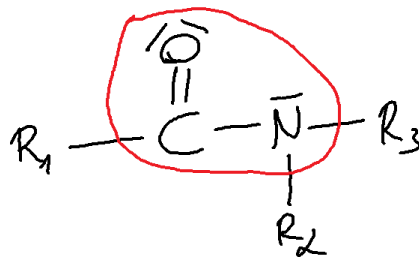


## Fehérjék (55. fejezet)

A fehérjék  $\alpha$ -aminosavakból felépülő bonyolult biopolimerek. Az aminosavaknak – királis vegyületek lévén – különböző optikai izomerjei léteznek. A fehérjék felépítésében az  $\alpha$ -L-aminosavak játszanak szerepet. Nevüket a görög proteios szóból kapták.



peptidkötés (amidkötés)

A biopolimerek kialakulásakor az  $\alpha$ -L-aminosavak amidkötéssel kapcsolódnak egymáshoz. Ezeket az amidkötéseket peptidkötésnek nevezzük. Az aminosav összekapcsolódása lévén még nem fehérje alakul ki, hanem peptidek. A fehérjék ennél bonyolultabbak, de gerincüket a peptidláncok adják. A két aminosavból felépülő peptideket dipeptidnek, a háromból felépülőket tripeptidnek nevezzük.

### A fehérjék csoportosítása

Funkciójuk szerint:

- **Enzimek:** Katalitikus hatású fehérjék. A szervezetben végbemenő kémiai reakciók reakciósebessége enzimek hatására több milliószorosra nő. Az enzimkatalizált reakciók a megfelelő fehérjék nélkül vagy nem játszódnának le, vagy csak nagyon lassan. Ez lehetetlenné tenné az életet.
- **Vázanyagok:** Ilyenek lehetnek például az izmok alkotórészei (miozin).
- **Védekezésben részt vevő fehérjék,** például a plazmafehérjék.

- **Energiatároló fehérjék:** Az állatok szénhidrátok lebontásából fedezik energiaszükségletüket. Szénhidrátok híján viszont a fehérjék lebontásával nyerik a szükséges energiát.

## **A fehérjék szerkezete** (forrás: Khan Academy (<https://hu.khanacademy.org/>))

A fehérjék szerkezete meglehetősen bonyolult és összetett. Alapvetően négy struktúrát különböztetünk meg:

- primer (elsődleges) szerkezete
- szekunder (másodlagos) szerkezet
- terciér (harmadlagos) szerkezet
- kvaterner (negyedleges) szerkezet

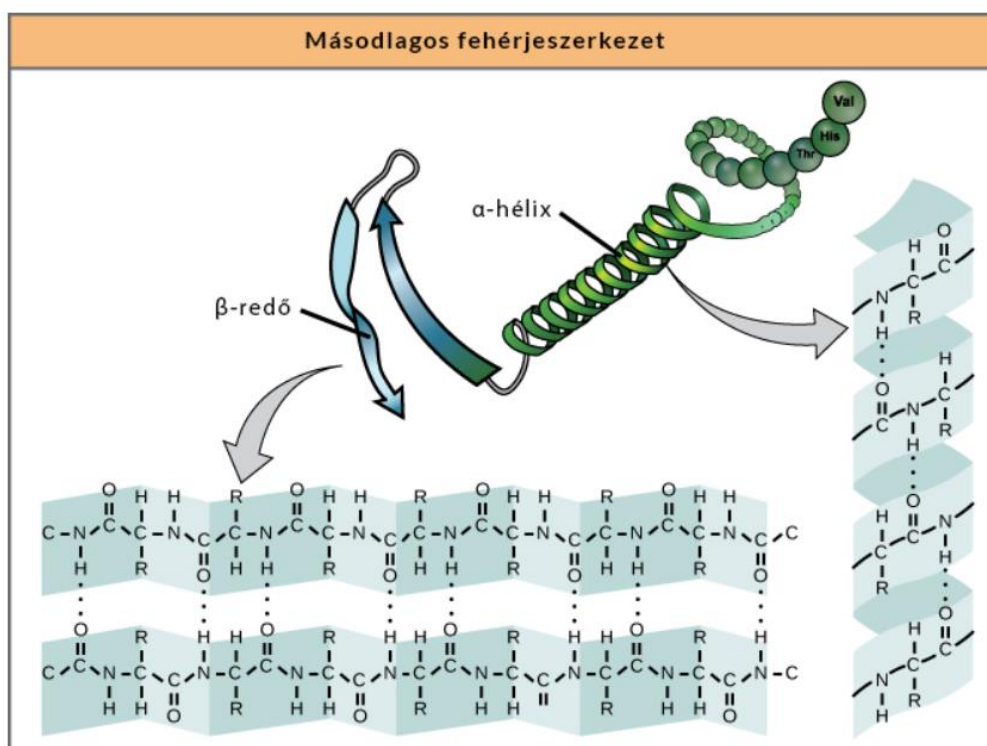
### **Elsődleges szerkezet**

A fehérjék szerkezetének a legegyszerűbb szintje az **elsődleges szerkezet**, ami egyszerűen az aminosavak kapcsolódási sorrendjét jelenti a polipeptid láncban.

### **Másodlagos szerkezet**

A fehérjeszerkezet következő szintje a **másodlagos szerkezet**, ami alatt a peptidváz atomjainak egymással való kölcsönhatása miatt kialakult lokális rendezettséget értjük. (A váz csak az R-csoportok nélküli polipeptidláncre utal, – ez csupán annyit jelent, hogy a másodlagos szerkezet nem tartalmazza az R-csoportok atomjait.)

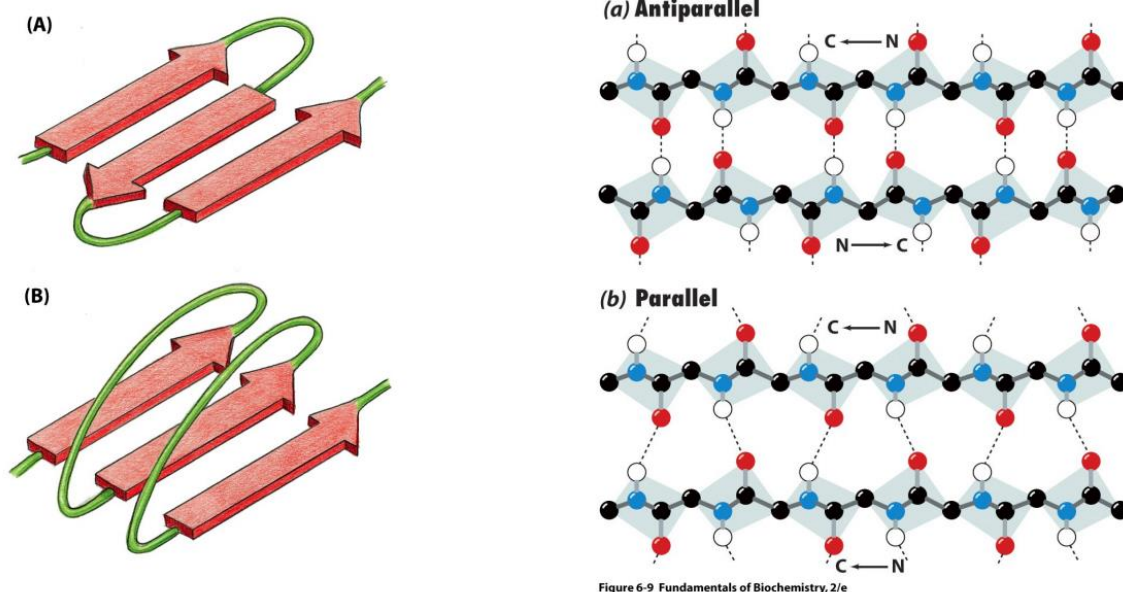
A másodlagos szerkezet leggyakoribb típusai az  $\alpha$ -hélix és a  $\beta$ -redő. Mindkét szerkezeti formát hidrogénkötések tartják össze, melyek egy aminosav karbonilcsoportjának oxigénje, és egy másik aminosav aminocsoportjának hidrogénje között jönnek létre.



Kép forrása: OpenStax Biology.

Az  **$\alpha$ -hélixben** az egyik aminosav karbonilcsoportja (C=O) hidrogénkötéssel kapcsolódik egy négy aminosavval távolabb levő másik aminosav amino-H-jéhez (N-H). (Így például az 1. aminosav karbonilje hidrogénkötést képez az 5. aminosav N-H-csoportjával.) Ez a kötésmintázat a polipeptidláncot spirális szerkezetűvé alakítja, amely hullámos szalagra hasonlít, melynek minden egyes fordulata 3,6 aminosavat tartalmaz. Az aminosavak R-csoportjai kifelé állnak az  $\alpha$ -hélixből, ahol szabadon kölcsönhatásba léphetnek.

A  **$\beta$ -redőben** két vagy több polipeptidlánc-rész egymás mellé rendeződik, ezáltal lapszerű szerkezetet hoznak létre, amelyet hidrogénkötések tartanak össze. A hidrogénkötések a víz karbonil- és aminocsoportjai között jönnek létre, míg az R-csoportok a lap síkja fölött és alatt helyezkednek el. A  $\beta$ -redő láncrészelei lehetnek **parallelek**, ugyanabba az irányba mutatók (azaz N- és C-terminálisok egy irányba esnek), vagy **antiparallel** elrendezésűek, tehát ellentétes irányúak (ami azt jelenti, hogy az egyik lánc N-terminálisa a másik C-terminálisa mellett helyezkedik el).



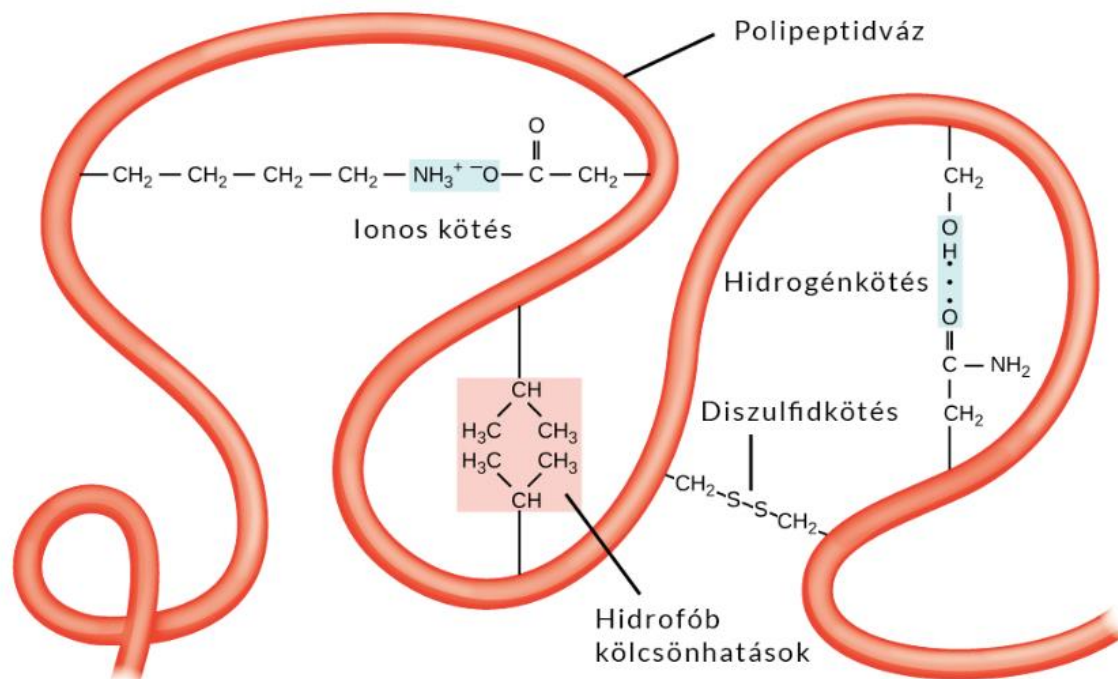
### Harmadlagos szerkezet

A polipeptid teljes háromdimenziós felépítését **harmadlagos szerkezetnek** nevezzük. A harmadlagos szerkezet elsősorban a fehérjéket alkotó aminosavak R-csoportjainak kölcsönhatásai eredményeként alakul ki.

Az R-csoportok kölcsönhatásai, melyek hozzájárulnak a harmadlagos szerkezethez, magukba foglalják a hidrogénkötést, az ionos kötést, a dipól-dipól kölcsönhatásokat és a diszperziós kölcsönhatást – vagyis alapvetően a nemkovalens kötések teljes skáláját. Például az azonos töltésű R-csoportok taszítják egymást, míg az ellentétes töltésűek ionos kötést hozhatnak létre. Hasonlóképpen, a poláris R-csoportok hidrogénkötéseket és további dipól-dipól kölcsönhatásokat létesíthetnek. A harmadlagos szerkezet szempontjából fontosak a **hidrofób kölcsönhatások** is, melyekben az apoláris, hidrofób R-csoportokkal rendelkező aminosavak a fehérje belsejében tömörülnek, míg a hidrofil aminosavak kívül maradva kölcsönhatásba lépnek a környező vízmolekulákkal.

Végül van egy speciális típusú kovalens kötés, amely hozzájárulhat a harmadlagos szerkezethez: a diszulfidkötés (diszulfidhíd). A **diszulfidkötések**, a ciszteinek kéntartalmú oldalláncai közötti kovalens kötések sokkal erősebbek, mint a harmadlagos szerkezethez

hozzájáruló más kötések. Molekuláris „biztosítótűként” viselkednek, melyek a polipeptid részeit szorosan egymáshoz kapcsolják.



A kép az OpenStax Biology ábrájának módosított változata.

A fehérjeszerkezet lehet például:

- **fibrilláris**
- **globuláris** (gömbszerű) fehérjeszerkezet.

A fibrilláris szerkezetű fehérjék molekulái végig azonos konformációt alakítanak ki. Ez lehet  $\alpha$ -hélix és  $\beta$ -redő egyaránt.

A globuláris szerkezetű fehérjék a legbonyolultabb szerkezettel rendelkezők. Ezekben az  $\alpha$ -hélix és  $\beta$ -redő konformációk váltakoznak egy meghatározott térszerkezetet alkotva.

|            |                                |
|------------|--------------------------------|
| selyemszál | fibrilláris ( $\alpha$ -hélix) |
| keratin    | fibrilláris ( $\alpha$ -hélix) |
| fibroin    | fibrilláris ( $\beta$ -redő)   |
| mioglobin  | globuláris                     |

## **Negyedleges szerkezet**

Számos fehérje csupán egyetlen polipeptidláncból épül fel, és mindössze három szerkezeti szinttel rendelkezik (amelyekről épp most beszéltünk). Vannak azonban olyan fehérjék, amelyek több polipeptidláncból, más néven alegységekből épülnek fel. Amikor ezek az alegységek összekapcsolódnak, akkor jön létre a fehérje **negyedleges szerkezete**.

## **Fehérjék kimutatása**

### **Xantoprotein próba**

Az olyan fehérjék mutathatók ki vele, amelyek aromás oldallánccal rendelkező aminosavat tartalmazó peptidlánccal rendelkeznek. Ezek a fehérjék tömény salétromsav hatására sárga színreakciót adnak. Innen ered a folyamat neve (xanto=sárga). A színváltozás az aromás gyűrű nitrálódására vezethető vissza.

### **Biuret próba**

A biuret próba a peptidkötés kimutatásán alapszik. A fehérjék lúgos közegben, réz(II)-szulfát oldat hatására ibolyaszínű színreakciót adnak. A reakció során az peptidkötés átalakul, *tautomerizálódik (enol-oxo)*, ily módon a réz(II) ionokkal képes ibolya színű komplexet kialakítani.

## **Fehérjék kicsapása**

A fehérjék vízben való oldhatósága több tényezőtől függ:

- Attól, hogy a peptidet felépítő aminosavak mennyi és milyen jellegű oldalláncot tartalmaznak;
- Attól, hogy mekkora a molekula mérete.

A fehérjemolekulák vizes oldata a kolloid mérettartományba esik (1-500 nm). A kolloid oldatból való fehérjekicsapást koagulációnak nevezzük. A koagulált fehérjemolekulák összetapadnak. Koaguláció során a fehérjék térszerkezete megváltozik, és általában képtelenek lesznek tovább ellátni a feladatukat. Ha a lánckonformáció megváltozásával a fehérje funkciója megváltozik vagy megszűnik, akkor a fehérje denaturálódik. (vigyázat a koaguláció és denaturáció együtt járhat, de nem ugyanaz)

Koagulációt reverzibilis és irreverzibilis módon is végre lehet hajtani. A nehézfém ionok például visszafordíthatatlan módon koaguláltatják a fehérjéket, ezért az ő esetükben vigyázni kell, hogy ne kerüljenek be a szervezetünkbe. Hasonló hatással vannak a fehérjékre az erős savak, lúgok illetve a forralás. (itt a fehérje kolloid állapota szűnik meg)

Reverzibilis koagulációt idéz elő a konyhasó illetve az etilalkohol. Ezek az anyagok a fehérjék hidrátburkát vonják el így hígítással, azaz víz hozzáadásával az állapot megszüntethető (általában szol-gél állapot közötti átmenetet jelent).

## **Jelentőség**

A fehérjék az élő szervezetben rengeteg rendkívül fontos feladatot látnak el:

- megvédik szervezetünket a kórokozókkal szemben
- tápanyagul szolgálnak
- lehetővé teszik a mozgást
- anyagokat szállítanak (pl.: hemoglobin)
- anyagcsere folyamatokat katalizálnak
- szerkezeti anyagok
- stb...