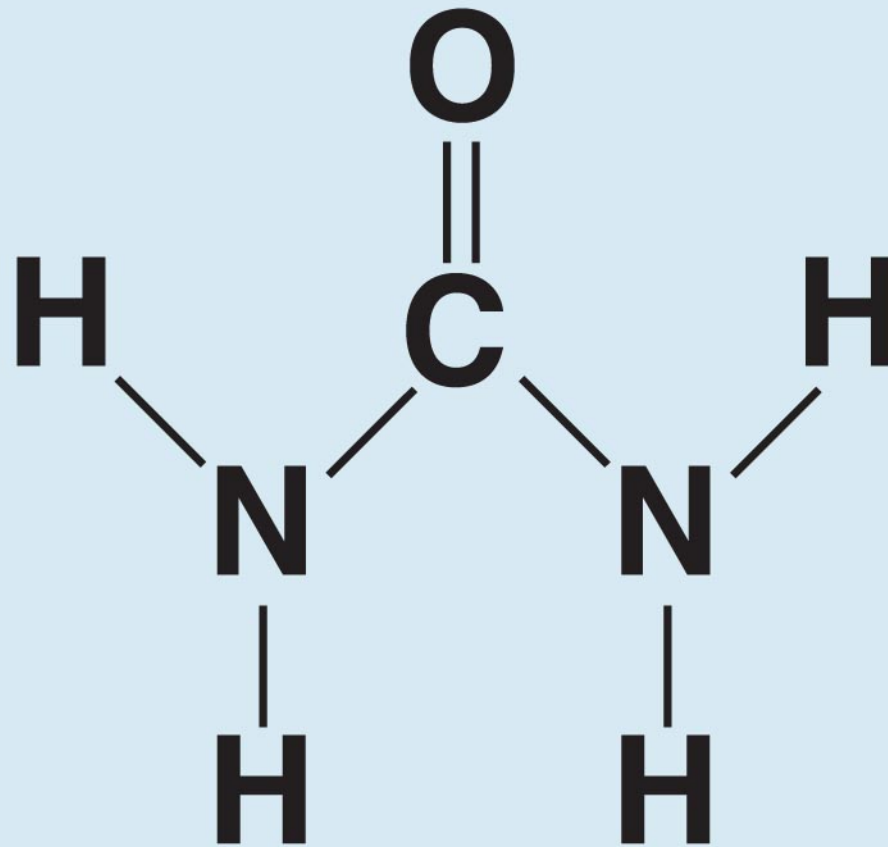


# Szén a szerves molekulák alapja

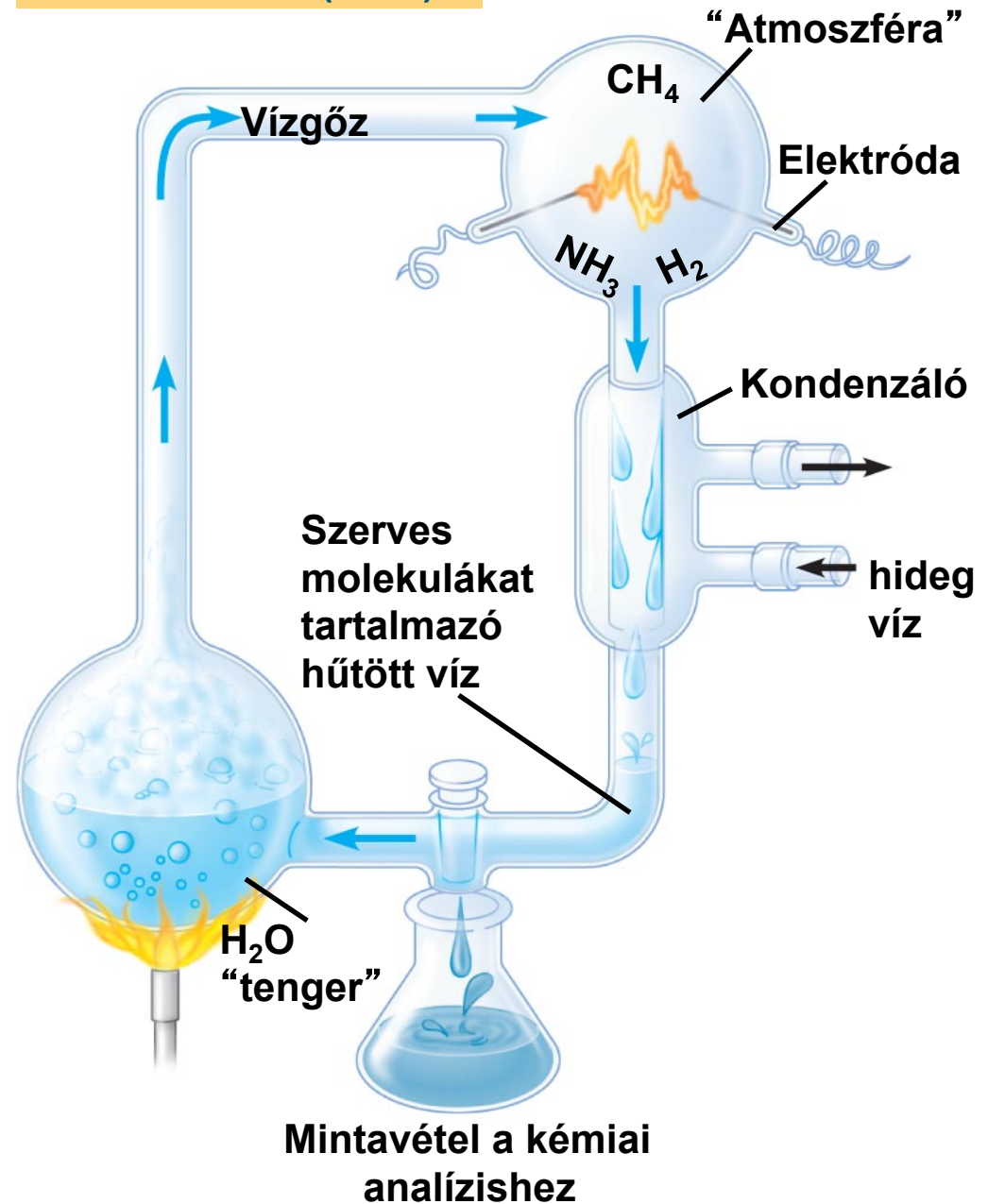
---

- Bár az élő szervezetek 70–95%-a víz, a többi elsősorban szénalapú vegyületekből áll
  - A szén példátlan képessége, hogy nagyméretű, komplex, különböző molekulákat képes kialakítani
  - 1828 Wöhler karbamid szintézise (Kohlbe, ecetsav) cáfolja az “életerőt”
-



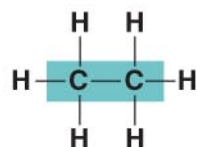
**Urea**

## Miller kísérlete (1953)

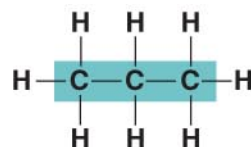


Számos szerves molekula képződött, köztük formaldehid, hidrogén cianid, valamint aminosavak, szénhidrogének

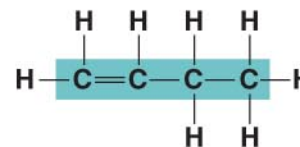
# A szénlánc többféle formát is felvehet:



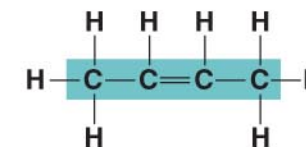
Etán



Propán

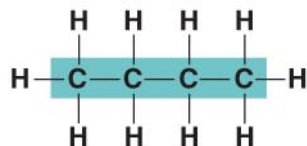


1-Butén

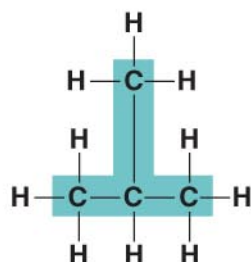


2-Butén

## (a) Változó hossz



Bután

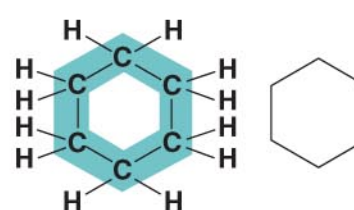


2-Metil propán  
(izobután)

## (b) Elágazás

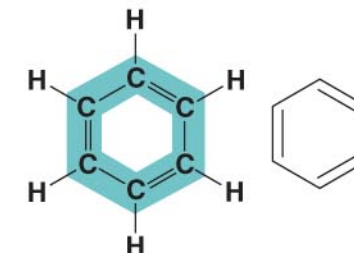
Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

## (c) Kettős kötés



Ciklohexán

## (d) Gyűrűk

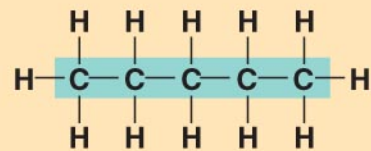


Benzén

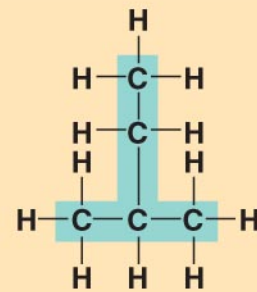
# *Izomerek*

---

- **Az Izomerek** azonos molekuláris formulával leírható, de különböző szerkezettel és tulajdonságokkal rendelkező vegyületek:
    - **Szerkezeti izomerek:** az atomok kovalens elrendezése különböző
    - **Térizomerek:** hasonlókovalens, de különböző térbeli elrendezés
    - **Enantiomerek** a térbeli elrendezés tükörképe a másiknak, egymásba át nem forgatható
-

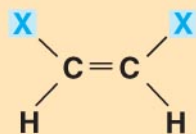


Pentán

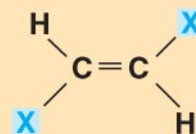


2-methyl bután

(a) Szerkezeti izomer

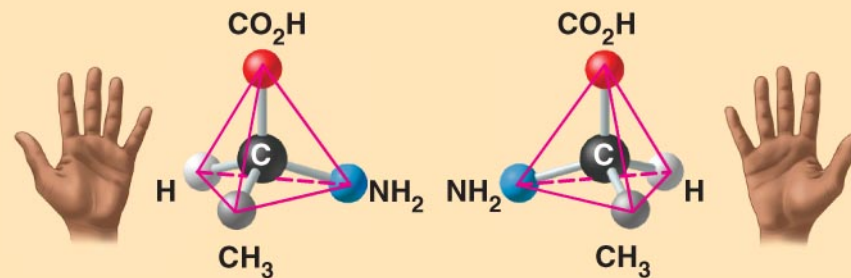


*cis*z izomer: a két X azonos oldalon van



*transz* izomer: A két X átellenes oldalon van

(b) Térizomer

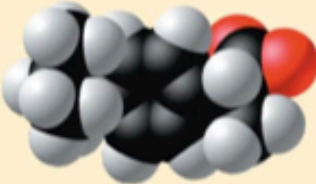
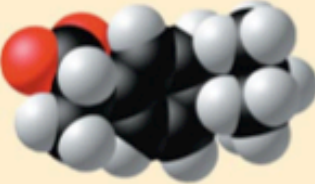
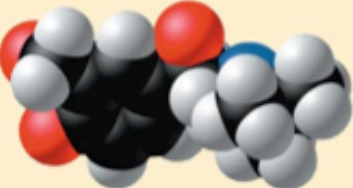



L izomer

D izomer

(c) Enantiomer

- Az enantiomerek a gyógyszeriparban kiemelt fontosságúak

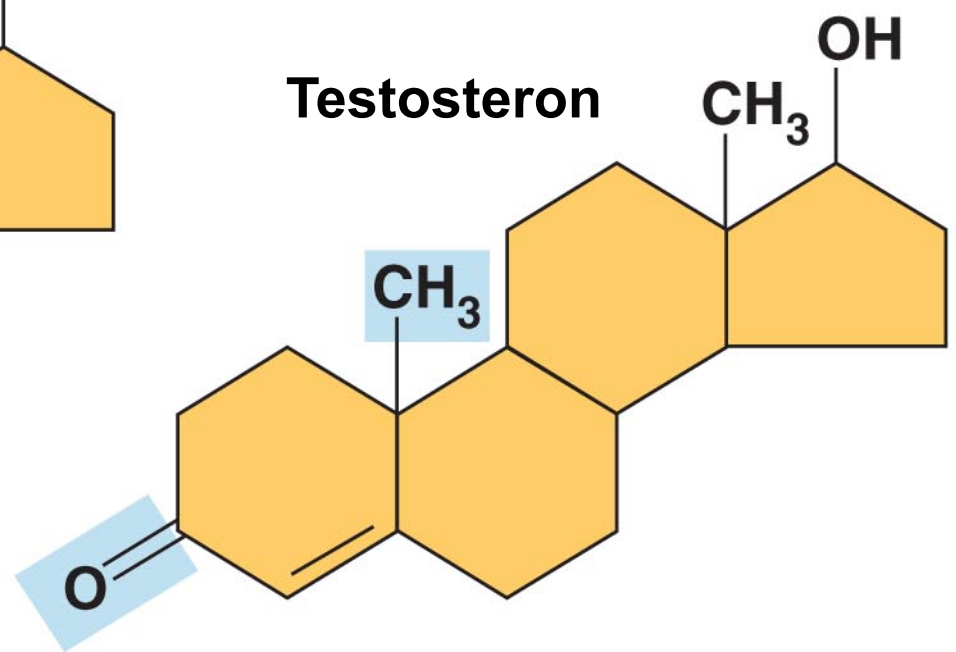
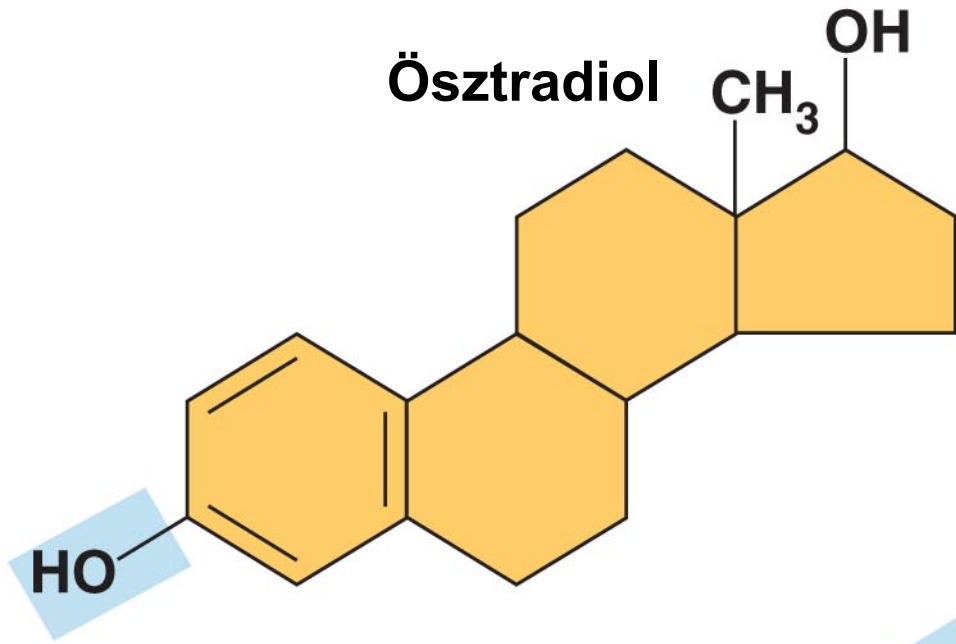
Drog	Körülmény	Effectív Enantiomer	Ineffectív Enantiomer
Ibuprofen	Fájdalom; gyulladás	 S-Ibuprofen	 R-Ibuprofen
Albuterol	Asztma	 R-Albuterol	 S-Albuterol

## **A biológiai molekulák funkcióiban kis számú funkciós csoport játszik fontos szerepet**

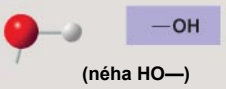

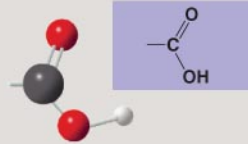
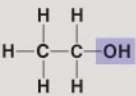
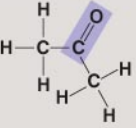
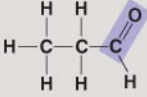
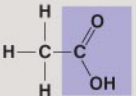
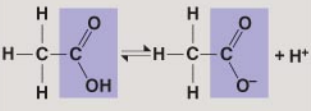
---

- A szerves molekulák különböző funkciói nemcsak a szénvázától, hanem az ahhoz kapcsolódó csoportoktól is függenek
  - A funkciós csoportok száma és elrendeződése a molekulának egyedi tulajdonságokat
-



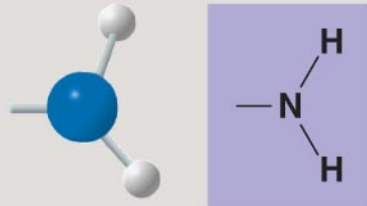


- 
- Hét funkciós csoport a legfontosabb az élő szervezetekben előforduló molekulákban:
    - Hidroxil csoport
    - Karbonil csoport
    - Karboxil csoport
    - Amino csoport
    - Sulfhidril csoport
    - Foszfát csoport
    - Metil csoport
-

KÉMIAI CSOPORT	Hidroxi	Karbonil	Karboxil
SZERKEZET			
VEGYÜLET NEVE	Alkoholok	Ketonok, ha láncközben van Aldehydekek, ha láncc végén van	Karbonsavak / szerves savak
PÉLDA	 etanol	 Acetone   Propanal	 Ecetsav
FUNKCIONÁLIS TULAJDONSÁGOK	<ul style="list-style-type: none"> <li>Az oxigén elektronegativitása miatt poláros csoport</li> <li>Hidrogén kötések kialakítására képes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A ketonok és aldehidek strukturális izomerek lehetnek eltérő tulajdonságokkal.</li> <li>Ez a két csoport cukrokban is megtalálható (aldózok és ketózok)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Savas karaktere van a poláros O-H kötés miatt</li> </ul>  Ecetsav      Acetát ion <ul style="list-style-type: none"> <li>A sejtben ionizált formában van jelen (karboxilát ion).</li> </ul>

## Amino

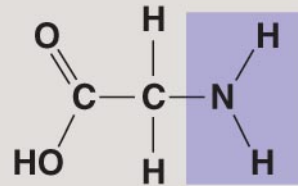
SZERKEZET



Aminok

VEGYÜLET  
NEVE

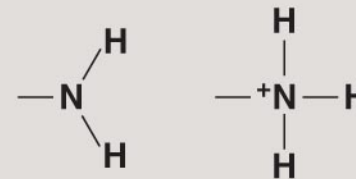
PÉLDA



Glicin

Mivel a glicin amino  
csoporttal is  
rendelkezik, ezért  
aminosav

- Bázisként viselkedik, protont vesz fel



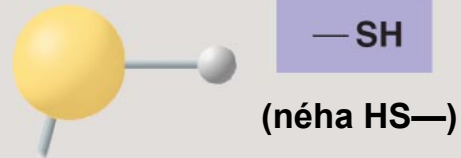
(nonionized) (ionized)

- Sejtekben ionizált formában fordul elő.

FUNKCIONÁLIS  
TULAJDONSÁGOK

## Szulfhidril

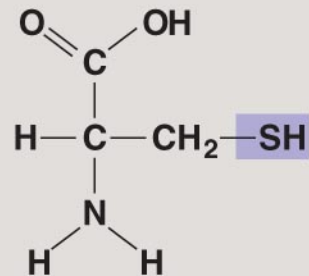
### SZERKEZET



Tiolok

VEGYÜLET  
NEVE

### PÉLDA



Cisztein

A cisztein fontos kén  
tartalmú aminosav

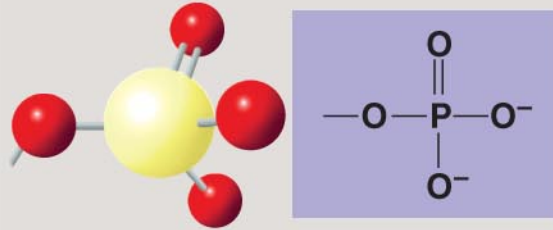
- Két szulfhidril csoport kovalensen képes összekapcsolódni (pl fehérjék).

- A ciszteinek közötti keresztkötések képesek stabilizálni a hajban található fehérjéket, megadva ezzel a haj formáját.

FUNKCIONÁLIS  
TULAJDONSÁGOK

## Foszfát

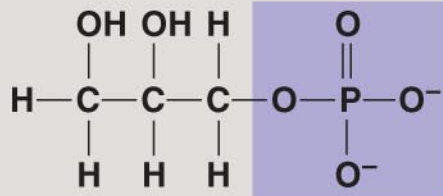
### SZERKEZET



### Szerves foszfátok

### VEGYÜLET NEVE

### PÉLDA



### Glycerol foszfát

Számos kémiai reakció mellett a glicerol foszfát a foszfolipidek kémiai alapját is képezi.

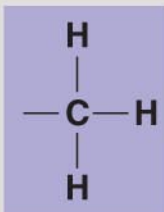
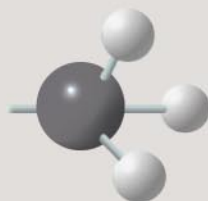
- Negatív töltést kölcsönöz a molekulának.

- Vízrel képes reakcióba lépni, energiát szabadít fel.

### FUNKCIONÁLIS TULAJDONSÁGOK

## Metil

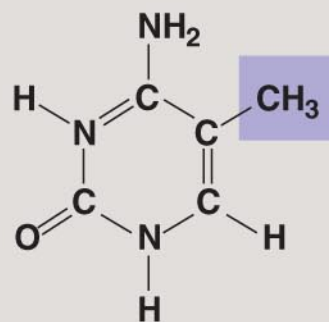
### SZERKEZET



### Metilált vegyületek

### VEGYÜLET NEVE

### PÉLDA



5-Methyl citidin

Az 5-Methyl citidine a DNS egy metilálódott alkotója.

- DNS metilálása.

- A metil csoportok különböző elhelyezkedése a női és férfi nemi hormonon különböző hatást eredményez.

### FUNKCIONÁLIS TULAJDONSÁGOK

# Az élet felépítő molekulák

---

- Az élet felépítő nagyméretű molekulák négy fő csoportba tartoznak: szénhidrátok, lipidek, nukleinsavak és fehérjék
  - A sejten belül a kisméretű szerves molekulák makromolekulákat hozhatnak létre
  - A molekulák szerkezete és funkciója szorosan összefügg
-



## A makromolekulák polimerek, melyek monomerekből épülnek fel

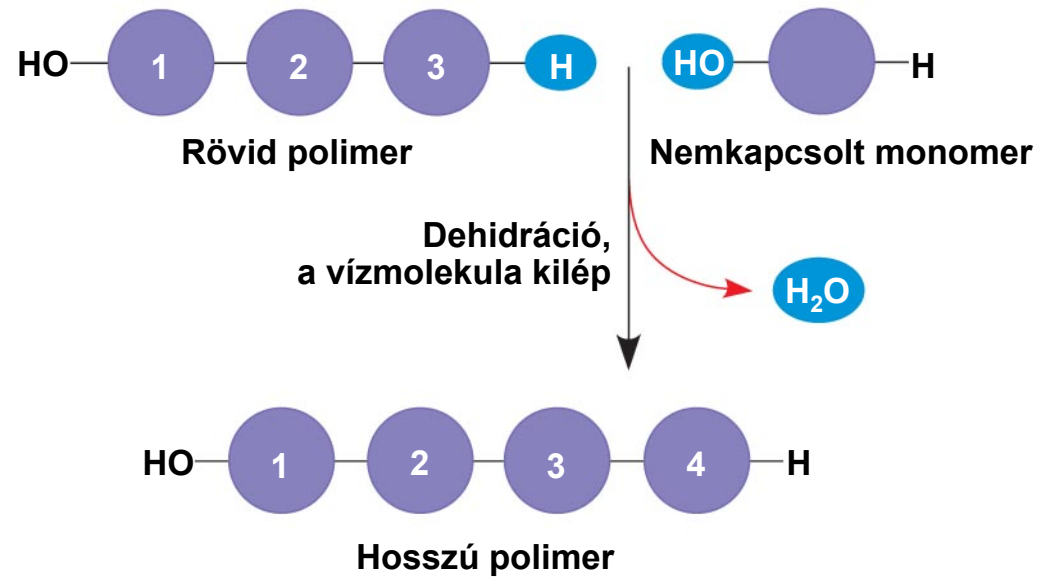
---

- **Polimernek** nevezzük az ismétlődő egységekből, monomerekből felépülő nagyméretű molekulákat, melyekben az egységeket (**monomer**) kémiai kötések kapcsolják össze.
  - Polimereket találunk a:
    - szénhidrátok
    - fehérjék
    - nukleinsavak között
-

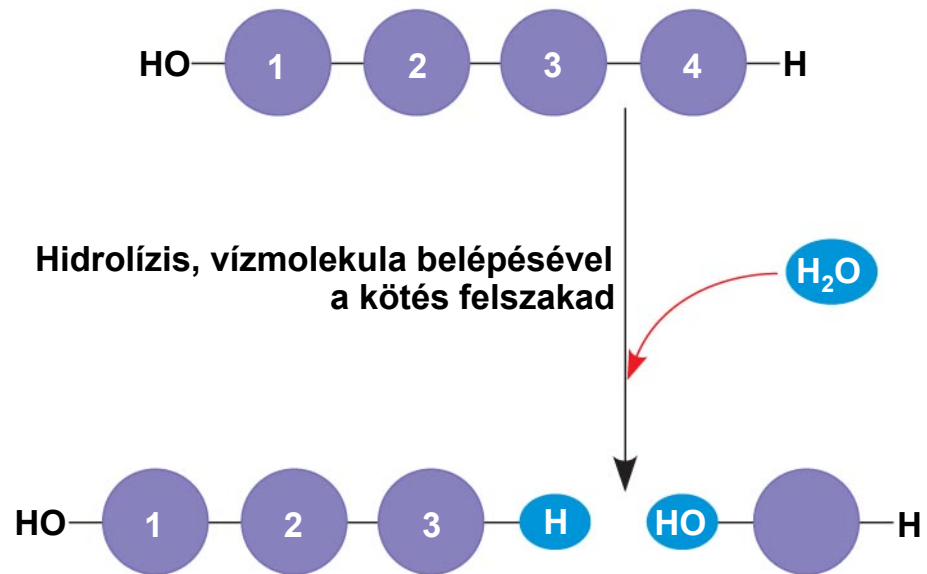
# A polimerek szintézise és lebomlása

---

- **Kondenzációs** reakció vagy **dehidrációs** reakció akkor fordul elő, ha két monomer víz kilépésével kapcsolódik össze
  - A polimerek monomerekké való szétbontása a **hidrolízis**, a hidratációs reakció megfordítása
-



(a) A polimer szintézise során dehidráció megy végbe



(b) A polimer hidrolízise

## A szénhidrátok energia termelőként és szilárdító elemként szolgálnak

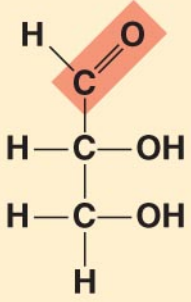
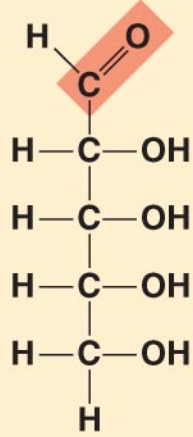
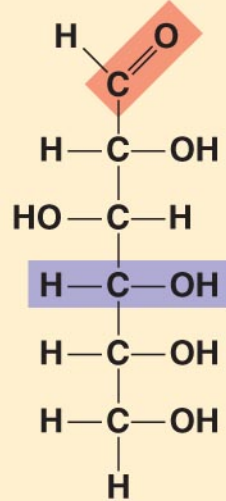
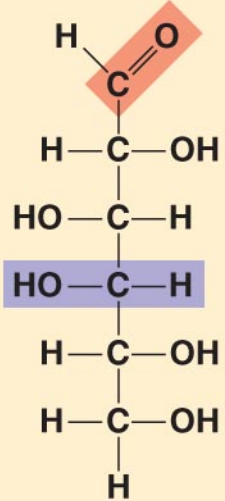
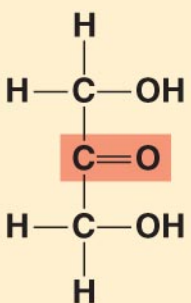
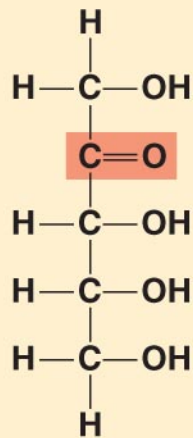
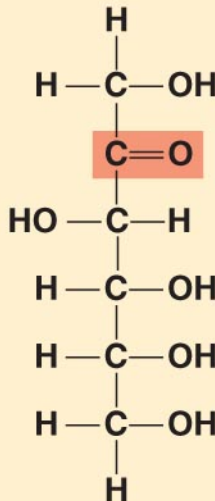
---

- **A szénhidrátok** cukrokat és cukor polimereket jelentenek
  - A legegyszerűbb szénhidrátok a monoszaharidok vagy egyszerű cukrok
  - A szénhidrát makromolekulák, a poliszaharidok, egyszerű cukrok polimerizációjával keletkeznek
-

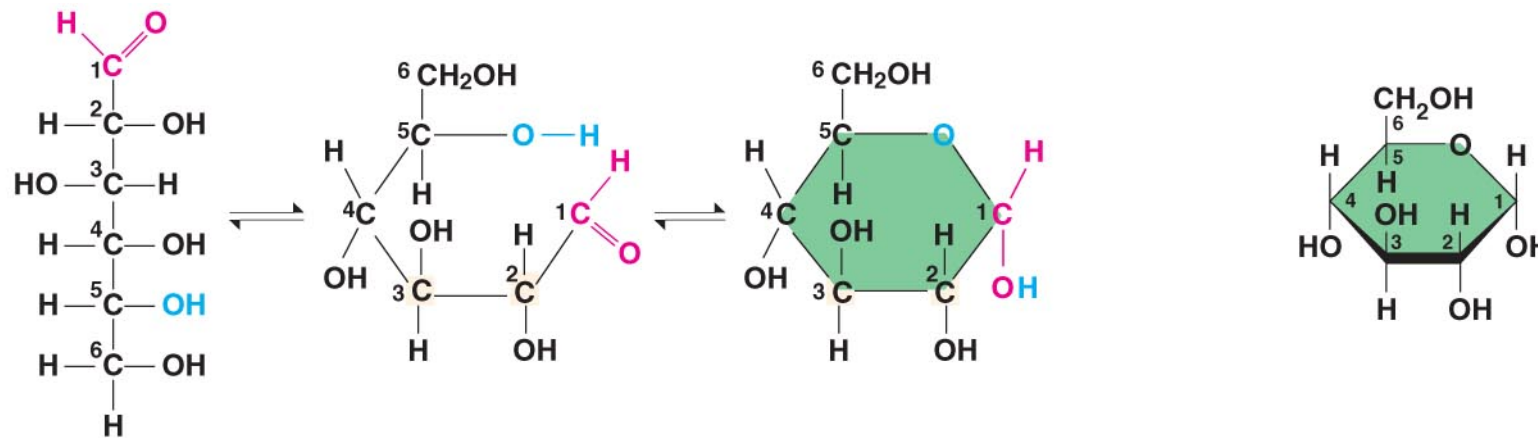
# Cukrok

---

- **A Monoszaharidok** molekuláris képletében (összegképlet) általában a  $\text{CH}_2\text{O}$  többszöröse szerepel
  - A monoszaharidokat osztályozhatjuk
    - A karbonil csoport pozíciója szerint (aldózok vagy ketózok)
    - A szénlánc szénatomszáma szerint (pentóz, hexóz stb.)
-

	Triózek ( $C_3H_6O_3$ )	Pentózek ( $C_5H_{10}O_5$ )	Hexózek ( $C_6H_{12}O_6$ )	
Aldózek	 <p>Gliceraldehyd</p>	 <p>Ribóz</p>	 <p>Glükóz</p>	 <p>Galaktóz</p>
Ketózek	 <p>Dihidroxiaceton</p>	 <p>Ribulóz</p>	 <p>Fruktóz</p>	

- 
- Bár lineáris formában ábrázoltuk a legtöbb monoszaharid vizes közegben gyűrűt hoz létre



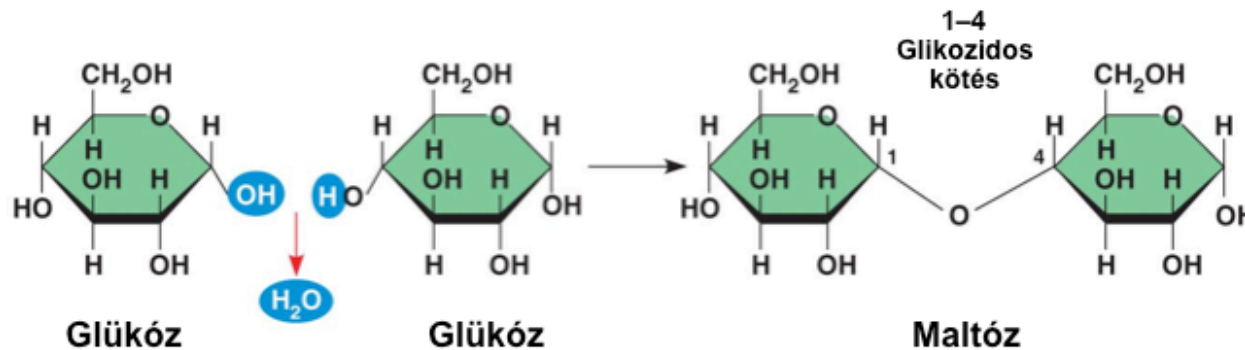
**(a) Nyíltláncú és gyűrű forma**

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.

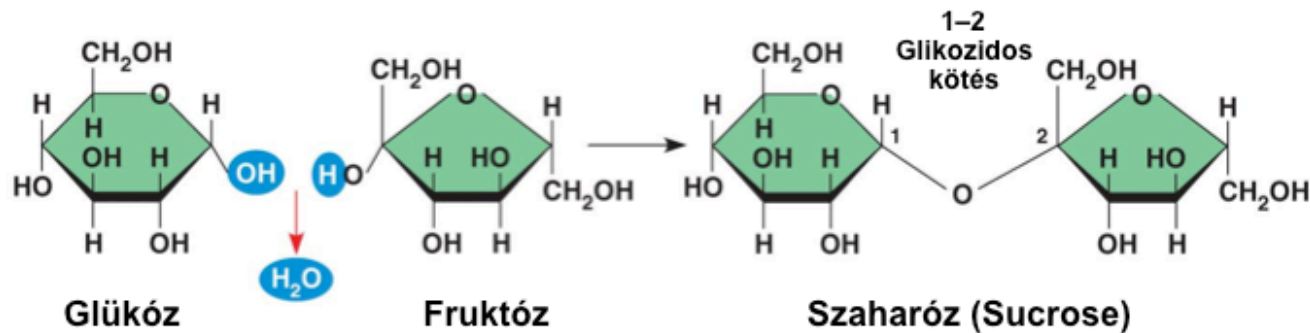
**(b) Egyszerűsített gyűrű**

# Diszaharidok

- A **diszaharidok** a monoszaharidok dehidrációjával alakulnak ki (glikozidos kötés)



(a) Dehidrációs reakció a maltóz képződése során



(b) Dehidrációs reakció a répacukor (szaharóz) képződésénél



# Poliszaharidok

---

- **A poliszaharidok** cukor polimerek
  - A poliszaharidok szerkezetét és funkcióját a cukor monomerek és a glikozidos kötés helyzete határozza meg
-

# Raktározó poliszaharidok

- A **keményítő**, egy növényekben előforduló raktározó poliszaharid.
- A **glikogén** az állatok raktározó poliszaharidja.

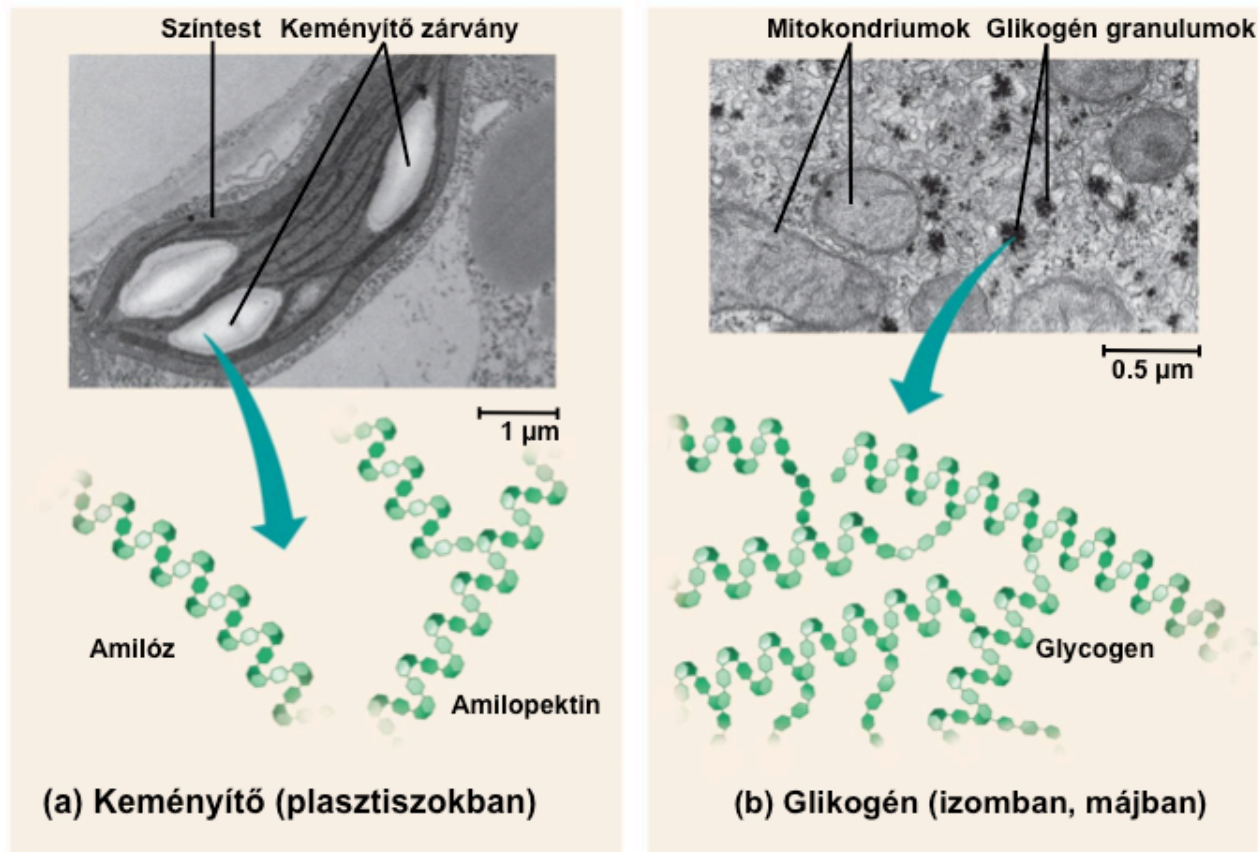
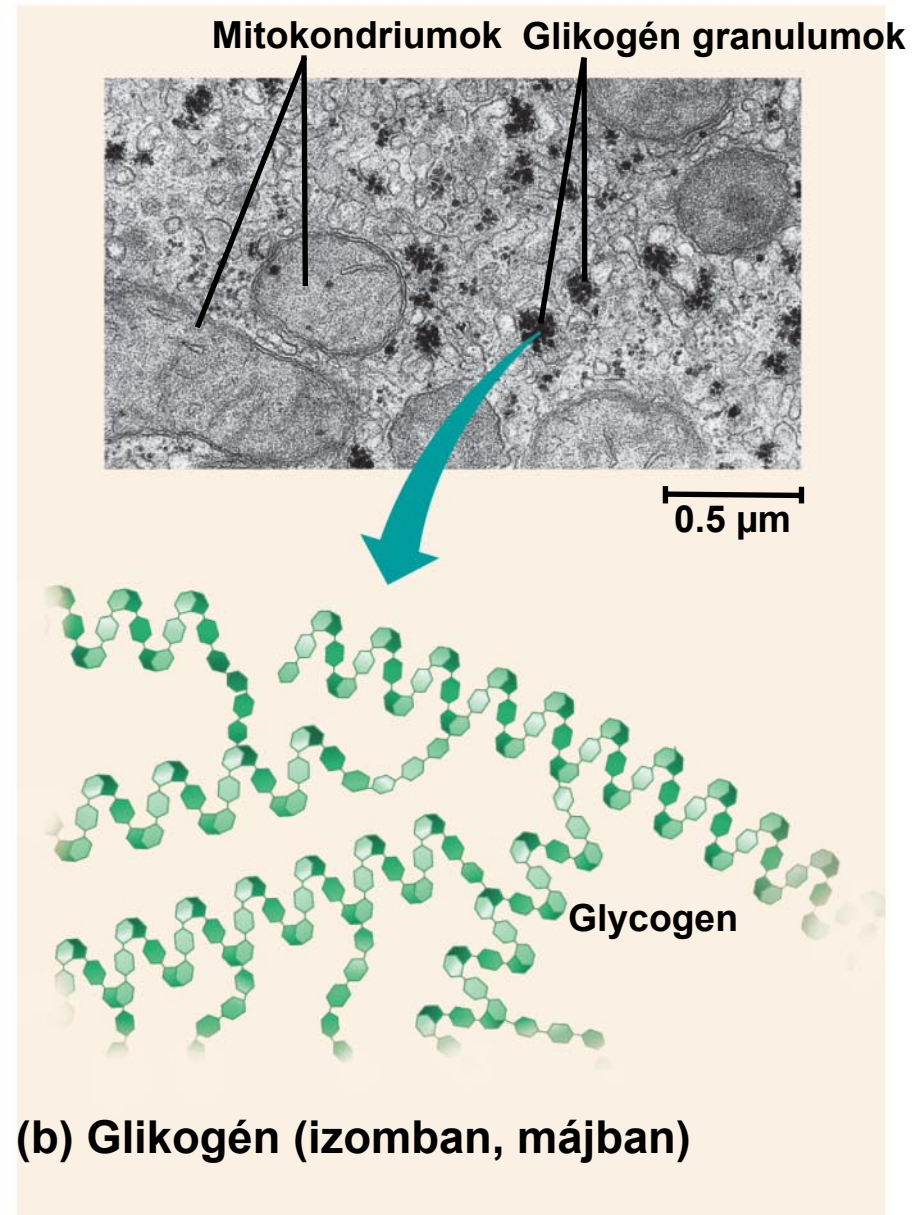
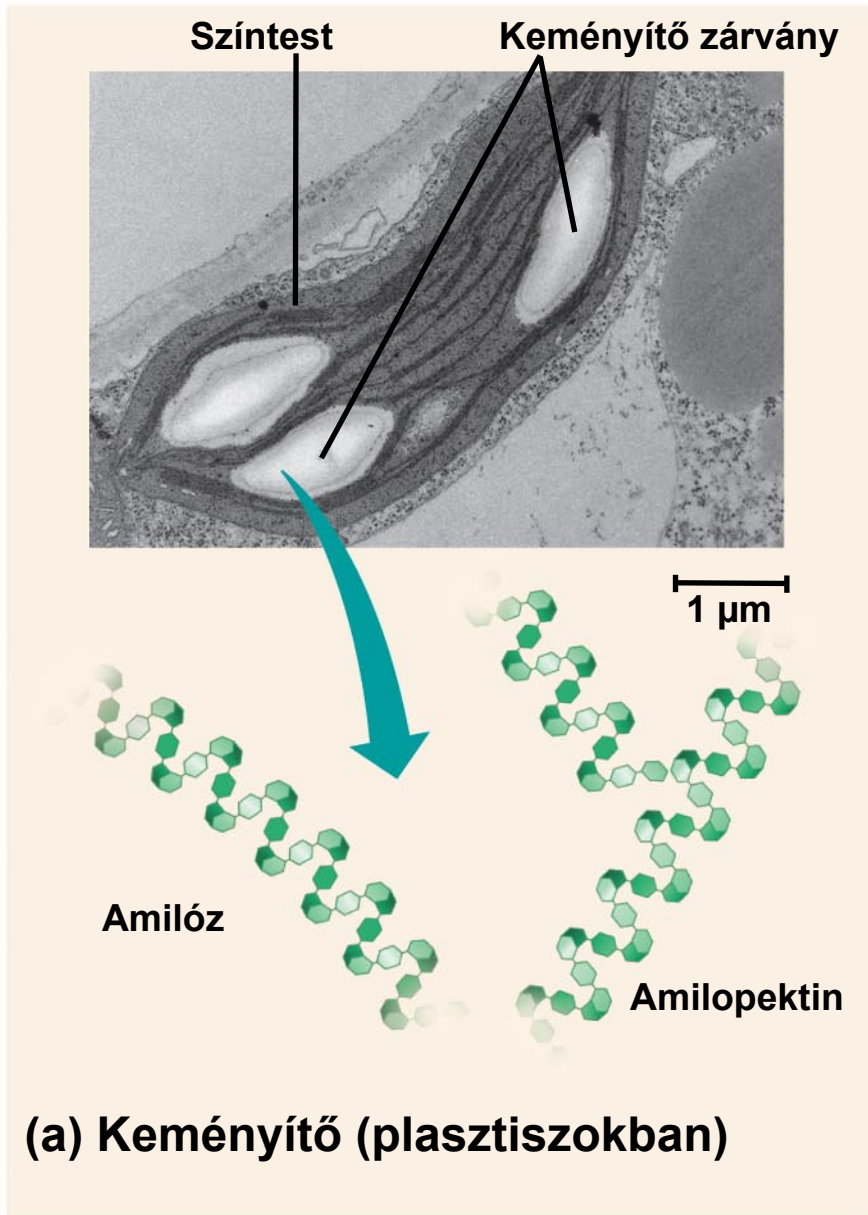


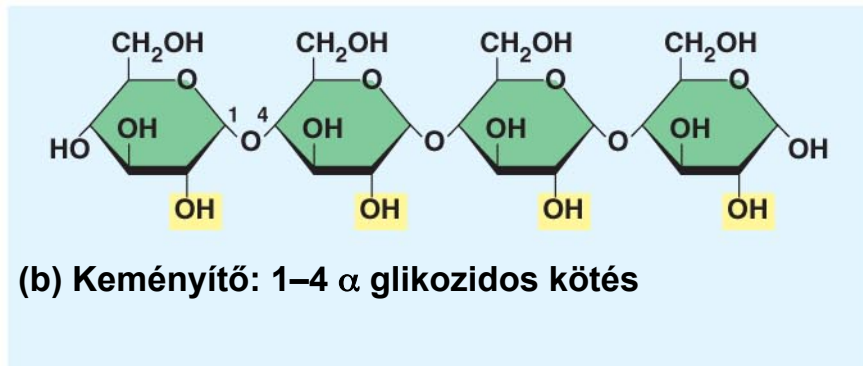
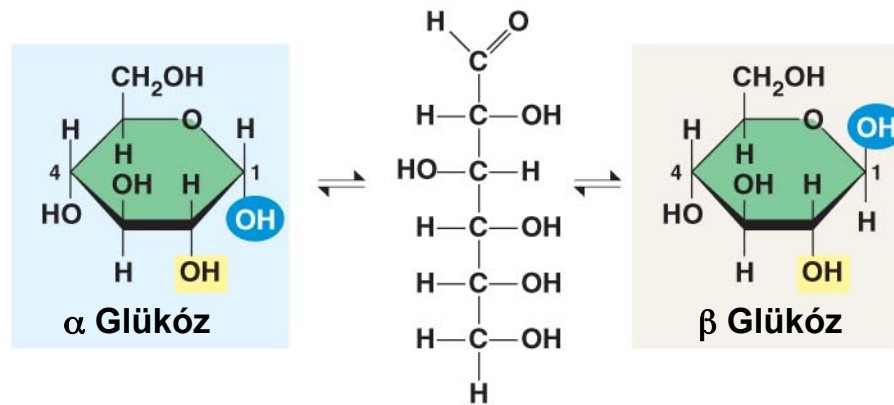
Fig. 5-6



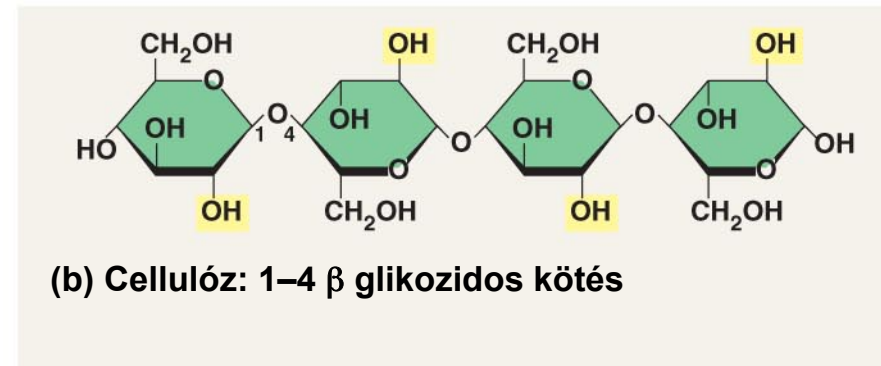
# Szerkezeti poliszaharidok

- A cellulóz a növényi sejtfal fő komponense

(a)  $\alpha$  és  $\beta$  glükóz gyűrűs szerkezete



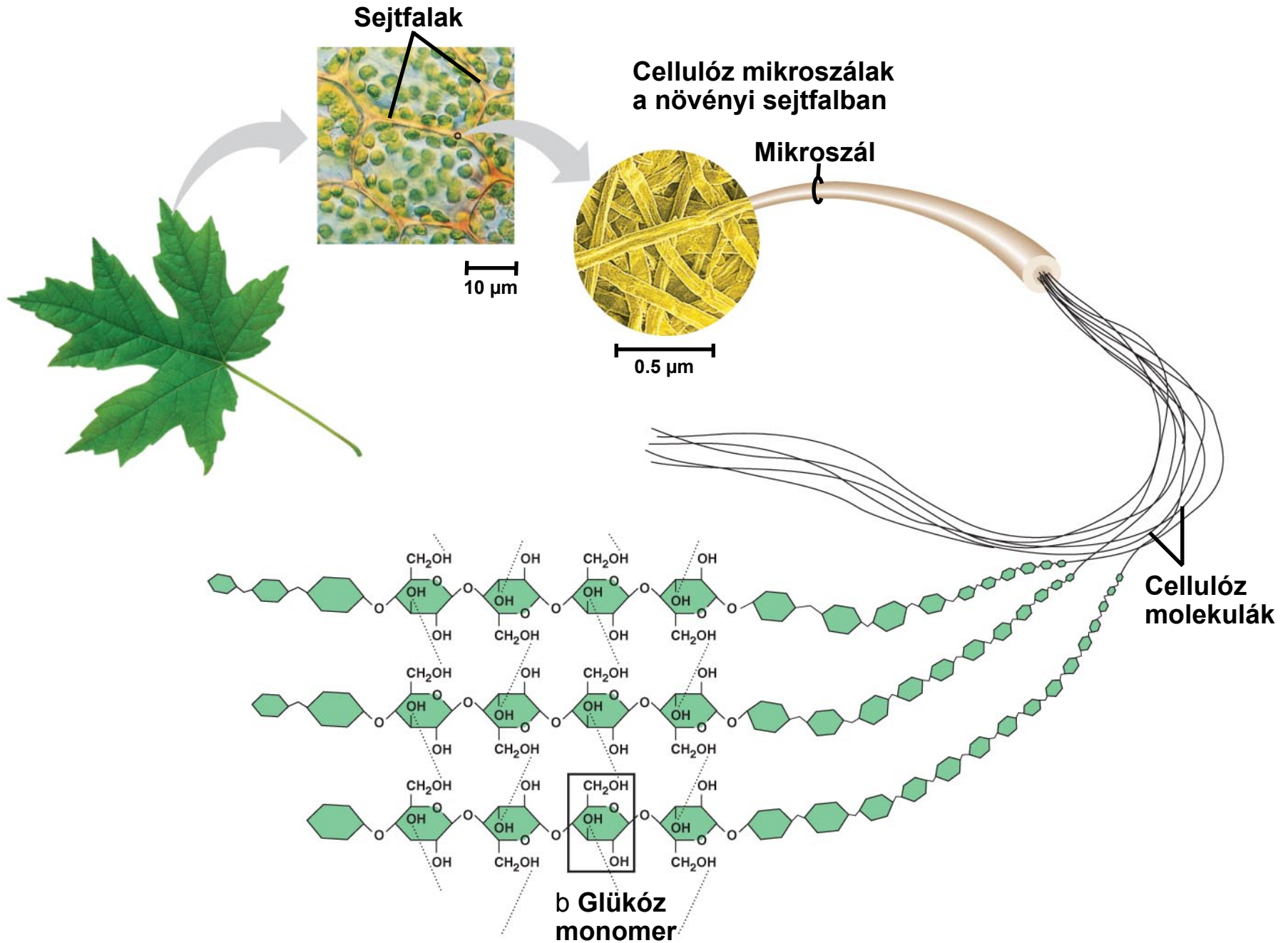
(b) Keményítő: 1–4  $\alpha$  glikozidos kötés



(b) Cellulóz: 1–4  $\beta$  glikozidos kötés

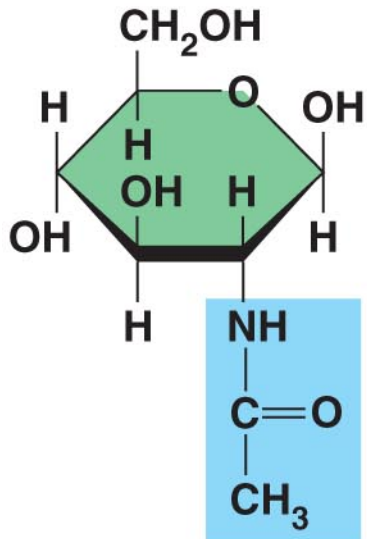
- 
- Az  $\alpha$  glükóz polimerjei helikálisak
  - A  $\beta$  glükóz polimerjei egyenesek
  - A szálak között hidrogén kötések alakulnak ki
  - A párhuzamos cellulóz molekulák mikroszálakká állnak össze





- 
- Az  $\alpha$  kötéseket hidrolizáló enzimek nem tudják bontani a cellulóz  $\beta$  kötéseit
  - A cellulóz ezért az emberi emésztőrendszeren mint oldhatatlan rost halad át
  - A cellulóz bontása csak mikroorganizmusok segítségével lehetséges
-

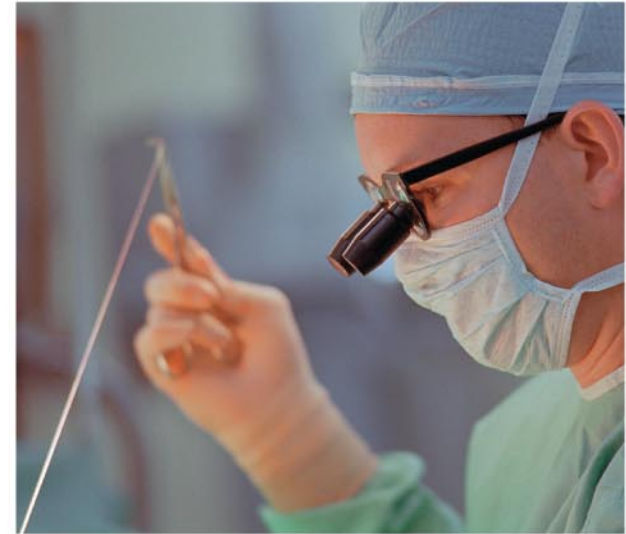
- **Kitin**, a gombák sejtfalában és a rovarok külső vázában található N-tartalmú poliszaharid



(a) The structure of the chitin monomer.



(b) Chitin forms the exoskeleton of arthropods.



(c) Chitin is used to make a strong and flexible surgical thread.



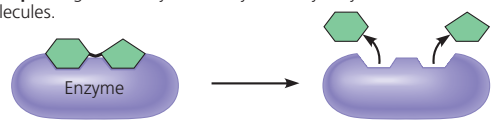
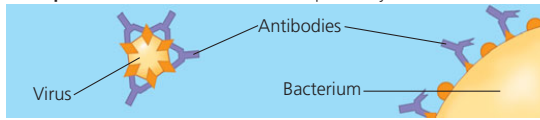
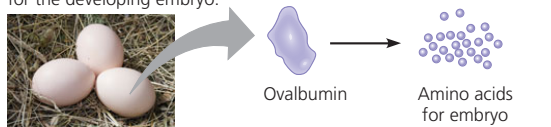
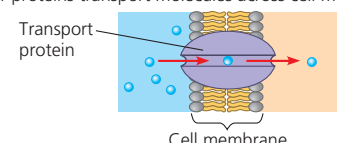
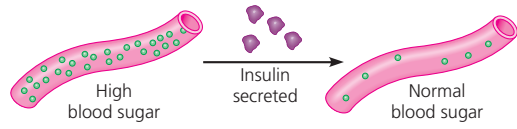
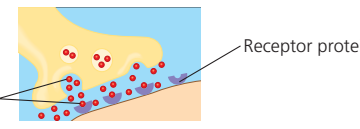
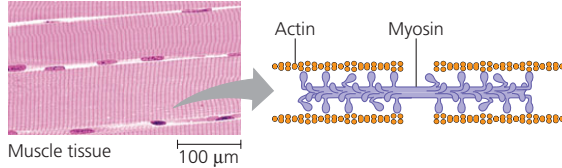
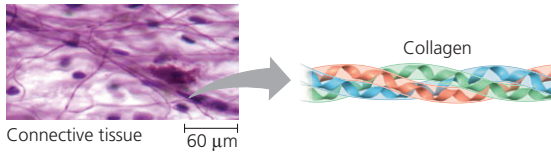
**Az élő rendszerek konzervatív struktúrái:**

*A fehérjék*

## **A fehérjék számos szerkezetet alakíthatnak ki, mely széleskörű biológiai funkciókat eredményez**

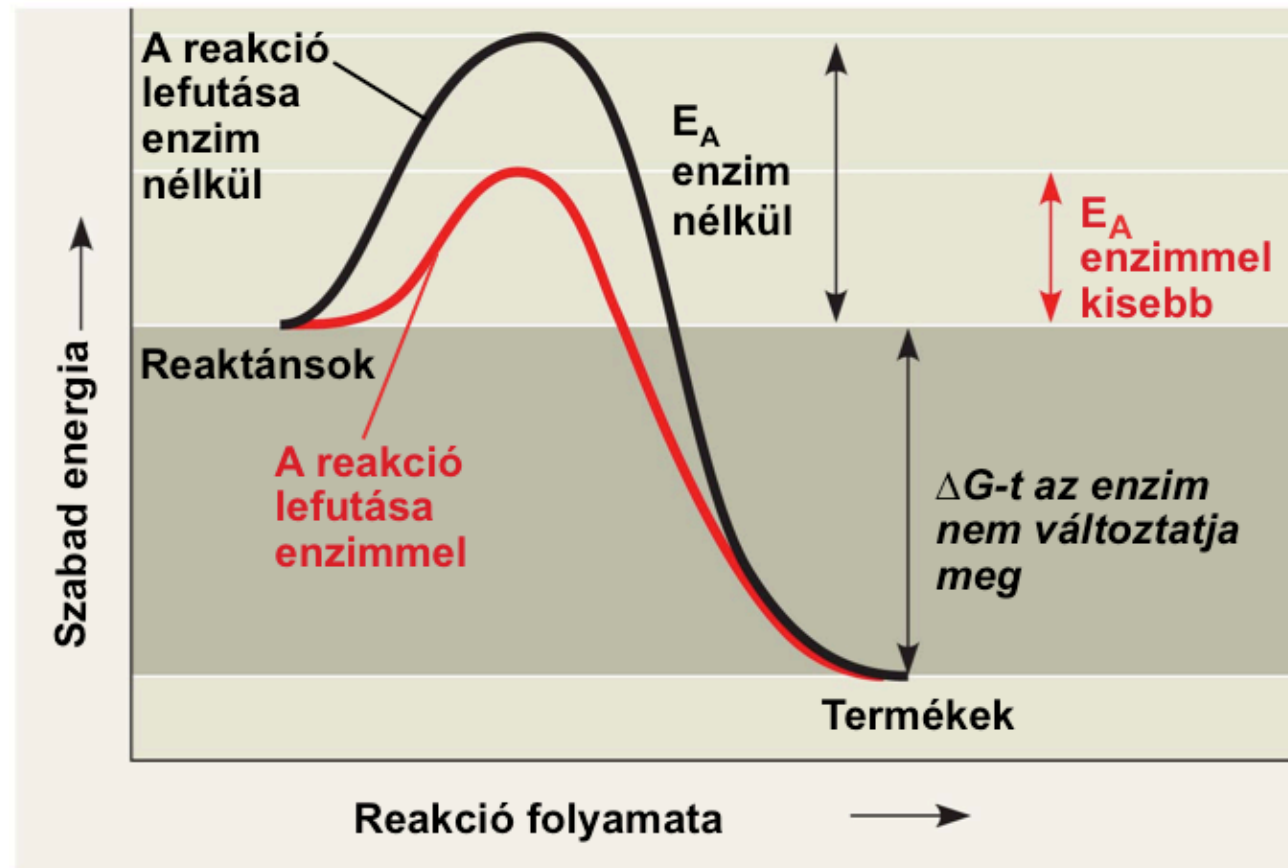
- A sejt szárazanyag tartalmának 50-70%-t fehérjék alkotják
  - A fehérjék számos funkcióval rendelkeznek: kémiai reakciók gyorsítása, raktározás, szilárdítás, szállítás, kommunikáció, mozgás.
-

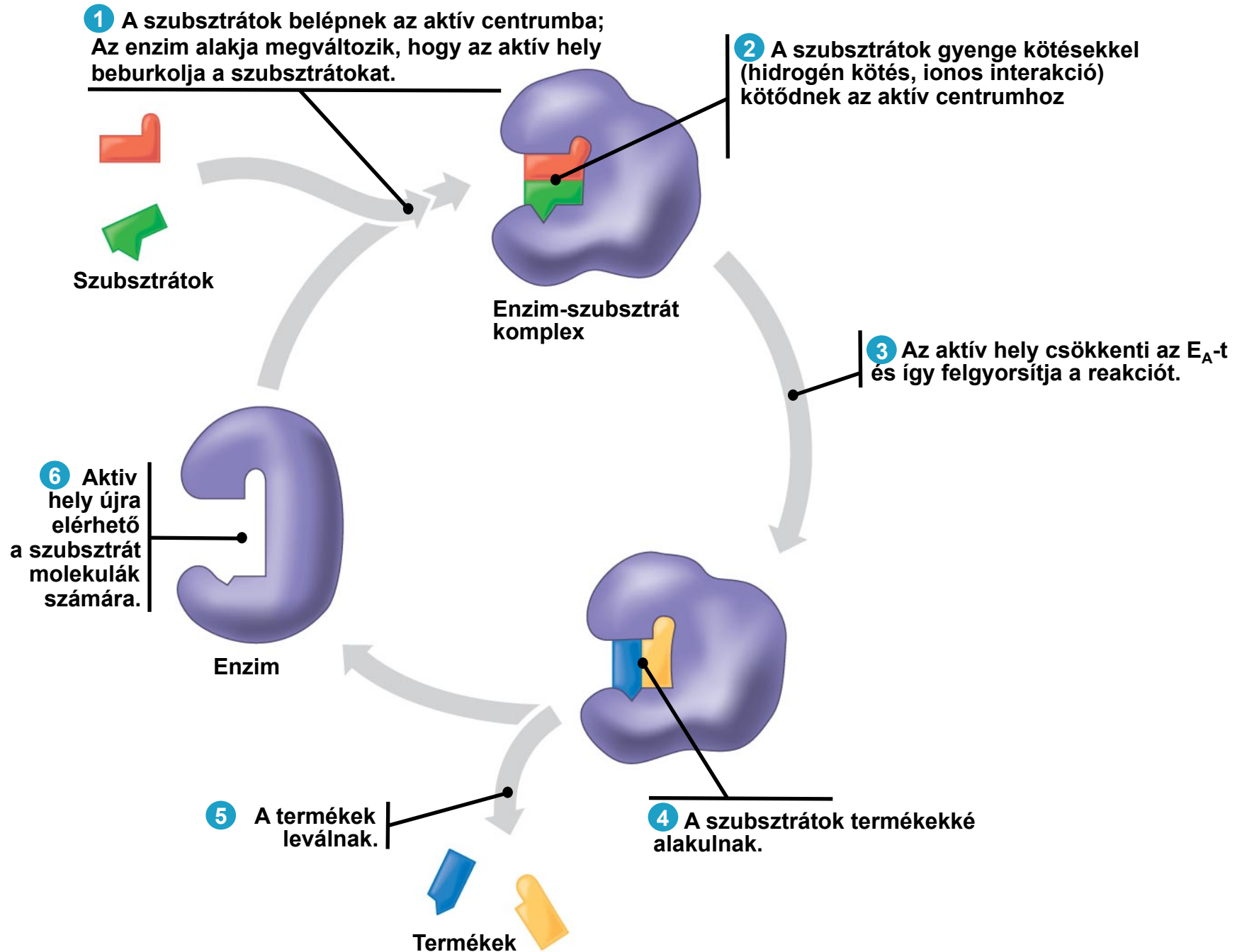
# A fehérjék számos szerkezetet alakíthatnak ki, mely széleskörű biológiai funkciókat eredményez

<p><b>Enzymatic proteins</b></p> <p><b>Function:</b> Selective acceleration of chemical reactions</p> <p><b>Example:</b> Digestive enzymes catalyze the hydrolysis of bonds in food molecules.</p> 	<p><b>Defensive proteins</b></p> <p><b>Function:</b> Protection against disease</p> <p><b>Example:</b> Antibodies inactivate and help destroy viruses and bacteria.</p> 
<p><b>Storage proteins</b></p> <p><b>Function:</b> Storage of amino acids</p> <p><b>Examples:</b> Casein, the protein of milk, is the major source of amino acids for baby mammals. Plants have storage proteins in their seeds. Ovalbumin is the protein of egg white, used as an amino acid source for the developing embryo.</p> 	<p><b>Transport proteins</b></p> <p><b>Function:</b> Transport of substances</p> <p><b>Examples:</b> Hemoglobin, the iron-containing protein of vertebrate blood, transports oxygen from the lungs to other parts of the body. Other proteins transport molecules across cell membranes.</p> 
<p><b>Hormonal proteins</b></p> <p><b>Function:</b> Coordination of an organism's activities</p> <p><b>Example:</b> Insulin, a hormone secreted by the pancreas, causes other tissues to take up glucose, thus regulating blood sugar concentration.</p> 	<p><b>Receptor proteins</b></p> <p><b>Function:</b> Response of cell to chemical stimuli</p> <p><b>Example:</b> Receptors built into the membrane of a nerve cell detect signaling molecules released by other nerve cells.</p> 
<p><b>Contractile and motor proteins</b></p> <p><b>Function:</b> Movement</p> <p><b>Examples:</b> Motor proteins are responsible for the undulations of cilia and flagella. Actin and myosin proteins are responsible for the contraction of muscles.</p> 	<p><b>Structural proteins</b></p> <p><b>Function:</b> Support</p> <p><b>Examples:</b> Keratin is the protein of hair, horns, feathers, and other skin appendages. Insects and spiders use silk fibers to make their cocoons and webs, respectively. Collagen and elastin proteins provide a fibrous framework in animal connective tissues.</p> 

# Az enzimek biokatalizátorok

- **Az enzimek biokatalizátorok**, melyek a kémiai reakciók aktiválási energiáját csökkentik, így anélkül gyorsítják a kémiai reakciókat, hogy ők megváltoznának.

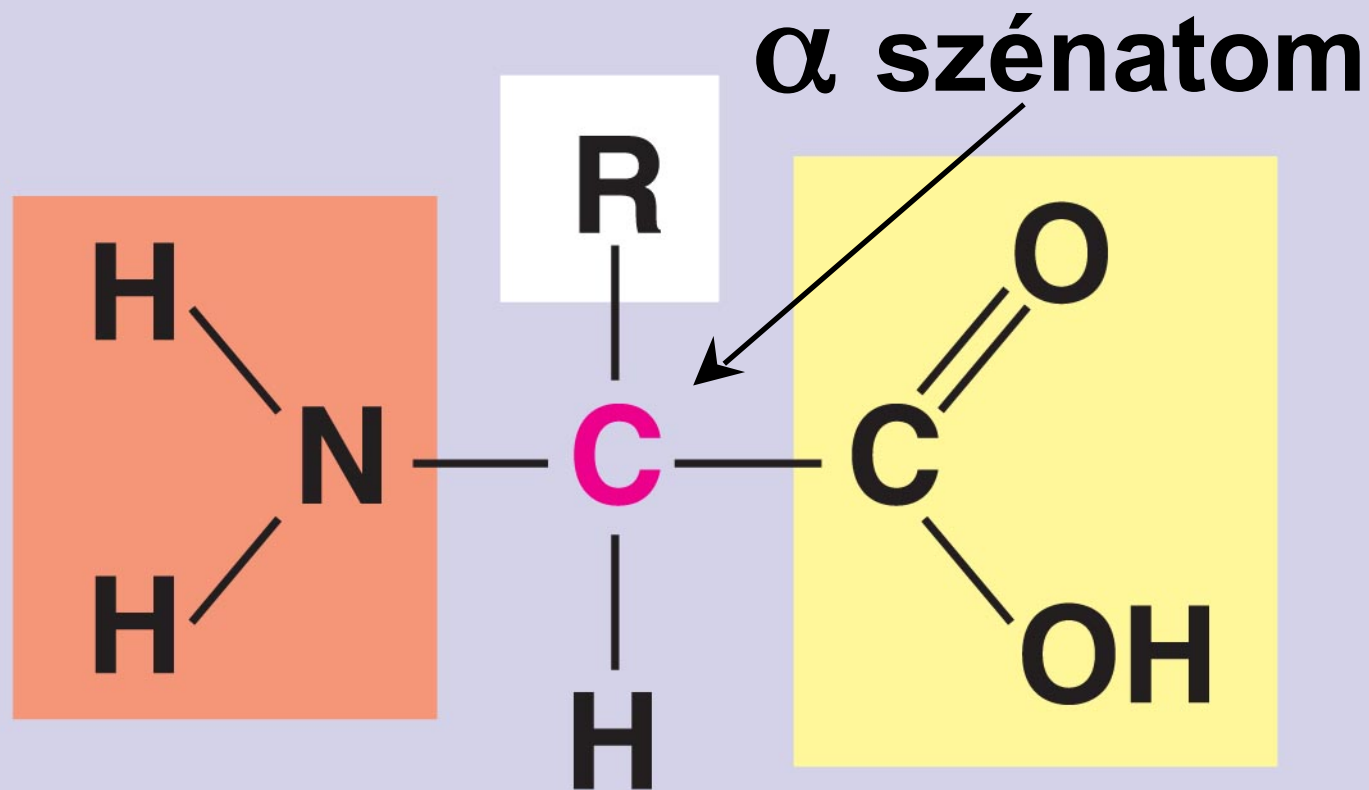




# Polipeptidok és monomerjeik, az aminosavak

---

- **A funkcionális fehérjék** egy vagy több polipeptid láncból állnak, melyek az aminosavak el nem ágazó polimerjei
  - **Az aminosavak** karboxil és amino csoporttal is rendelkező, amfoter molekulák
  - A fehérjéket felépítő  $\alpha$ -aminosavak eltérő tulajdonságai az  $\alpha$ -szénatomhoz kapcsolódó oldallánctól (R csoport) függenek.
-

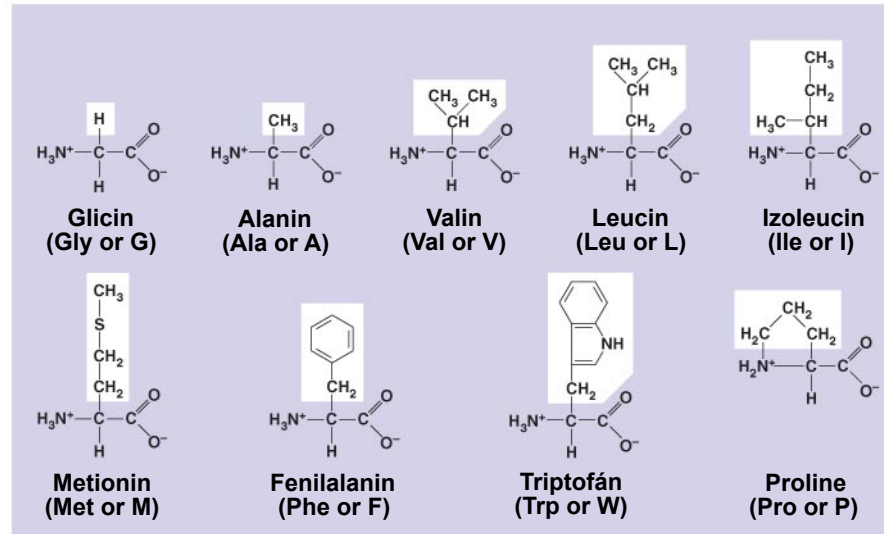


**Amino  
csoport**

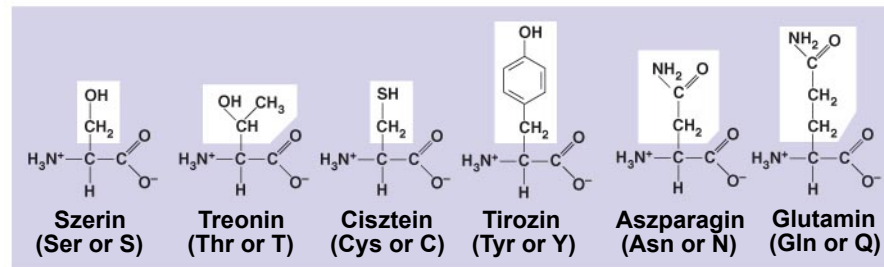
**Karboxil  
csoport**

# Aminosavak csoportosítása az oldalláncok kémiai tulajdonságai alapján

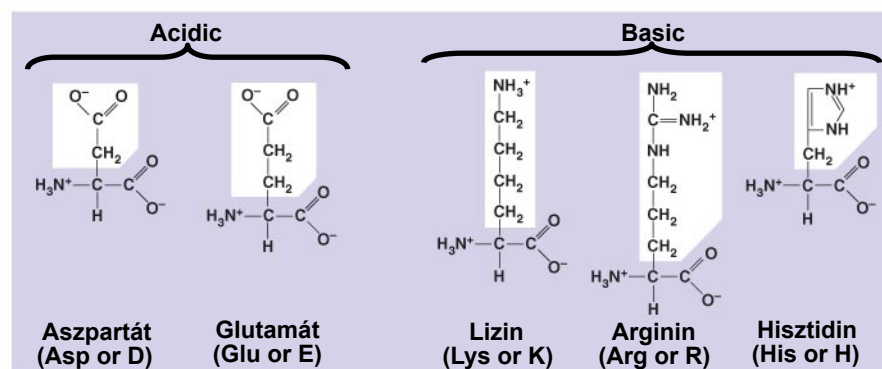
## Apoláros



## Poláros



## Elektromos töltéssel rendelkező

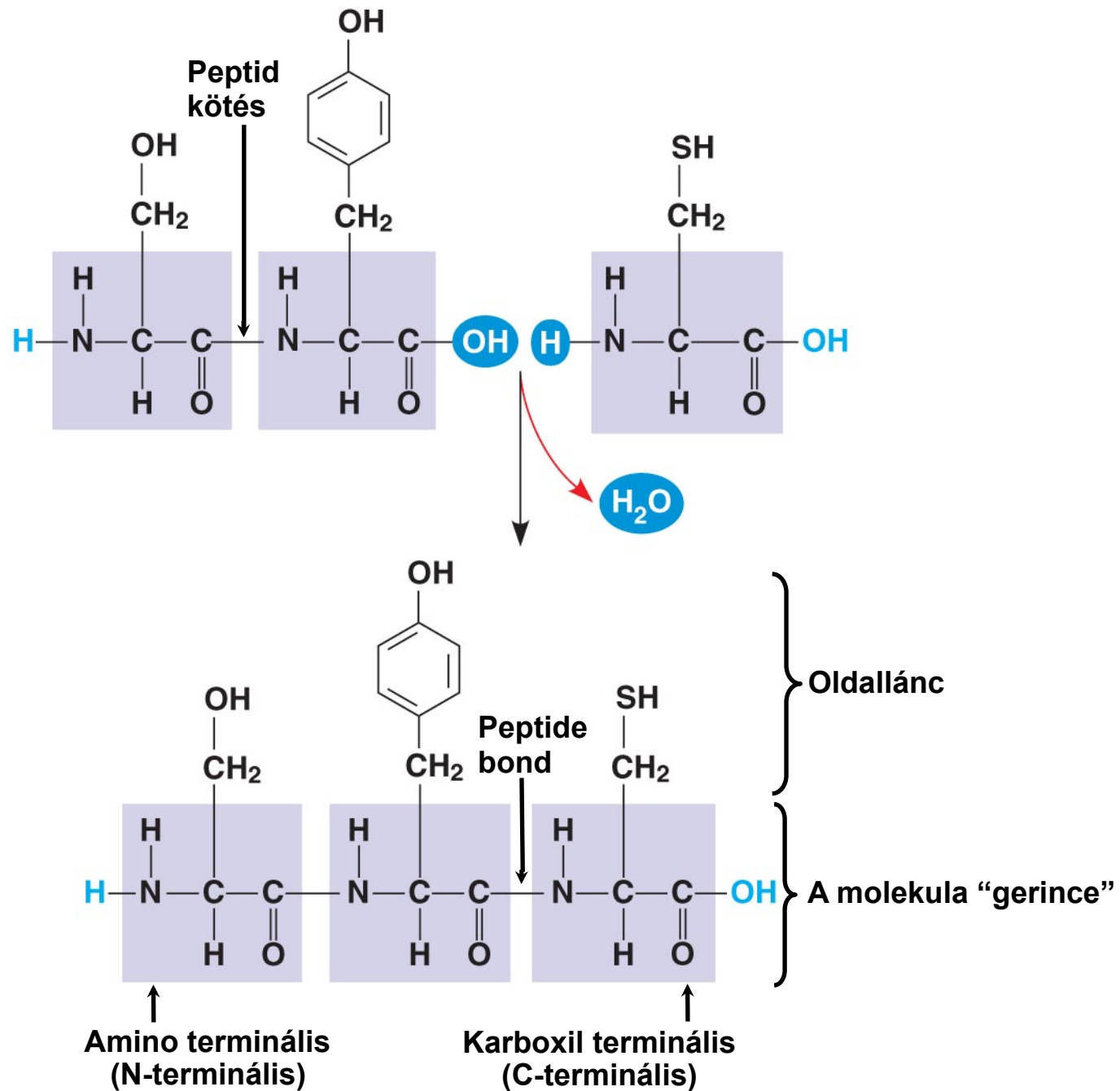




## *Az aminosavak polimerizációja*

---

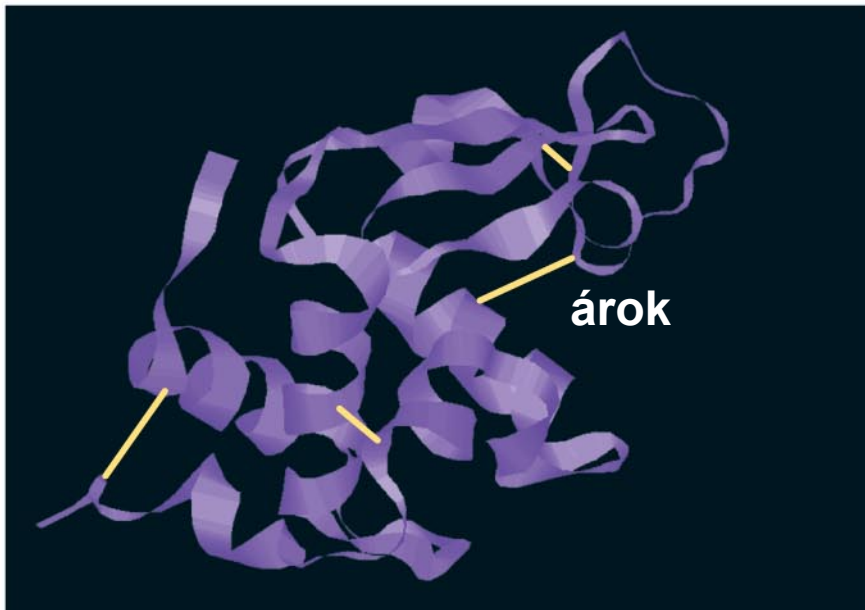
- Az aminosavakat **peptid kötések** kapcsolják össze.
  - Minden polipeptid egyedi, lineáris aminosav szekvenciával rendelkezik.
  - A polipeptidek állhatnak néhány vagy akár több ezer aminosav maradékból is.
-



# A proteinek szerkezete és funkciója összefügg

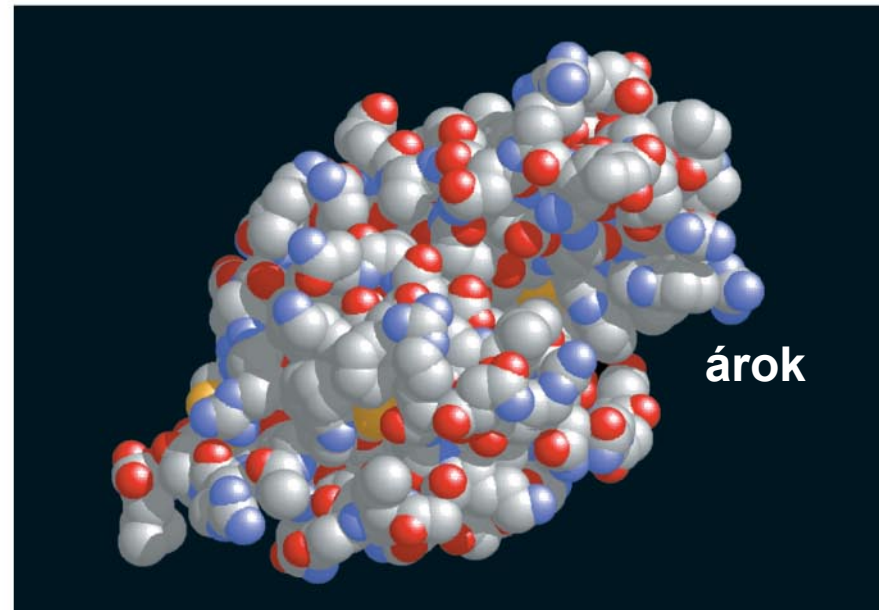
---

- A funkcionális fehérjék egy vagy több polipeptid lánc egyedi alakba csavarodott, hajtogatott, feltekeredett származékai.



**(a) A lizozim szalagmodellje**

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Benjamin Cummings.



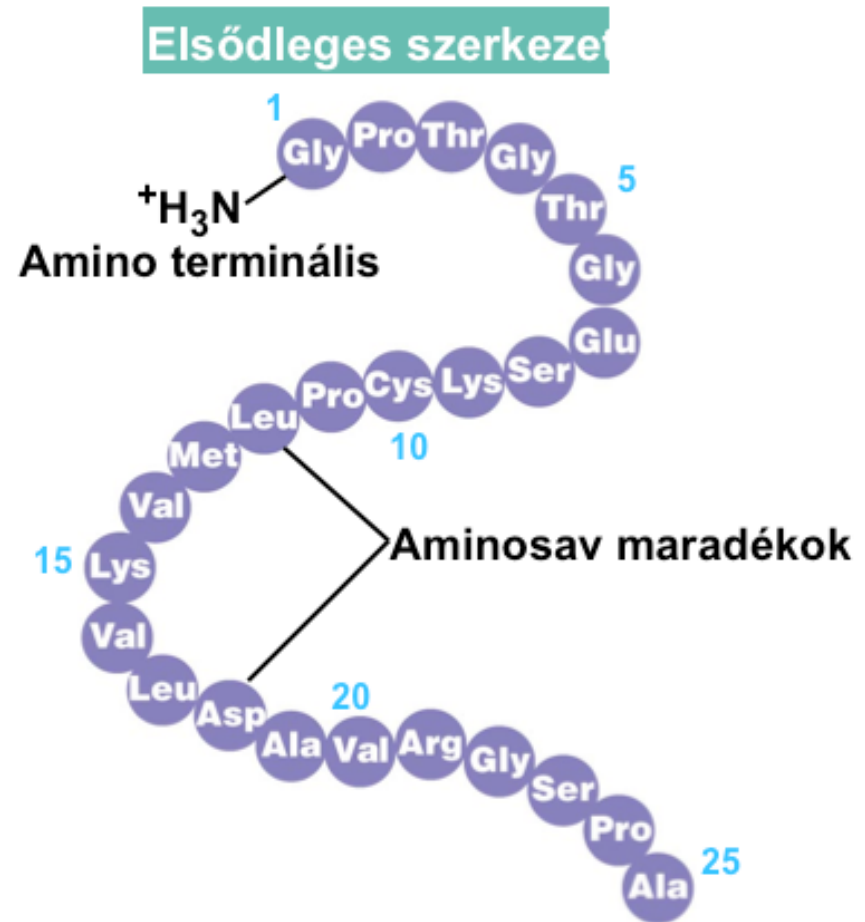
**(b) A lizozim hely-kitöltő modellje**

## *A fehérjék négy szintű szerkezete*

---

- A fehérjék elsődleges szerkezetét az egyedi aminosavszekvencia jelenti.
  - A másodlagos szerkezet, mely a legtöbb fehérjében megtalálható, a fehérje lánc tekeredése és hajtogatódása következtében alakul ki.
  - A harmadlagos szerkezet a különböző oldalláncok (R csoportok) közötti kölcsönhatás eredménye
  - Negyedleges szerkezet akkor áll fent, ha a fehérje több polipeptid láncból épül fel.
-

- **Az elsődleges szerkezet, vagyis az aminosavak kapcsolódási sorrendje a genetikai információból származik**

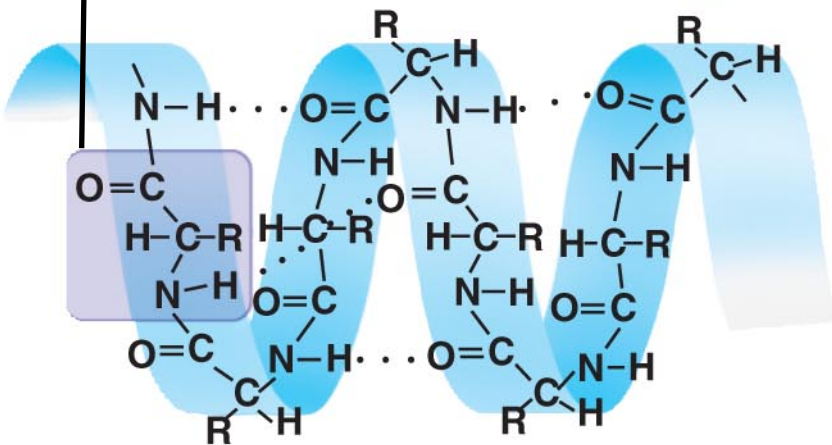
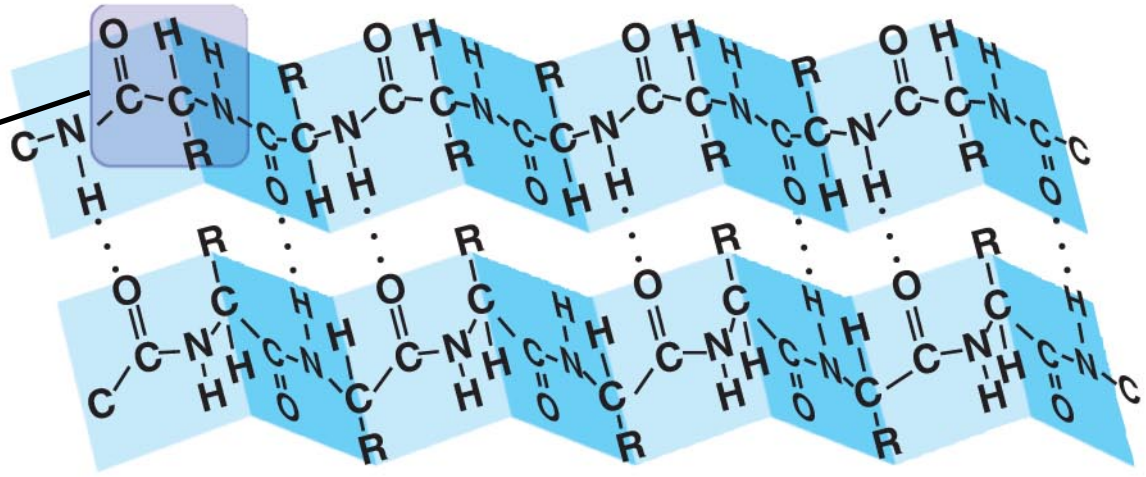


- 
- A **másodlagos szerkezet** a polipeptid lánc “gerincében” az egyes szakaszok között kialakuló hidrogén kötések eredménye.
  - Tipikus másodlagos szerkezetek a felcsavarodott  $\alpha$  **hélix** és hajtogatott  $\beta$  **redő/lemez**.
-

# Másodlagos szerkezet

$\beta$ -lemez

Aminosav  
maradékok



$\alpha$ -hélix

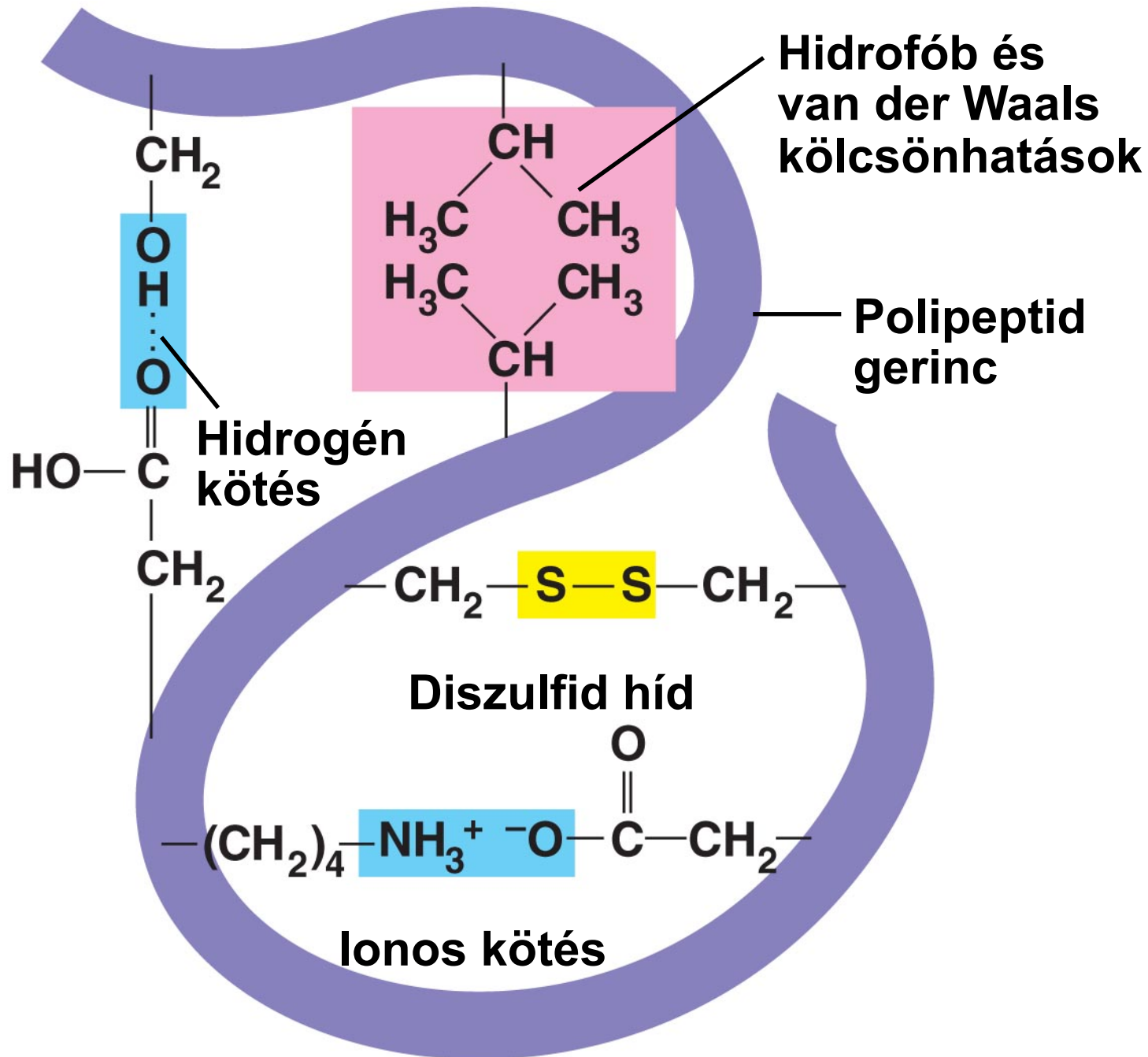


**A pókok potroh mirigye által  
termelt pókselyem  $\beta$  redőt  
tartalmazó vázfehérje.**



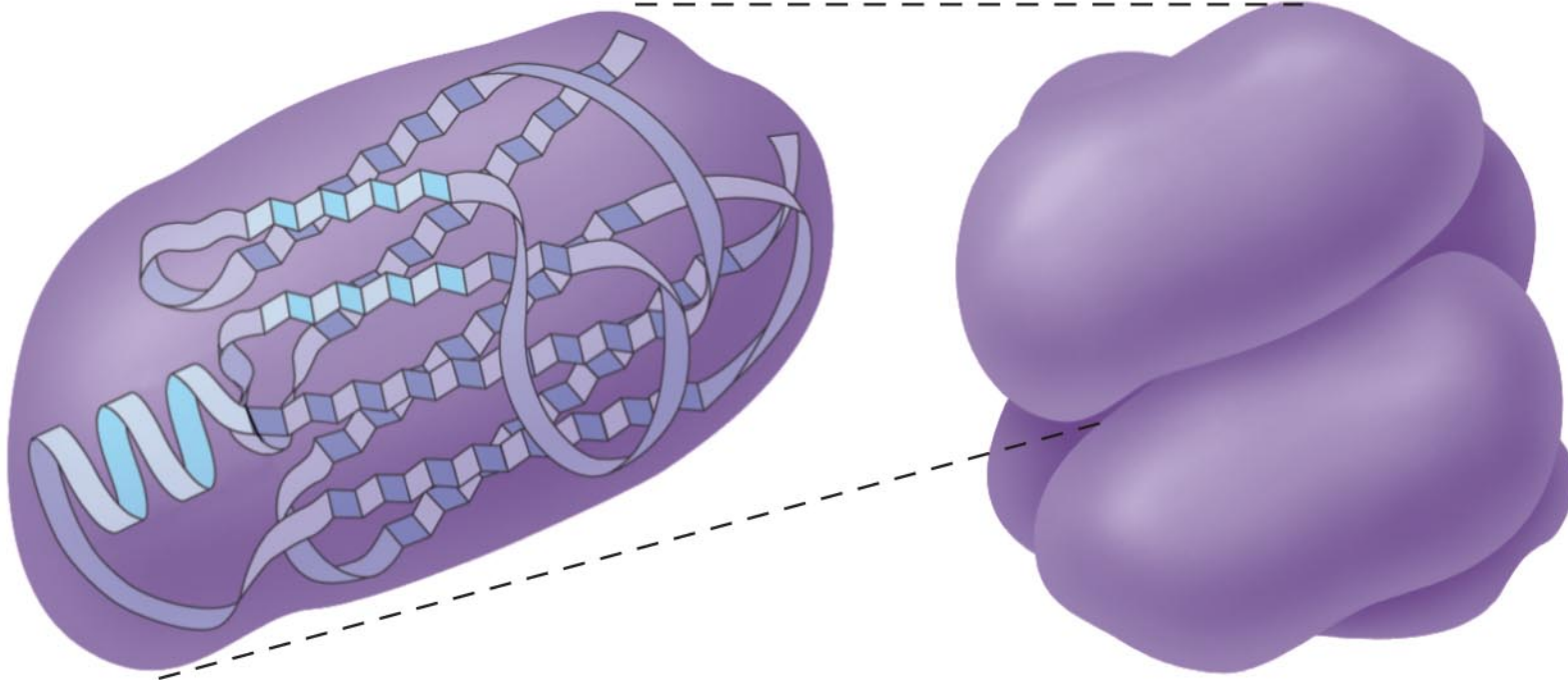


- 
- **A harmadlagos szerkezet** elsősorban az oldalláncok közötti interakció eredményeként jön létre.
  - Az R csoportok közötti kölcsönhatások lehetnek hidrogén kötések, ionos kötések, **hidrofób kölcsönhatások**, és van der Waals interakciók
  - Erős kovalens kötések, vagyis **diszulfid hidak** cisztein aminosav maradékok között alakulnak ki, és szilárdítják a fehérjék szerkezetét.
-

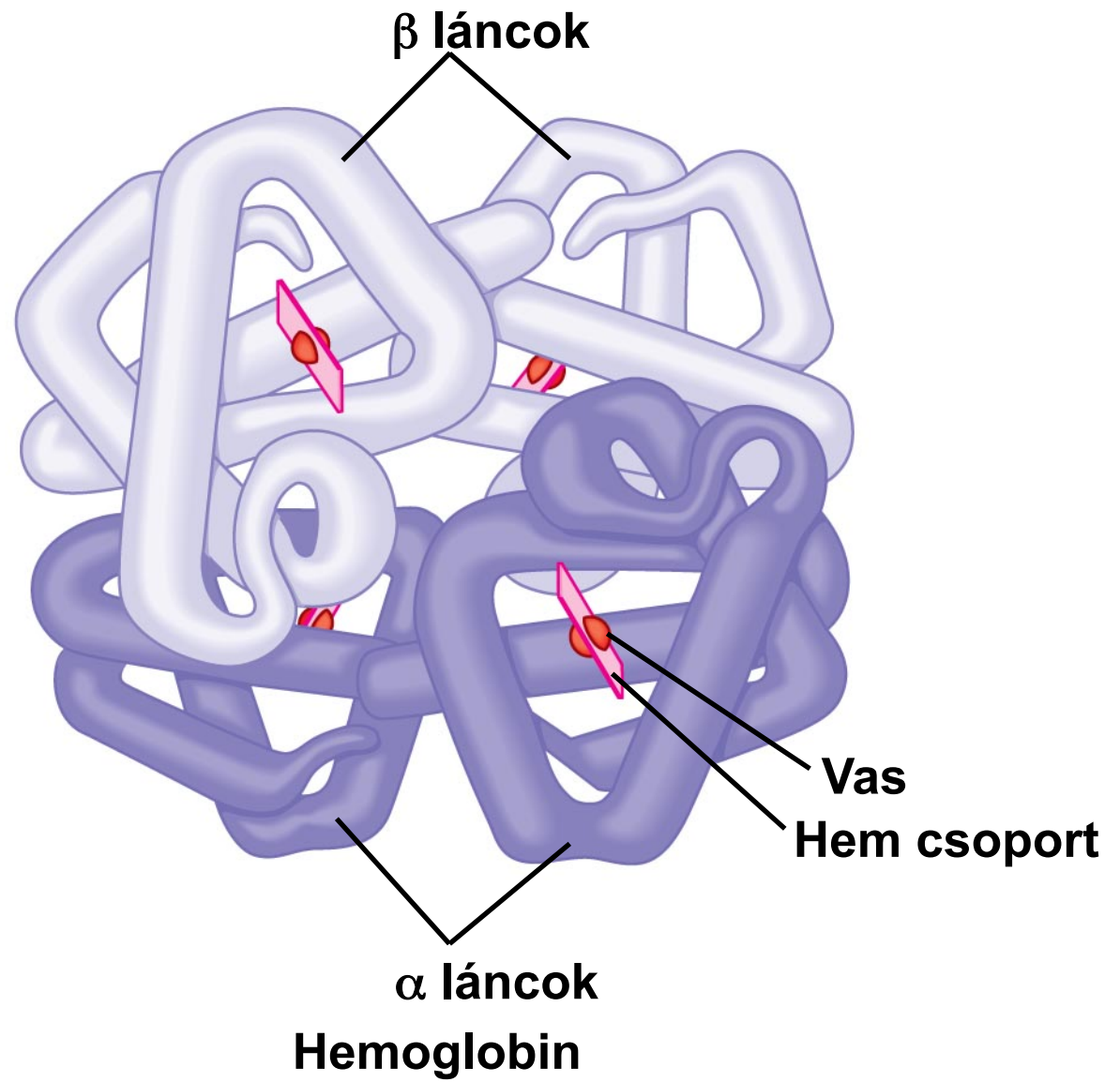
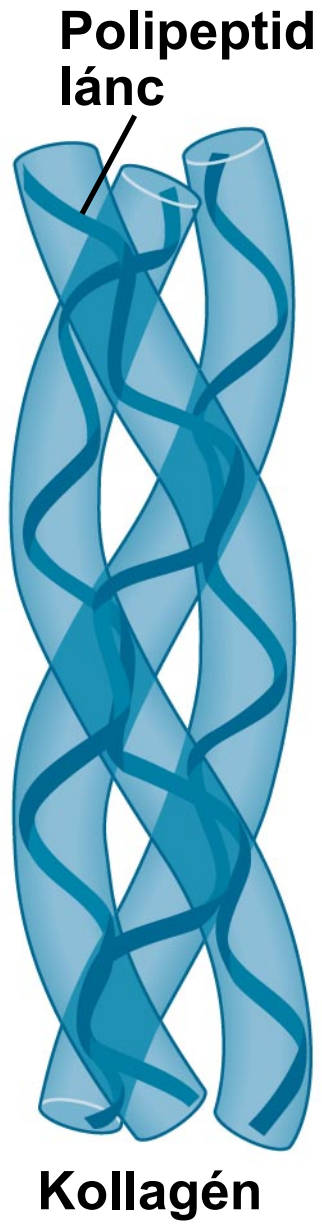


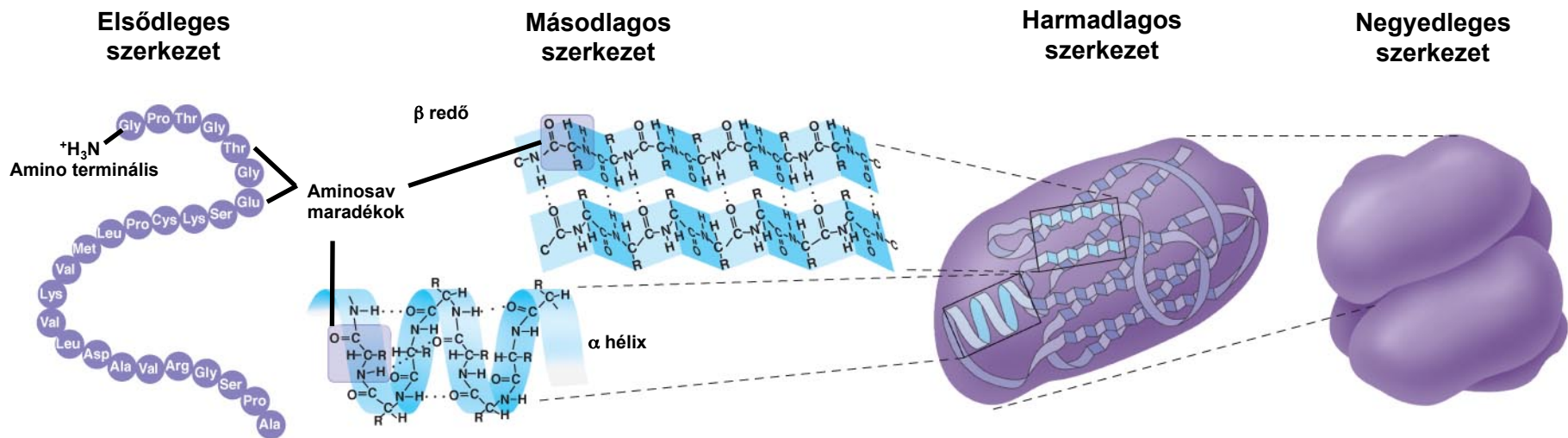
Harmadlagos

Negyedleges szerlezet



- 
- **Negyedleges szerkezet** akkor alakul ki, ha egy fehérjét több polipeptidlánc épít fel
  - Például a kollagén egy szálas szerkezetű fehérje, melyet három egymás köré csavarodó polipeptid lánc épít fel.
  - A Hemoglobin egy globuláris fehérje, mely négy polipeptidből áll: két alfa és két béta láncból.
  - Az egyes polipeptid láncokat ilyen esetekben alegységeknek is nevezik.
-





## *Sarló-sejtes vérszegénység oka: Változás a fehérje elsődleges szerkezetében*

---

- Az elsődleges szerkezet kismértékű megváltozása a fehérje struktúrájának és funkciójának megváltozását okozhatja
  - A sarló-sejtes vérszegénység egy öröklődő betegség, mely a hemoglobin fehérje egy aminosavának kicserélődése miatt alakul ki.
-



**Normál hemoglobin**

**Elsődleges szerkezet**  
 Val His Leu Thr Pro Glu Glu  
 1 2 3 4 5 6 7

**Másodlagos és harmadlagos szerkezet**  
 β alegység

**Negyedleges szerkezet**  
 Normál hemoglobin (felülnézet)  
 α β

**Funkció**  
 A molekulák nem assziciálódnak; mindegyik szállít oxigént.

**Vörösvérsejtek alakja**  
 Normál alakú vörösvérsejt

10 μm

**Sarló sejtés hemoglobin**

**elsődleges szerkezet**  
 Val His Leu Thr Pro Val Glu  
 1 2 3 4 5 6 7

**Másodlagos és harmadlagos szerkezet**  
 Hidrofób terület  
 β alegység

**Negyedleges szerkezet**  
 Sarló-sejtés hemoglobin  
 α β

**Funkció**  
 A molekulák kölcsönhatásba lépnek egymással, és szálakat alakítanak ki; így az oxigén kötő képesség nagymértékben csökken.

**Vörösvérsejtek alakja**  
 Az abnormalis hemoglobin szálak deformálják a vörösvérsejt alakját.

10 μm

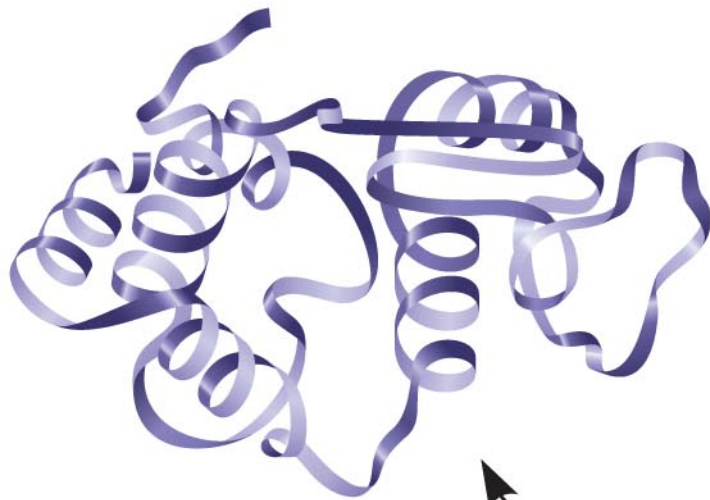


## *Mi határozza meg a fehérjék szerkezetét?*

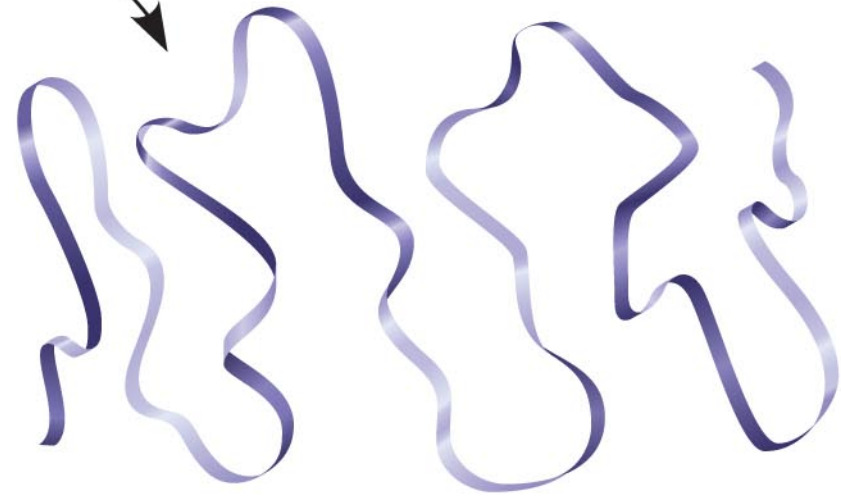
---

- Az elsődleges szerkezet mellett fizikai és kémiai körülmények is befolyásolhatják a szerkezetet.
  - Változások a pH-ban, a só koncentrációkban, a hőmérsékletben mind okozhatják a fehérje “kigombolyodását”.
  - Ha a fehérje elveszti natív szerkezetét akkor **denaturációról** beszélünk.
  - A denaturált fehérje biológiailag inaktív.
-

**Denaturáció**



**Normál protein**

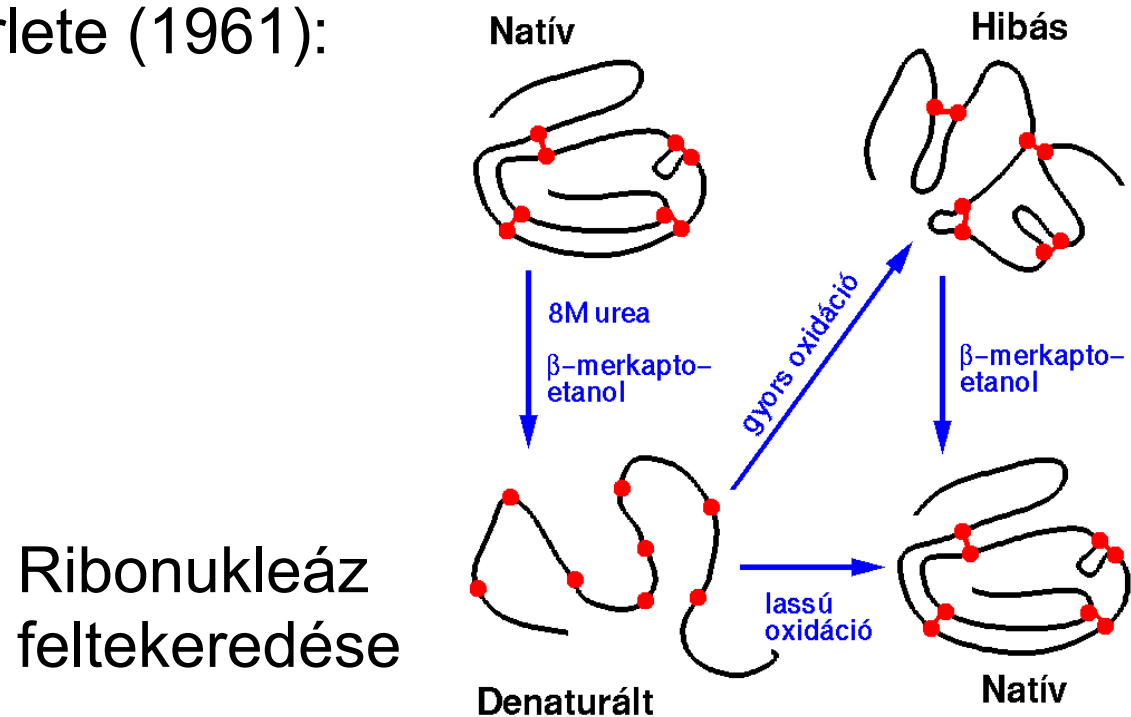


**Denaturált protein**

**Renaturáció  
(de nem mindig!!)**

## A fehérjék hajtogatása a sejtben

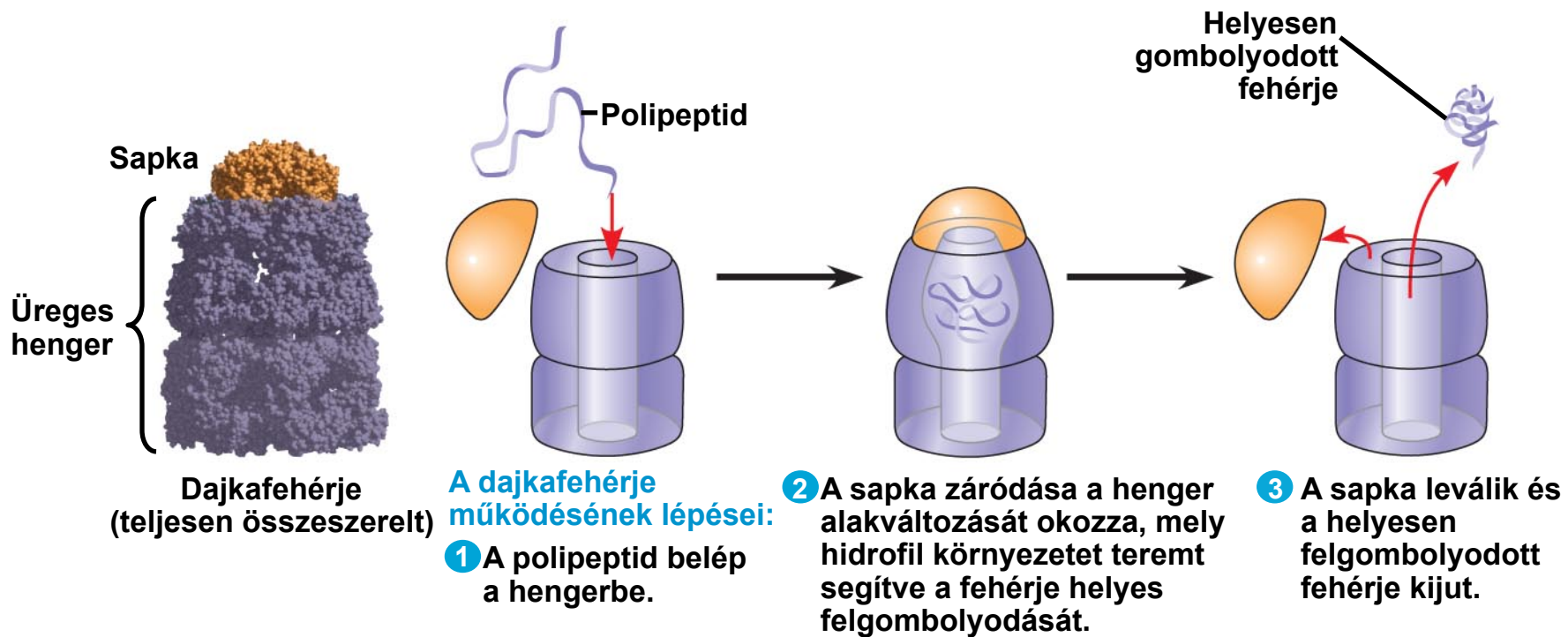
- Az egyes szerkezeti szintek következnek egymásból. A harmadlagos állapot háttérében termodinamikai megfontolás áll.
- Ch. Anfinsen kísérlete (1961):

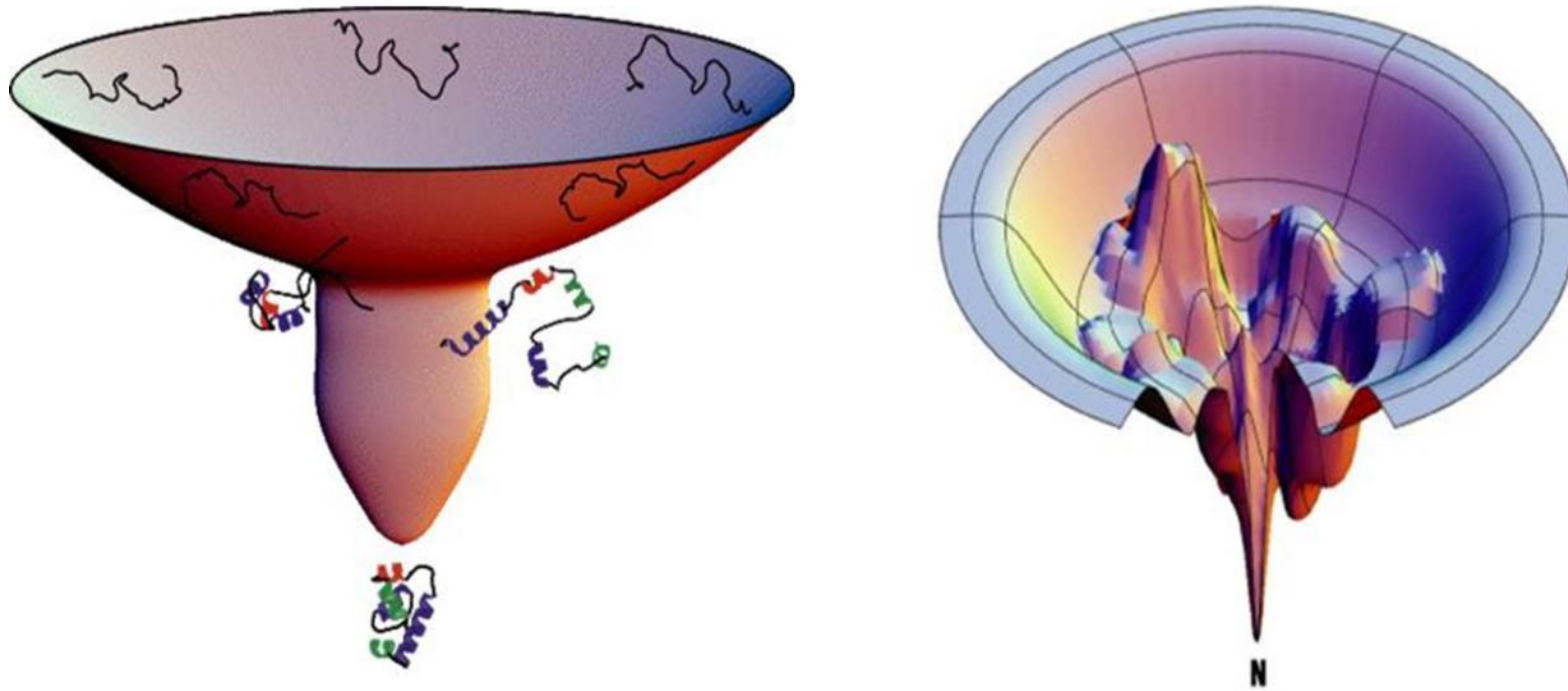


## *A fehérjék hajtogatása a sejtben*

---

- Nagyon nehéz megjósolni a fehérjék szerkezetét az aminosav szekvenciából
  - A legtöbb fehérje számos állapoton keresztül jut el a stabil struktúráig
  - **Dajka/Chaperon fehérjék** segítenek a proteinek helyes felgombolyodásában.
-





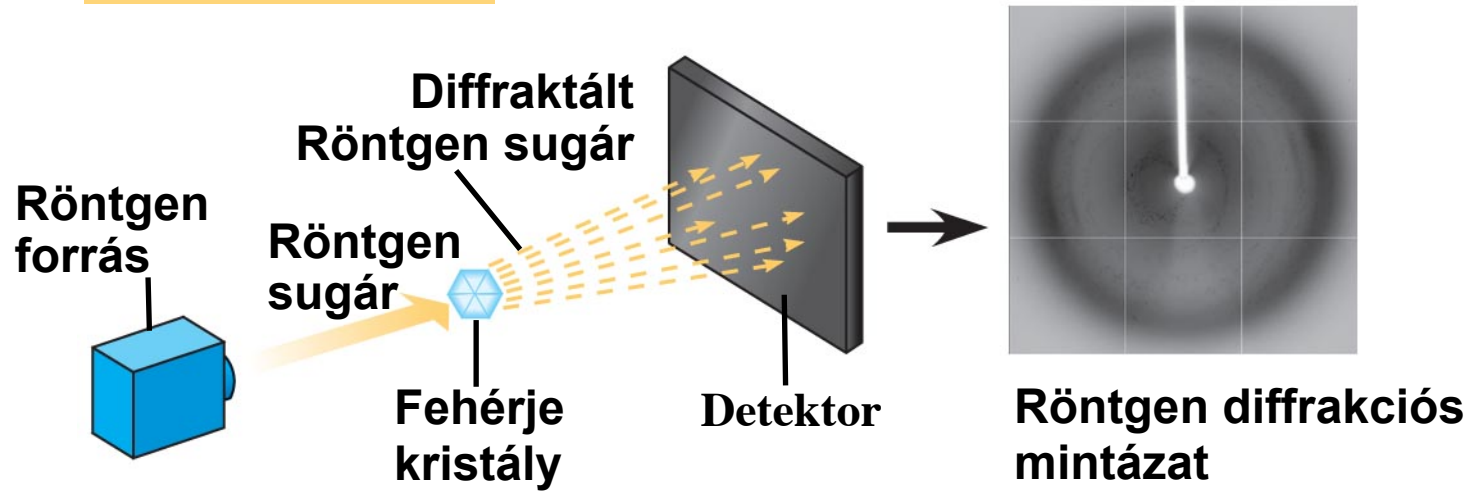
**5.27. ábra: A folding tölcsér.** A folding tölcsért a feltekeredés termodinamikai háttérének illusztrálására vezették be, ennek részleteit lásd a főszövegben.

## *Hogyan ismerhetjük meg a fehérjék térszerkezetét?*

---

- A fehérje szerkezet tanulmányozásának egyik módja a **Röntgen (X-ray) krisztallográfia**.
  - Lehetőség van mágneses rezonancia spektroszkópia (NMR) alkalmazására is, ez nem igényli a fehérje kristályosítását
  - A bioinformatikai módszer segítségével, számítógépes modellezést felhasználva, az aminosav sorrendből próbálják jósolni a térszerkezetet.
-

## KÍSÉRLET



## EREDMÉNY

