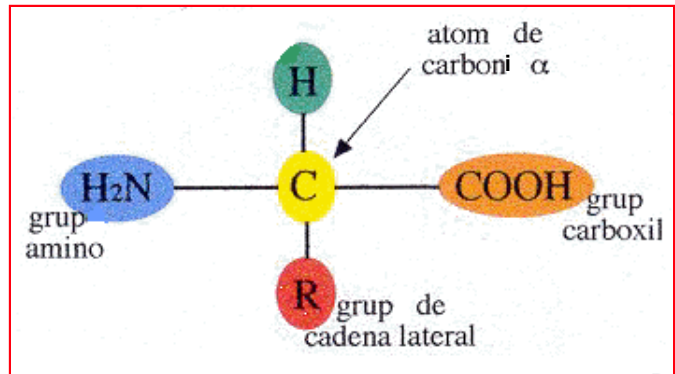
Químicament són cadenes lineals d'unes unitats més senzilles anomenades **aminoàcids**. Són **macromolècules polimèriques** a causa de su gran PM (de 10^4 a $> 10^6$) i pel fet d'estar constituïdes per la repetició de **monòmers o molècules unitat**. La unió d'un nombre petit d'aminoàcids origina un **pèptid**; si el n° d'a. que forma la molècula és < 10 , es denomina **oligopèptid**, si és > 10 en diem **polipèptid** i si és > 50 aa parlem ja d'una **proteïna**. Tot i que els aminoàcids no acostumen a trobar-se en forma lliure, cal estudiar-los per conèixer les seues propietats, perquè d'elles depenen bona part dec les propietats de les proteïnes

2- Aminoàcids

2.1. Estructura



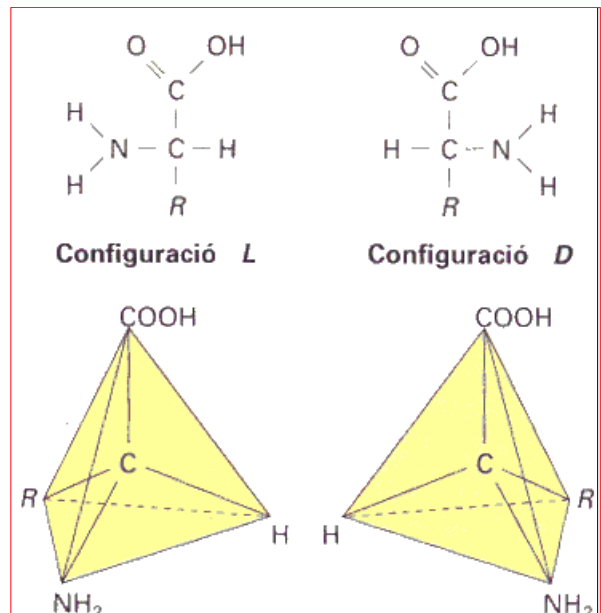
Els α -**aminoàcids** són molècules que presenten al mateix temps un grup **àcid** (carboxil) -COOH i un grup **amino** -NH_2 . Entre ells es diferencien per un radical variable **R** que varia des d'un H a cadenes lineals o cíclics; a les proteïnes hi són presents 20 aminoàcids diferents.



2.2. Propietats

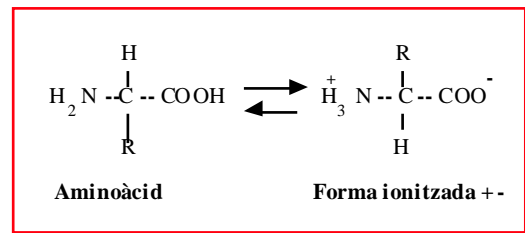
* Són molècules polars i, per tant, solubles en aigua.

** L'àtom de carboni que ocupa la posició α és **asimètric** en tots els aminoàcids, a excepció de la glicocola ($\text{R}=\text{H}$), ja que té quatre radicals diferents. Aquest fet fa que siguin òpticament actius i apareguen formes estereoisòmeres. Els aminoàcids que formen part de les proteïnes presenten sempre una **configuració L**, és a dir, presenten el grup amino situat a l'esquerra del carboni asimètric.



*** En condicions fisiològiques, ($\text{pH}=7$) els aminoàcids es troben **ionitzats**; els grups amino poden captar un protó, actuant com a una **base**, mentre que els grups carboxil perden un protó i actuen com a **àcids**. Els aminoàcids es comporten als medis biològics com a substàncies **amfòteres** (es comporten alhora com a àcid i base). Aquesta propietat és molt important per explicar les funcions homeostàtiques de les proteïnes (manteniment del pH constant) o l'estabilitat de les conformacions tridimensionals de les molècules proteïques. Els grups ionitzables dels aminoàcids (-NH_2 i -COOH ,

i altres constituents de la cadena lateral **-R**) poden guanyar o perdre protons segons el pH de la dissolució donant lloc a diferents formes (veure la figura de la dreta):



**P u n t
isolèc-**

Tot aminoàcid pot equilibrar les seues càrregues positives i negatives de forma que la seua càrrega neta siga 0. Això passa en un pH concret, diferent per a cada aminoàcid. Aquest valor de pH s'anomena **punt isolèctric (pI)**. Es defineix com el valor de pH en què la càrrega elèctrica neta de la molècula és zero: els aminoàcids són elèctricament neutres i sota aquestes condicions només hi haurà aminoàcids en la forma ionitzada +- (**zwitterió**).

**** Els aminoàcids presenten un **caràcter universal** ja que tots els organismes vius presenten aquests 20 tipus d'a-aminoàcids en les seues proteïnes, les quals com veurem més endavant són específiques de cada espècie o inclús de cada individu. A banda d'això, podem trobar altres aminoàcids (alguns d'ells formes D) com a components de la pared bacteriana o d'alguns antibiòtics.

2.3 Classificació dels aminoàcids

Les diferències entre els 20 aminoàcids es troben en la natura del seu grup **R** o **cadena lateral**. Hi trobem aa:

- Àcids, carregats negativament: $n^\circ \text{-COOH} > n^\circ \text{-NH}_2$.
- Bàsics, carregats positivament: $n^\circ \text{-COOH} < n^\circ \text{-NH}_2$.
- Neutres polars: $n^\circ \text{-COOH} = n^\circ \text{-NH}_2$. Sense càrrega, però amb grups polars capaços de crear ponts d'hidrogen amb altres grups polar.
- Neutres apolars: **R** conté grups hidròfobs que interaccionen amb altres grups hidròfobs mitjançant forces de Van der Waals

Pel que fa a l'estructura de la cadena lateral hi podem trobar estructures **alifàtiques** (cadena lineal i oberta), **aromàtiques** (cadena tancada, relacionades amb el bencè) o **heterocícliques** (cadena tancada, complexa, amb presència d'àtoms diferents al C).

2.4 Concepte d'aminoàcid essencial

Dels vint aminoàcids proteics, huit no poden ser sintetitzats per les persones i, per això, els hem d'ingerir en la nostra dieta: són els anomenats **aminoàcids essencials**: leucina , isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptòfan i valina.

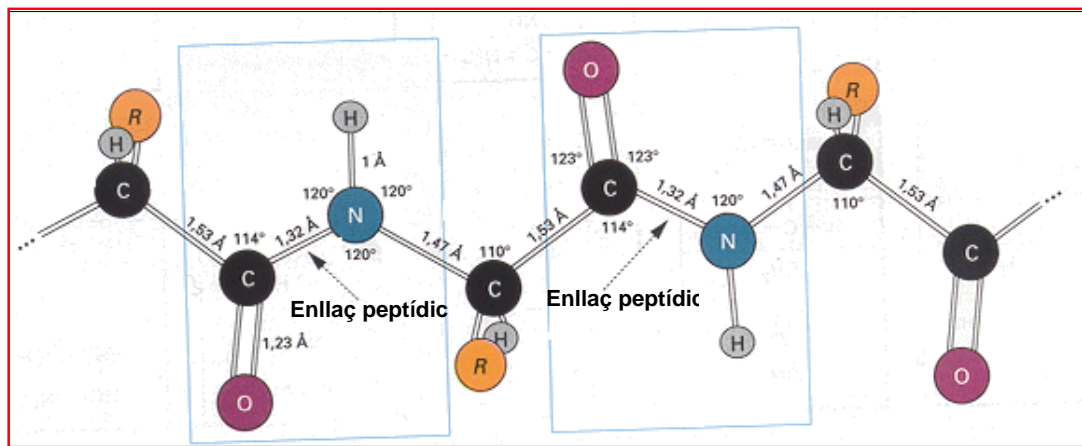
3. Formació de polipèptids

La unió entre aminoàcids per formar les proteïnes es realitza mitjançant l'**enllaç peptídic**, que uneix el grup carboxil d'un aminoàcid i el grup amino de l'aa següent. La molècula resultant s'anomena **(poli)pèptid**. Les proteïnes estan formades de una o varies **cadena polipeptídiques**.

Aquest tipus de reacció de **polimerització** té lloc mitjançant un **enllaç amida**; la reacció oposada és la d'hidrolisi. Als organismes vius

aquest tipus de reacció és catalitzada per enzims digestius com la pepsi-na i la tripsina.

L'enllaç peptídic és un enllaç relativament rígid, ja que no pot girar lliurement. Aquesta característica serà important per explicar la seua conformació tridimensional.



4- Propietats de les proteïnes

Les propietats més importants de les proteïnes són la seua solubilitat en aigua (no totes, si les globulars, però les fibril·lars són insolubles) i el seu caràcter específic.

L'especificidad és una propietat que fa referència a la seua funció. Cada proteïna du a terme una determinada funció, pròpia i exclusiva. Això és possible perquè cada proteïna té una seqüència d'aminoàcids pròpia que fa que presente una forma tridimensional característica, responsable de la seua activitat biològica. A més, no totes les proteïnes són iguals en tots els organismes; cada espècie i fins i tot cada individu posseeix proteïnes específiques pròpies fet que es posa de manifest als processos de rebuig d'òrgans transplantats. La semblança entre proteïnes és un grau de parentesc entre espècies, per la qual cosa s'utilitza per a la construcció de "arbres filogenètics". Aquesta relació entre proteïnes respon a la informació genètica:

Transferència d'informació ADN ▶▶▶ Proteïnes.

Les cadenes polipeptídiques de les proteïnes no són únicament polímers al atzar , sinó que cadascuna té una específica composició química , pes molecular , seqüència ordenada dels aminoàcids i una forma tridimensional

5. Conformació de les proteïnes

Molts dels enllaços de la cadena polipeptídica permeten la lliure rotació dels àtoms d'aquesta; en teoria la molècula de proteïna podria adoptar nombroses formes o **conformacions**; tanmateix en condicions fisiològiques, les cadenes polipeptídiques es pleguen espontàniament, tot adoptant una forma tridimensional característica, l'anomenada **forma nativa**, que és la conformació tridimensional més estable. Això és degut a què els diferents grups R o cadenes laterals dels aminoàcids s'associen entre ells i amb l'aigua per formar diferents tipus d'enllaç:

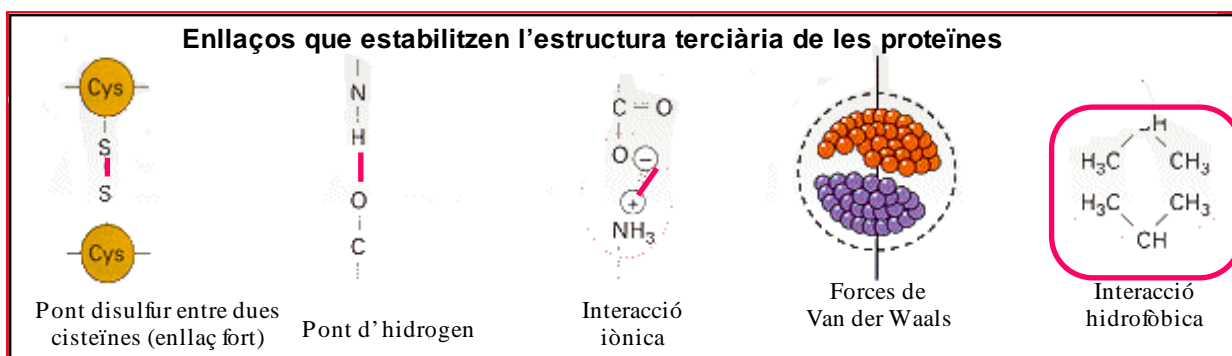
- Pont d'hidrogen

- ** Entre dos enllaços peptídics (interpeptídic)
- ** Entre un enllaç peptídic i una cadena lateral
- ** entre dos cadenes laterals R

- **Interaccions iòniques** entre cadenes laterals carregades a pH fisiològic.

- **Interaccions hidrofòbiques** entre cadenes laterals apolars amb tendència d'excloure el contacte amb l'aigua.

- **Ponts disulfur** entre dos cadenes o a l'interior de la mateixa cadena. aquest enllaç. És un enllaç covalent, de natura forta que es produeix per la interacció de dos grups **-SH** de la cadena lateral de l'aminoàcid **cisteïna**



Un dels factors que governen el plegament de les proteïnes és la distribució de les cadenes laterals dels aminoàcids polars i apolars. Aquests últims procuren agrupar-se a l'interior de la molècula a fi d'evitar el contacte amb el medi aquós. Les cadenes laterals polars es disposen a l'exterior de la molècula on poden interaccionar amb les molècules d'aigua o amb altres grups polars.

La conformació és importantíssima per al funcionament de la proteïna

(ex: enzims). La conformació d'una proteïna ve donada per la seua seqüència d'aminoàcids.

Seqüència aminoàcida **444** Conformació tridimensional **444** Funció biològica

De totes les seqüències possibles, les proteïnes que formen els éssers vius són les que tenen les seqüències adequades per adoptar configuracions estables i capaces de realitzar una gran diversitat de funcions; la resta de les seqüències possibles deuen haver estat eliminades per la selecció natural en el transcurs de l'evolució molecular.

Hi trobem dos tipus de conformació:

- * **Proteïnes fibroses**: constituïdes per cadenes polipeptídiques ordenades al llarg d'un eix, tot formant fibres o làmines; es tracta de materials resistents, insolubles, amb funcions estructurals: ex: col·lagen, ceratina.
- * **Proteïnes globulars**; constituïdes per cadenes polipeptídiques força plegades que adopten formes esfèriques o globulars compactes; són solubles en aigua i desenvolupen funcions dinàmiques. ex: miosina, enzims, etc.

6. Nivells d'organització de les proteïnes

Per a l'estudi de l'estructura de les proteïnes, el que fem es descompondre aquesta en diversos nivells d'organització, cadascun dels quals es constitueix a partir del nivell inferior.

6.1 Estructura primària.

constituïda per la disposició lineal dels aminoàcids en la cadena peptídica. Ens indica quina és la **composició** en aminoàcids i la **seqüència** d'aquests, la qual determinarà la forma tridimensional de la proteïna i en darrer terme la seua funció biològica.

fig

Aquesta seqüència d'aminoàcids serà la responsable de l'aparició d'una propietat de les proteïnes; la seua **especificitat**. Mentre que glúcids i lípids són molècules comunes per a tots els organismes, cada espècie o

inclús cada individu posseeix les seues pròpies proteïnes les quals, tot i tenir la mateixa funció que a les altres espècies, presenten lleugeres diferències en la seua seqüència. (Recordem que la seqüència d'aminoàcids respon a la seqüència de nucleòtids de l'ADN, el qual és exclusiu de cada organisme.

Espècie / aminoàcid	8	9	10
porc	Thr	Ser	Ile
Homo sapins	Thr	Ser	Ile
cavall	Thr	Gly	Ile
bal·lena	Ala	Ser	Thr
vaca	Ala	Ser	Val

Així, la molècula d'insulina de diferents vertebrats té una seqüència semblant a excepció d'uns determinats aminoàcids (posicions 8, 9 i 10)

El funcionament de la majoria de les proteïnes es basa en la unió selectiva amb diferents molècules, ja que l'única molècula que es pot unir fortament amb una proteïna és aquella que, gràcies a la seua geometria complementària, pot adaptar-se exactament a la superfície activa . Per tant qualsevol canvi en la seqüència ocasionarà una modificació de la seua conformació tridimensional i per tant influirà en la seua funció. Aquesta és la explicació, per exemple, del funcionament del sistema immunitari o del rebuig d'òrgans als transplantaments; quan major és el parentiu filogenètic, major és la afinitat entre les proteïnes.

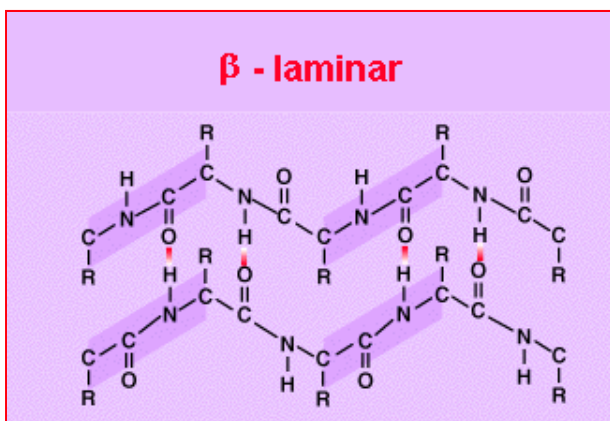
6.2 Estructura secundària

Es refereix a l'ordenació regular i periòdica en l'espai de les cadenes polipeptídiques al llarg d'una direcció. A més dels enllaços peptídics que configuren l'estructura primària d'una proteïna, és possible que s'estableixen interaccions de tipus pont d'hidrogen entre els diversos grups funcionals de la cadena polipeptídica. Aquests enllaços no covalents permeten que la molècula adopte una conformació estable que constitueix la seua estructura secundària. A mesura que se sintetitzen als ribosomes, les cadenes polipeptídiques es van plegant fins que adopten una configuració espacial més estable. Mitjançant la tècnica per **difracció per raigs X** s'arribà a saber que l'estructura primària de les proteïnes es plegava adoptant dos configuracions espacials , l' **α -hèlix** i la **β -laminar**.

* En l' **α -hèlix** , l'estructura primària s'enrotlla sobre si mateixa tot formant una espiral dextrògira, que s'estabilitza pel ponts d'hidrogen formats entre els grups **-NH-** i **-CO-** dels enllaços peptídics. Aquesta estructura comporta una periodicitat en haver-hi 3,6 aminoàcids en cada volta d'hèlix, de manera que cada aminoàcid estableix contacte amb dos aminoàcids situats en l'espira superior i inferior. Com que en aquesta posició no hi participen les cadenes laterals, situades cap a l'exterior, diferents

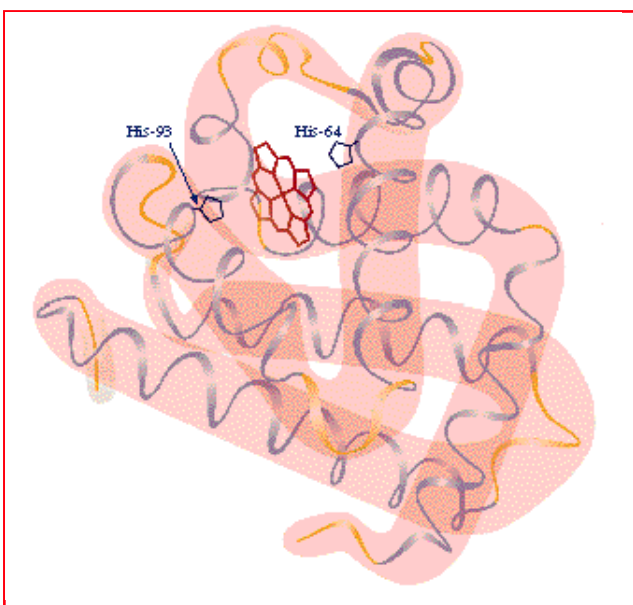
seqüències d'aminoàcids poden adoptar aquesta mateixa configuració 2^a.

No totes les seqüències adopten la configuració α , ja que la presència de determinats aminoàcids desestabilitza l'estructura, ja siga per què tenen cadenes laterals molt voluminoses o per la presència de càrregues elèctriques del mateix signe a dos cadenes laterals pròximes; per aquesta raó els segments que presenten aquesta configuració són sovint curts i apareixen units el uns als altres per mitjà de porcions que mostren una configuració irregular i amb angles més o menys aguts entre si.



* La configuració **β -laminar** està formada per la interacció de polipèptids situats en posició paral·lela o antiparal·lela. La conformació s'estabilitza per mitjà de ponts d'hidrogen entre els àtoms de l'enllaç peptídic. El resultat és que les diferents regions de la cadena s'associen per formar làmines plegades en zigi-zaga

6.3. Estructura terciària



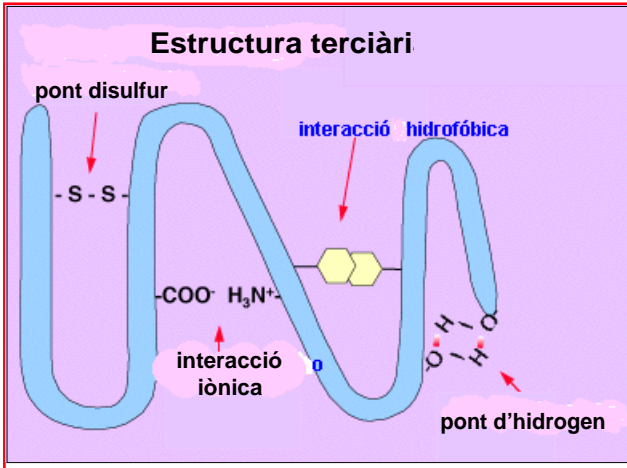
És la configuració espacial definitiva que adopten les diferents regions de la cadena polipeptídica (cadascuna amb la corresponent estructura secundària, α -hèlix o β -laminar) com a conseqüència de les interaccions establertes entre els diferents punts de la cadena; Ara hi intervenen les cadenes laterals.

El resultat és que l'estructura secundària es plega successivament, com un cabdel, fins a formar la proteïna globular

En una proteïna globular hi ha una

proporció variable d' α - hèlix o de làmines β , però sempre es distribueixen de forma tal que a l'interior trobem seqüències amb la configuració β - laminar i la superfície està formada per α - hèlix

L'estabilització de l'estructura terciària ve donada per enllaços:



- Pont d'hidrogen

** Entre dos enllaços peptídics

** Entre un enllaç peptídic i una cadena lateral

** Entre dos cadenes laterals

- Interaccions iòniques entre cadenes laterals carregades a pH fisiològic.

- Interaccions hidrofòbiques entre cadenes laterals apolars amb tendència a excloure el contacte amb l'aigua. (ex: 2 grups fenil del triptòfan)

- Ponts disulfur a l'interior de la mateixa cadena entre dos aminoàcids cisteïna

6.4. Estructura quaternària

Constituïda per l'associació de varies cadenes peptídiques amb estructura terciària, donant lloc a una agrupament de subunitats proteiques o **protòmers**. L'associació entre aquestes subunitats s'estableix per unions dèbil, de tipus ponts d'hidrogen, unions electrostàtiques, forces de Van der Waals; en alguns casos apareixen ponts disulfur entre dos cadenes.



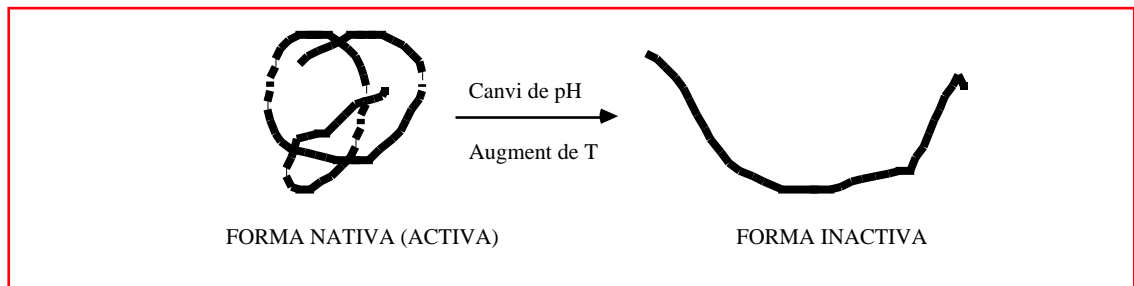
En el cas de les proteïnes fibroses, com el **col·lagen**, les cadenes que interaccionen tenen una estructura secundària, mentre que les proteïnes globulars que presenten estructura quaternària estan formades per l'associació de cadenes amb estructura terciària (**hemoglobina**)

Els protòmers que formen l'estructura quaternària formen estructures més grans com dímers (citocrom C), tetràmers (hemoglobina) i en general polímers (filaments d'actina i miosina, ribosomes, càpsida dels virus, etc)

7. Desnaturalització de les proteïnes

Les proteïnes únicament tenen funció biològica dintre d'uns límits de temperatura i pH. Si aquestos s'ultrapassen, la proteïna perd la seua activitat en perdre la seua estructura tridimensional característica (forma

nativa). Aquest procés es diu **desnaturalització**. L'efecte més visible de la desnaturalització és el descens de la solubilitat de la molècula, per la qual cosa, la proteïna desnaturalitzada precipita i esdevé insoluble. Un exemple molt conegut d'aquest fenomen és el li passa a un ou en calfar-lo (perd la seua estructura globular, soluble, i passa a adoptar una forma fibrosa i insoluble). De vegades aquest procés pot ser reversible (**renaturalització**) si varien novament les condicions del medi. Al cas de ou bollit, és clar que no.



La desnaturalització radica en el trencament dels enllaços dèbils i ponts disulfur que provoca la desestabilització de ls estructures secundària, terciària i quaternària. Els enllaços peptídics, altrament, romanen inalterats.

8. Importància biològica de les proteïnes

Les proteïnes constitueixen més de la meitat del pes sec de la cèl·lula i desenvolupen una gran varietat de funcions biològiques diferents, tot estar formades pels mateixos 20 aminoàcids que per si mateixos no tenen cap efecte biològic.

1- Components estructurals.

Les proteïnes són uns dels principals components dels éssers vius (funció plàstica).

* A nivell cel·lular podem destacar les **proteïnes de les membranes**, les quals realitzen funcions de transport de substàncies entre l'exterior i l'interior cel·lular, **receptors** dels neurotransmissors o les hormones, etc; altres proteïnes constitueixen el **citoesquelet** de la cèl·lula: microtúbuls, fibres del fus acromàtic, cilis i flagels. Els ribosomes estan constituïts per nombroses proteïnes (juntament amb ARN); les **histones** formen part de l'estructura dels cromosomes de les cèl·lules eucariòtiques on participen en la regulació de l'activitat gènica.

** A nivell orgànic ens trobem amb altres proteïnes estructurals importants: El **col·lagen** i l'**elastina** són els components de les fibres de la substància intercel·lular del teixit conjuntiu; la **ceratina** forma estructures epidèrmiques com les ungles, pèls, plomes, banyes, etc; la fibroïna és el component de la seda de les teranyines o els capolls els cucs de seda

2-Funció de reserva

Tot i que les proteïnes no són generalment utilitzades com a fonts energètiques n'hi ha algunes com l'albumina de la clara d'ou o la caseïna de la llet, que són un magatzem d'aminoàcids a punt de ser utilitzats com a elements nutritius i com unitats estructurals per l'embrió en el seu desenvolupament. De forma anàloga en trobem proteïnes de reserva a les llavors de les plantes

3- Funció de transport

A banda de les proteïnes transportadores de membrana, altres proteïnes contribueixen al transport de diferents substàncies a través de l'organisme: **hemoglobina** en la sang dels vertebrats; els **citocroms** que transporten electrons en la cadena respiratòria; les **lipoproteïnes** transporten el colesterol, els triacilglicèrids i altres lípids per la sang.

4- Funció defensiva

Trombina i **fibrinogen** participen al procés de coagulació de la sang; les **mucines** tenen una acció germicida i protectora de les mucoses; les **immunoglobulines** de la sang es comporten com a anticossos davant els possibles antígens (molècules alienes a nostre organisme) que puguen penetrar-hi.

5- Funció hormonal

Les hormones són molècules orgàniques sintetitzades en glàndules de secreció interna i que tenen una important funció reguladora de les funcions orgàniques dels éssers pluricel·lulars. Algunes d'aquestes hormones són de natura proteica com la **insulina** i el **glucagó** que regulen el metabolisme dels glúcids.

6-Funció homeostàtica

Les proteïnes intracel·lulars i del medi intern intervenen en el manteniment de l'equilibri osmòtic i actuen, juntament amb altres sistemes amortidors o tampons, per mantenir constant el valor del pH, atés el seu caràcter amfòter.

7- Funció contràctil

El moviment i la locomoció dels organismes unicel·lulars i pluricel·lulars depenen de proteïnes contràctils:La **dineïna** permet el moviment de cilis i flagels; l'**actina** i la **miosina** formen les miofibril·les responsables de la contracció muscular

8- Funció enzimàtica

Potser és la funció més important de totes les que fan les proteïnes.Hi actuen com a **biocatalitzadors** de les reaccions metabòliques. Seran estudiats al tema següent.

CLASIFICACIÓ DE PROTEÏNES

Es classifiquen en :

1. HOLOPROTEÏNES: Formades solament por aminoàcids

2. HETEROPROTEÏNES; Formades per una fracció proteínica i per un grup no proteínic, anomenat *grup prostètic*

H O L O P R O T E Ï N E S	Globulars	<ul style="list-style-type: none"> * Prolamines: <i>Zeína (dacsá), gliadina (blat), hordeína (ordi o civada)</i> * Glutenines: <i>Glutenina (blat), orizanina (arrós).</i> * Albúmines: <i>Seroalbúmina (sang), ovoalbúmina (ou), lacto - albúmina (llet)</i> * Hormones: <i>Insulina, hormona del creixement, prolactina, tiotropina</i> * Enzims: <i>Hidrolases, Oxidases, Lligases, Liases, Transferases...etc. (Veure el tema següent)</i>
	fibroses	<ul style="list-style-type: none"> * Col·làgens: <i>en teixits conjuntius, cartilaginós</i> * Queratines: <i>En formacions epidèrmiques: pèls, ungles, plomes, banyes.</i> * Elastines: <i>En tendons i vasos sanguinis</i>
H E T E R O P R O T E Ï N E S	Glucoproteïnes	<ul style="list-style-type: none"> * Ribonucleasa * Mucoproteïnes * Anticòssos * Hormona luteinizant
	Lipoproteïnes	* D'alta, baixa i molt baixa densitat, que transporten lípids en la sang.
	Nucleoproteïnes	<ul style="list-style-type: none"> * Nucleosomes de la cromatina * Ribosomes
	Cromoproteïnes	<ul style="list-style-type: none"> * Hemoglobina, hemocianina, mioglobina, que transporten oxigen * Citocroms, que transporten electrons

Bibliografia

- # ALBERTS B. (1986) Biologia molecular de la cèlula. Ed. Omega Barcelona (B)
- # CAVALLI-SFORZA L. i F. (1994) Qui som. Història de la diversitat humana. Col·lecció Mare Nostrum. Enciclopèdia catalana. Barcelona
- # DOMENECH X et al (1993) Bioelements i biomolècules. Ed. Barcanova. Barcelona.(B)
- # LEHNINGER Curso breve de Bioquímica. Ed Omega. Barcelona (B)
- # PANADERO J. (1990) Biologia COU. Ed. Bruño. Sant Adrià de Besós.(B)

Qüestions de repàs

- 1 * Per què es diu que els aminoàcids són ions dipolars?
 - 2 * Per què els aminoàcids són més solubles i tenen un punt de fusió més alt del que caldria esperar?
 - 3 * El punt isolèctric de l'alanina és 6. De quina manera es trobarà la molècula a en aquest valor de pH? Quina càrrega tindrà a un valor de pH menor? i a pH més bàsic?
 - 4 * Tenim una dissolució aquosa d'alanina, treonina i àcid glutàmic, els punt isolèctric dels quals és respectivament 6, 6'6 i 5'7. Explica: a pH 6, quin/s dels aminoàcids es dirigirà cap l'ànode? Quin/s cap al càtode? Quin/s romandrà immòbil?
 - 5 * Explica els criteris de classificació d'aminoàcids als següents exemples; Isoleucina, fenilalanina, àcid aspàrtic, lisina, tirosina i histidina.
 - 6 * Com podem sintetitzar els aminoàcids no essencials?
 - 7* Escribeu el pentapeptid format pels aminoàcids Glicocola - Alanina - Serina- Histidina- Tirosina
 - 8 * Calcula el nombre de proteïnes diferents formades per 100 aminoàcids
 - 9 * Quina importància trobes al fet que les proteïnes siguin específiques?
 - 10 * Quins enllaços actuen en el procés d'hidrolisi? Quins en el de desnaturalització?
 - 11* En quines ocasions poden ser utilitzades les proteïnes com a font energètica?
 - 12 * Per què els aminoàcids que tenen residus apolars es localitzen a la superfície de les proteïnes de membrana?
 - 13 * Què és un grup prostètic? Busca'n exemples.
 - 14* Indica si són vertaderes o falses les afirmacions següents. Raona les respostes.
 - * L'estructura secundària de les proteïnes pot ser globular o fibrosa.
 - * En la desnaturalització de les proteïnes es trenquen els enllaços peptídics.
 15. La taula següent mostra l'espectre d'activitat d'una enzima front a la temperatura:

Temperatura	0°	5°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°
Activitat	0	24	36	150	250	400	300	25	0
- Fes la gràfica i comenta la relació entre temperatura i activitat enzimàtica (protèica)
- 16* Basant-te en la funció que realitzen les proteïnes següents o en la seua localització, podies indicar si són globulars o fibroses?
 - * Elastina (teixit conjuntiu)
 - * Lactasa (enzim)
 - * Fibrona (seda)
 - * Hemoglobina (transporte d'oxigeno)
 - * Queratina (ungles)

Lectura

L'estudi de l'evolució per mitjà de les proteïnes

En general, si agarrem una mateixa proteïna -per exemple l'hemoglobina- en dos individus de la mateixa espècie, trobem que és idèntica o molt similar, mentre que en dos organismes separats per una evolució més o menys llarga és diferent, perquè alguns aminoàcids han estat substituïts, o s'hi ha afegit. Podem comparar les diferències existents i descobrim que, en general, com més diferents són dos organismes, més gran és el nombre d'aminoàcids que els diferencia.

Prenem com a exemple els 15 primers aminoàcids de la cadena a de l'hemoglobina de tres espècies diferents:

Humans	Val	Leu	Ser	Pro	Ala	Asp	Lys	Tyr	Asn	Val	Lys	Ala	Ala	Trp	Gln
Cavall	Val	Leu	Ser	Ala	Ala	Asp	Lys	Tyr	Asn	Val	Lys	Ala	Ala	Trp	Ser
Pollastre	Val	Leu	Ser	Asn	Ala	Asp	Lys	Asn	Asn	Val	Lys	Gly	Ile	Phe	Tyr

És fàcil veure que els humans i el cavall són diferents per dos aminoàcids entre els 15 indicats (4^t i 15^e) mentre que els humans són molt més diferents al pollastre (6 sobre 15). Això ens demostra una cosa interessant: l'estructura de l'hemoglobina és similar en les tres espècies, encara que es tracte d'organismes notablement diferents; hi ha però dos d'ells més semblants entre si: això és conseqüència de que el pollastre és un ocell, mentre que els humans i el cavall són mamífers.

La diferència de dos aminoàcids entre humà i cavall (sobre els 15 estudiats) i la de sis entre humans i pollastre i entre aquest i el cavall, estan en realció un a tres, gairebé com la separació evolutiva entre Homo i cavall (65 m.a.) i la que hi ha entre mamífers i aus, que és aproximadament tres vegades més. Aquesta relació simple entre la divergència evolutiva entre els patrimonis biològics de diverses espècies i el temps en què aquesta ha pogut acumular-s, és la base de l'anomenat **rellotge molecular**, utilitzat per a calcular el temps d'evolució a partir de les diferències observades entre dos organismes i per reconstruir els corresponents arbres evolutius.

Naturalment una estadística feta sobre 15 aminoàcids no és suficient. Agarrem ara una estadística més llarga, el nombre de diferències en els aminoàcids de tota la cadena a de l'hemoglobina de quatre mamífers :

	Dona/home	Goril·la	Porc	Conill
Home/dona	0	1	19	26
Goril·la	1	0	20	27
Porc	19	20	0	27
Conill	26	27	27	0

Activitat

Explica aquesta gràfica i construeix l'arbre evolutiu d'aquestes espècies

Resposta

Primer posarem junts home i goril·la que són el més semblants perquè només tenen un aminoàcid diferent. Home i goril·la tenen respectivament 19 i 20 diferències respecte al porc; per la qual cosa pensem que la separació es va produir en un temps molt més antic de la que hi va haver entre l'home i el goril·la. Inserim, doncs, una branca que porta al porc. després ve el conill a la branca més externa de l'arbre, perquè té 26 i 27 diferències tant amb l'home com amb el goril·la com amb el porc