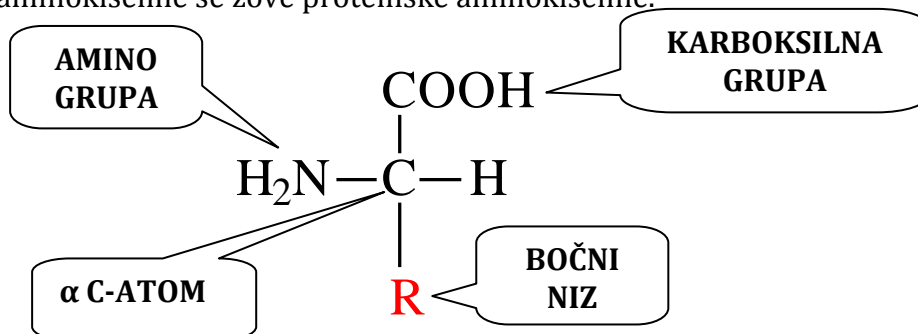


## PROTEINI

- Složeni biomolekuli koji čine osnovne ćelijske sastojke svih živih organizama.
- Ime potiče od grčke reči *proteios*, što znači prvi ili najvažniji.
- Zauzimaju posebno mesto kod čoveka jer imaju važne biološke, zaštitne, transportne enzimske i hormonske uloge i funkcije (izgradnja ćelijskih struktura, kataliza i regulacija metabolizma, procesi kontrakcije i transporta materija).
- Zajedničko za sve proteine jeste da su svi izgrađeni od velikog broja aminokiselina, pa samim tim struktura i osobine proteina zavise od vrste, broja i načina vezivanja aminokiselina.

### AMINOKISELINE KAO STRUKTURNE JEDINICE PROTEINA

- Sve aminokiseline koje učestvuju u strukturi proteina su  $\alpha$ - aminokiseline i ima ih 20.
- To su aminokiseline kod kojih je amino- i karboksilna grupa vezana za isti ugljenikom atom i takve aminokiseline se zove proteinske aminokiseline.

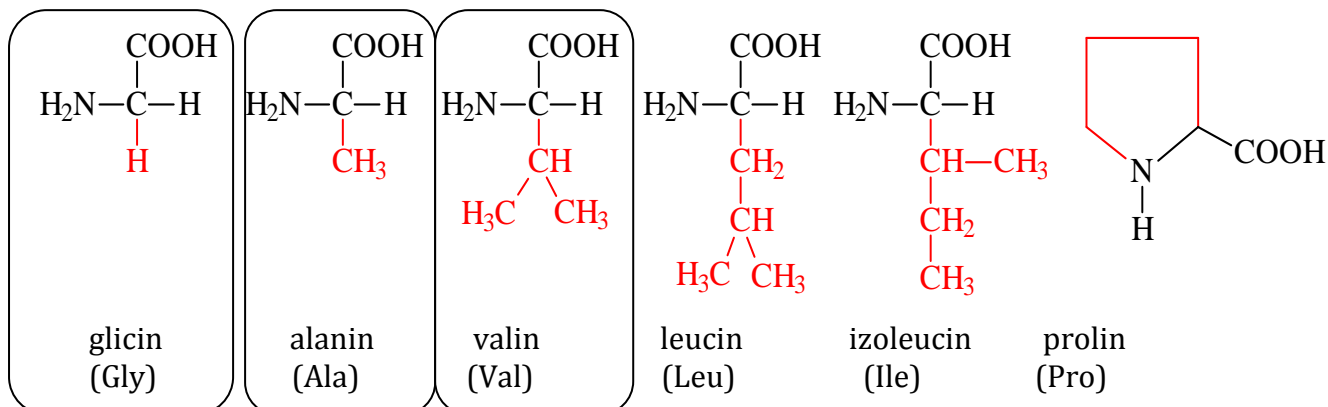


- Sve aminokiseline koje učestvuju u građi proteina pripadaju L-seriji i sve su optički aktivne sem glicina.
- Aminokiseline imaju 2 funkcionalne grupe:
  1. Karboksilnu grupu  $-\text{COOH}$  (ima kiseo karakter);
  2. Amino grupu  $-\text{NH}_2$  (ima bazni karakter).
- Postoje aminokiseline koje imaju jednu karboksilnu i više amino grupa i obrnuto.

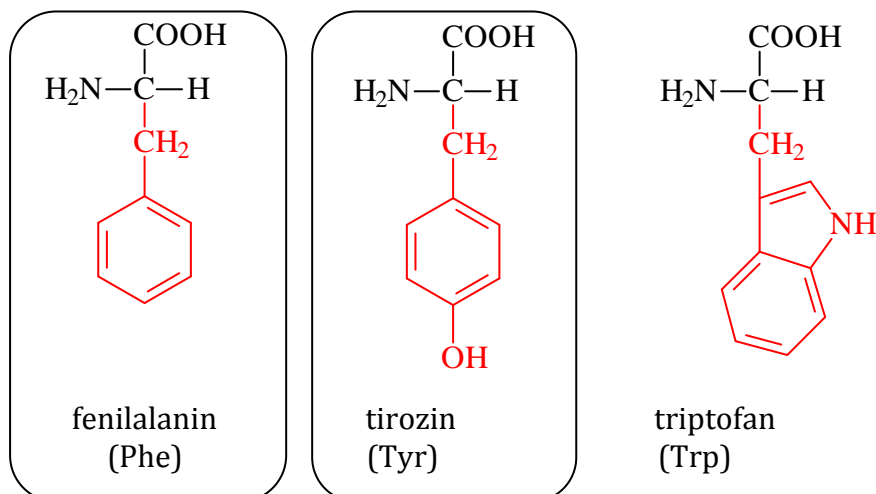
**PODELA AMINOKISELINA**

- Prema prirodni bočnog niza, proteinske aminokiseline se dele u sedam grupa:

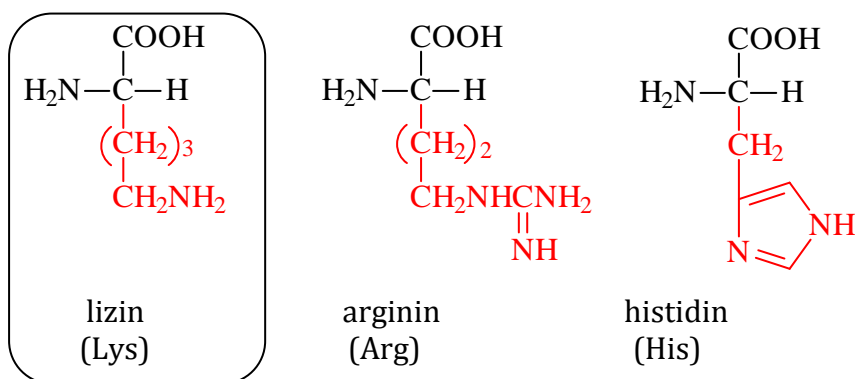
**1. Aminokiseline sa nepolarnim (hidrofobnim) bočnim nizom**



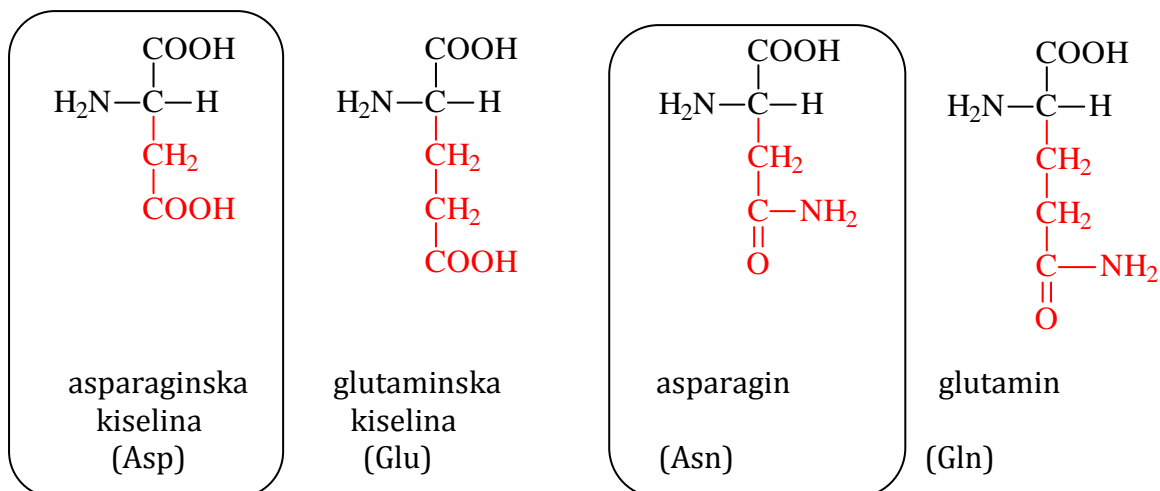
**2. Aminokiseline sa aromatičnim bočnim nizom**



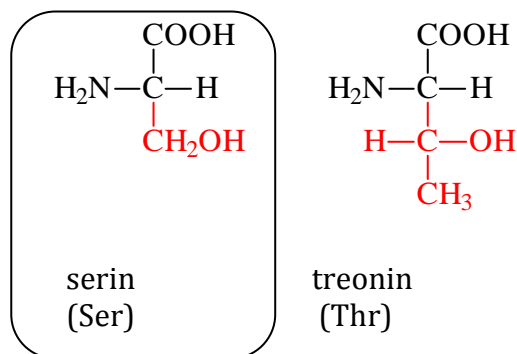
**3. Aminokiseline sa baznim bočnim nizom**



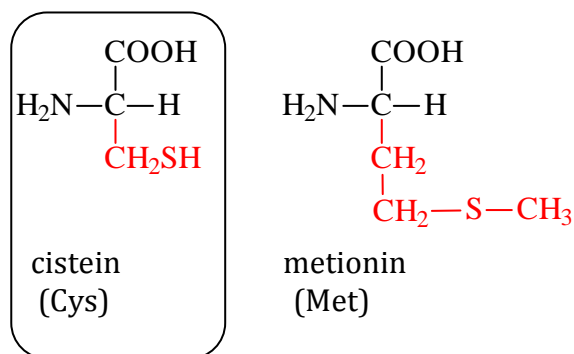
**4. i 5. Aminokiseline sa kiselinskim i amidnim ostatkom u bočnom nizu**



**6. Aminokiseline sa hidroksilnom grupom u bočnom nizu**



**7. Aminokiseline sa sumporom u bočnom nizu**



- Postoje i tzv. neproteinske aminokiseline koje nikad ne ulaze u sastav proteina. Najpoznatije su :  $\beta$ -alanin,  $\gamma$ -aminobuterna kiselina, D-glutaminska kiselina, D-alanin i mnoge druge.
- Čovek i životinje mogu da sintetišu samo neke aminokiseline iz drugih organskih jedinjenja, dok ostale unose hranom. Te aminokiseline se nazivaju **esencijalnim aminokiselinama**. Ima ih deset i to su: **valin**, **leucin**, **izoleucin**, **fenilalanin**, **triptofan**, **lizin**, **arginin**, **histidin**, **treonin** i **metionin**.

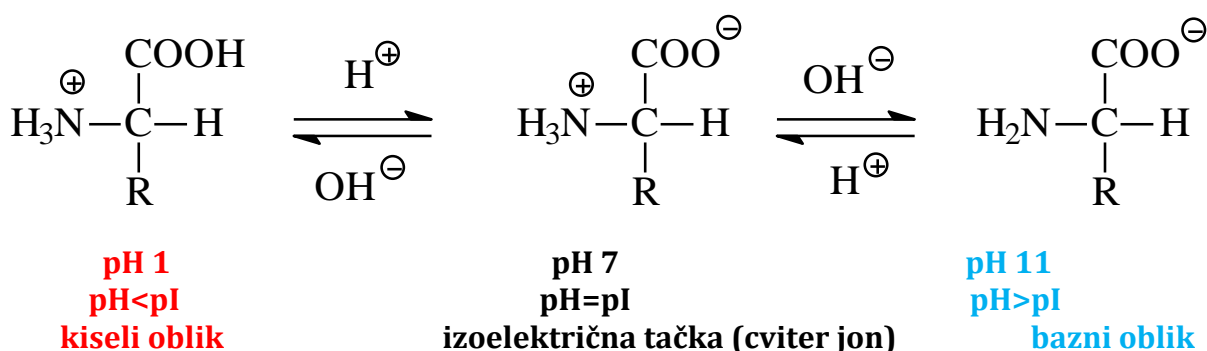
## OSObine AMINOKISELINA

### Fizičke osobine aminokiselina

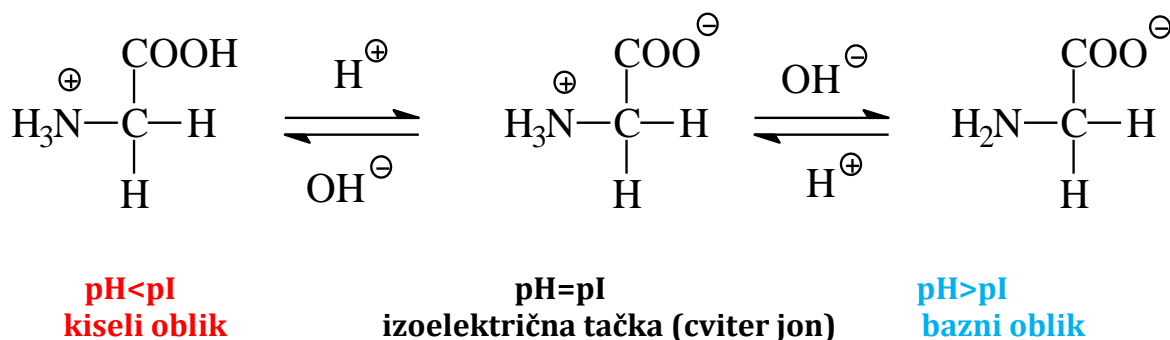
- Kristalne supstance, termostabilne;
- razlažu se pre tačke topljenja u vodi i u alkoholu (sa porastom ugljovodoničnog bočnog niza opada rastvorljivost u vodi a raste u alkoholu);
- u rastvorima primaju ili otpuštaju proton i dolaze do izražaja kiselo-bazne osobine.

### Kiselo-bazne osobine aminokiselina

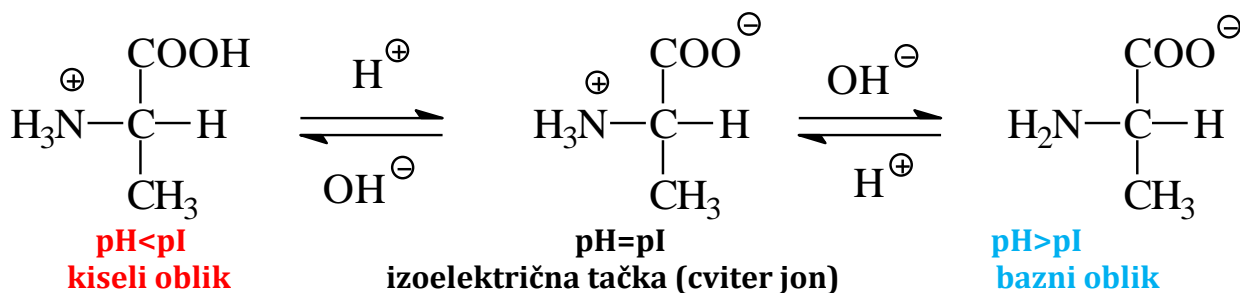
- Za svaku aminokiselinu postoji odgovarajuća pH vrednost- izoelektrična tačka (pI), u obliku dipolarnog jona (cviter jona).



- Primer 1: Cviter jon glicina



- Primer 2: Cviter jon alanina

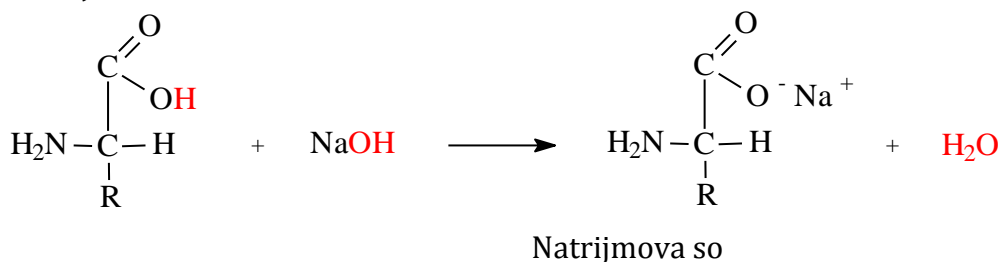


Hemijske reakcije (osobine) aminokiselina

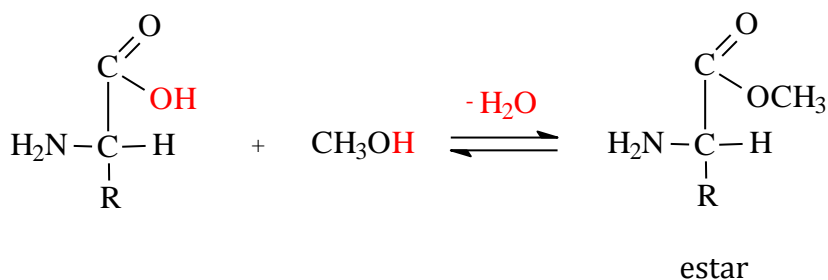
- Sve reakcije aminokiselina se mogu podeliti u 4 grupe:
  1. Reakcije na karboksilnoj grupi;
  2. Reakcije na amino grupi;
  3. Reakcije na bočnom nizu;
  4. Reakcije na karboksilnoj i amino grupi istovremeno.

Reakcije na karboksilnoj grupi

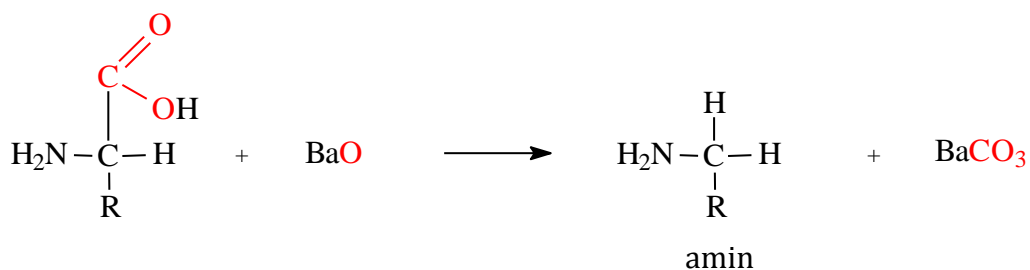
- Neutralizacija



- Esterifikacija sa alkoholima

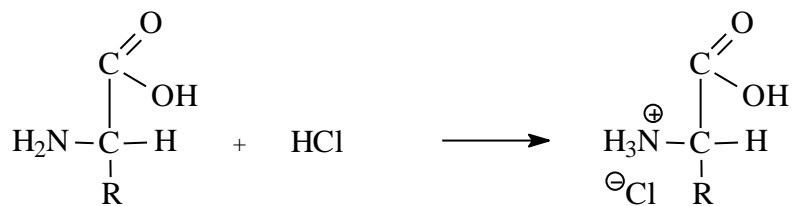


- Dekarboksilacija (eliminacija CO<sub>2</sub>)



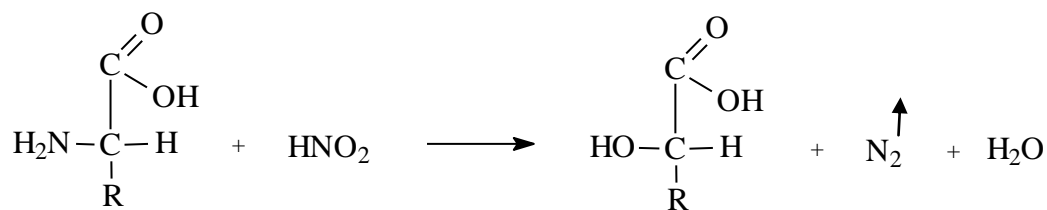
Reakcije na amino grupi

- Reakcija sa HCl



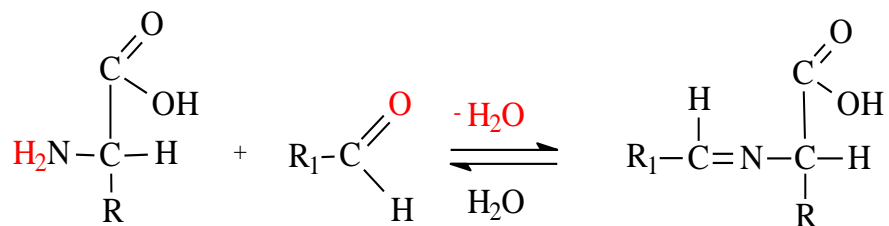
Hloridna so aminokiseline

- Reakcija sa azotastom (nitritnom) kiselinom



hidroksi kiselina

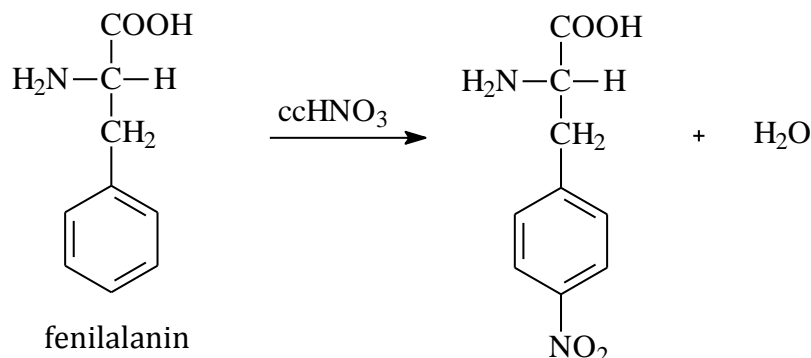
- Reakcija sa aldehidima



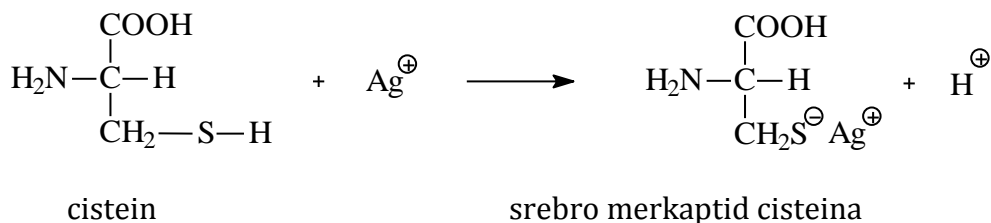
Šifova baza

Reakcije bočnog niza

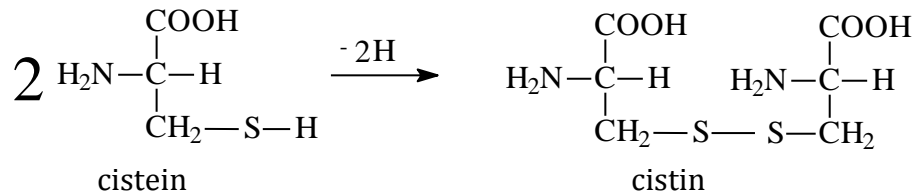
- Reakcija fenilalanina sa azotnom kiselinom



- Reakcija cisteina sa jonima teških metala

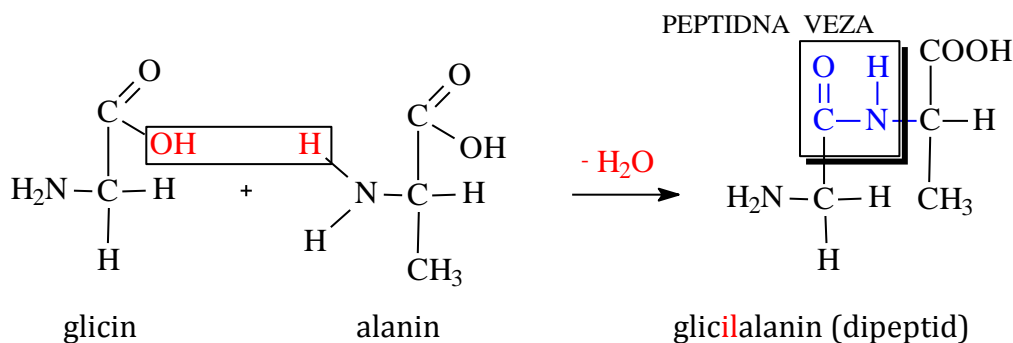


- Reakcija građenja disulfidnih veza



Zajedničke reakcije karboksilne i amino grupe

- Jedna od najznačajnijih reakcija aminokiselina jeste ona u kojoj karboksilna grupa jedne aminokiseline reaguje sa amino grupom druge aminokiseline. Pri tome, između dve aminokiseline se gradi amidna veza koja se naziva **peptidna veza**.



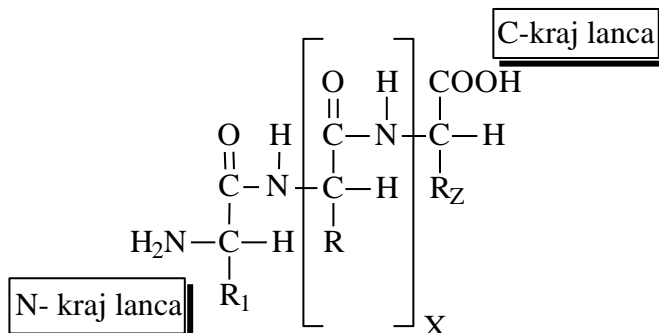
**KLASIFIKACIJA PROTEINA**

- Jedinjenja koja u svom sastavu imaju do 10 aminokiselinskih ostataka, nazivaju se **oligopeptidima** (gramicidin C).
- Jedinjenja sastavljena od 10 do 50 aminokiselina zovu se **polipeptidi** (insulin, kortikotropin), a jedinjenja koja sadrže više od 50 aminokiselinskih ostataka su **proteini**.
- Proteini se klasifikuju prema sastavu, rastvorljivosti, biološkoj ulozi i obliku molekula. Klasifikacija je prikazana u sledećoj tabeli.

| <b>PROTEINI</b>   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| <i>prema sastavu</i>  | <i>prema rastvorljivosti</i>                            | <i>prema biološkoj ulozi</i>                | <i>prema obliku molekula</i>                                      |
| <b>PROSTI</b><br>(izgrađeni isključivo od aminokiselina)            | <b>rastvorni u vodi</b><br>(albumini)                   | <b>ENZIMI</b><br>(hidrolaze)                | <b>FIBRILARNI</b><br>(imaju izdužene oblike)                      |
|   | <b>rastvorni u NaCl</b><br>(globulini)                  | <b>TRANSPORTNI</b><br>(hemoglobin, albumin) |   |
|   | <b>rastvorni u slabim kiselinama HCl</b><br>(glutelini) | <b>SKLADIŠNI</b><br>(kazein)                |   |
| <b>KONTRAKTILNI</b><br>(dinein)                                     |   |   |   |
| <b>SLOŽENI</b><br>(sadrže i neko drugo organsko jedinjenje ili jon) | <b>rastvorni u slabim bazama</b> (glutelini)            | <b>ZAŠTITNI</b><br>(antitela)               | <b>GLOBULARNI</b><br>(izuvijani su i daju sferni- loptasti oblik) |
|   |   | <b>HORMONI</b><br>(insulin)                 |   |
|   | <b>rastvorni u alkoholu</b><br>(prolamini)              | <b>TOKSINI</b><br>(zmijski otrov)           |   |
| <b>nisu rastvorni</b><br>(kolageni i elastini)                      | <b>STRUKTURNI</b><br>(alfa-keratin)                     |   |   |

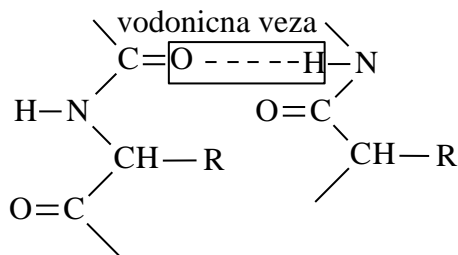


## STRUKTURA PROTEINA

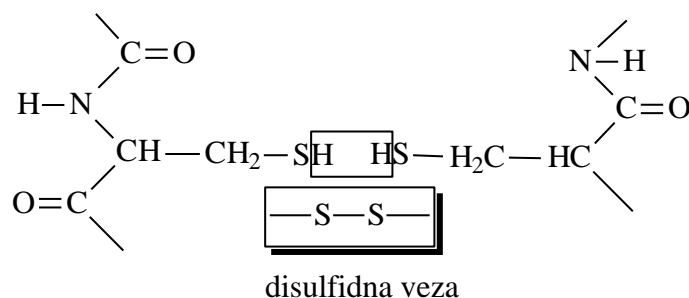


- Kod proteina, razlikuju se 4 strukture:

- Primarna struktura**- redosled aminokiselina u polipeptidnom lancu s tim da su ukupne osobine određene i veličinom molekula odnosno vrstama aminokiselina koje se javljaju.
- Sekundarna struktura**- predstavlja način savijanja polipeptidnog lanca oko zamišljene ose pri čemu dolazi do građenja vodoničnih veza koje stabilizuju jedinjenja. Vodonične veze se stvaraju između peptidnih veza koje su jedna naspram druge.



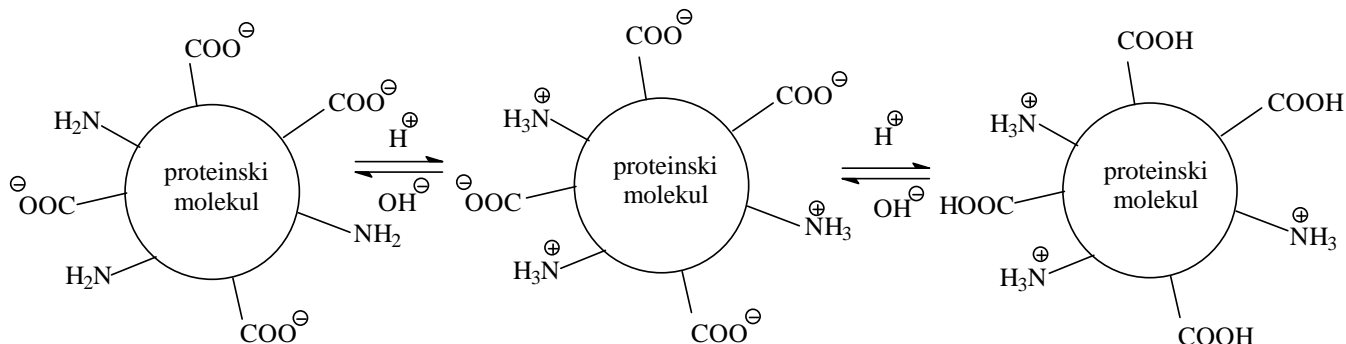
- Tercijarna struktura**- javlja se usled prostornog savijanja polipeptidnog lanca, usled čega dolazi do građenja novih veza između funkcionalnih grupa i bočnog niza (disulfidne, jonske, hidrofobne...)



- Kvaternerna struktura**- predstavlja uzajamni prostorni položaj svakog molekula. Stabilizuje se građenjem novih veza ili međumolekulskim silama, pri čemu svaka struktura ima karakterističnu tercijarnu strukturu (primer: hemoglobin)

## OSOBI NE PROTEINA

- Svaki protein se, bez obzira na aminokiselinski sastav, može podešavanjem pH rastvora prevesti u oblik u kome je zbir pozitivnog i negativnog naelektrisanja jednak, pri čemu je molekul u celini nenaelektrisan.
- Ovo pH se označava kao **izoelektrično pH** ili **izoelektrična tačka**, a njegova vrednost je karakteristična za svaki protein pojedinačno.



- Proteini grade koloidne rastvore.
- Postoje mnoge metode za njihovo razdvajanje i određivanje:
  1. **Elektroforeza**- metoda razdvajanja proteina iz smeše i za njihovo pojedinačno određivanje.
  2. **Dijaliza**- proces razdvajanja koloidnih rastvora i pravih rastvora pomoću polupropustljive membrane.
  3. **Taloženje**- a) povratno (nema promene u strukturi proteina)  
b) nepovratno (menja se struktura)

### Hemijske osobine proteina

1. **Hidroliza**- proces hidolize od proteina do aminokiselina (kisela, bazna);
2. **Biuretska reakcija**- reakcija koja se odvija na slobodnim bočnim nizovima aminokiselinskih ostataka; izvodi se dejstvom alkalnog rastvora bakar-sulfata na proteine pri čemu se stvara kompleksno jedinjenje bakra plavoljubičaste boje.
3. **Ksanto-proteinska reakcija**- izvodi se dodatkom azotne kiseline ( $\text{HNO}_3$ ), pri čemu nastaje nitro-prizvod od aminokiselina sa aromatičnim jezgrom.
4. **Cisteinska reakcija**- izvodi se delovanjem proteina sa dvovalentnim jonima olova, pri čemu dolazi do stvaranja olovo-sulfida ( $\text{PbS}$ ).

#### VIDEO

*Denaturacija proteina delovanjem toplote*  
*Denaturacija proteina jakim kiselinama*  
*Biuretska reakcija – dokazivanje peptidne veze*

## ENZIMI

- Katalizatori tj. specifični proteini.
- Naziv potiče od grčkih reči *en-* u i *zyme-* kvasac.
- Odlikuju se znatno jakom katalitičkom moći i visokom specifičnošću.
- Danas poznato preko 2000 enzima, ali broj nije konačan.

### Podela enzima

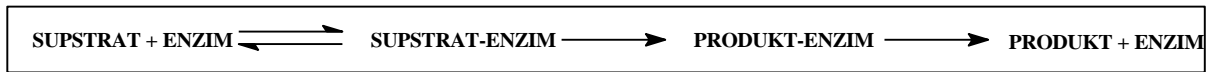
- Enzimi se prema biohemijskim reakcijama mogu podeliti u 6 grupa:
  1. **Oksidoreduktaze**- regulišu reakcije oksido-redukcije;
  2. **Transferaze**- katalizuju prenošenje različitih funkcionalnih grupa;
  3. **Hidrolaze**- katalizuju procese hidrolize;
  4. **Liaze**- katalizuju adicije na dvostruke veze;
  5. **Izomeraze**- katalizuju procese izomerije;
  6. **Ligaze (sintetaze)**- katalizuju procese stvaranja novih veza.

### Sastav i struktura enzima

- Enzimi imaju proteinski sastav, pa prema tome mogu biti:
  1. **Prosti enzimi**- imaju samo proteinski deo u svojoj strukturi;
  2. **Složeni enzimi**- pored proteinskog dela imaju i neka druga jedinjenja koja se zovu **koenzimi**.
- Prema strukturi postoji:
  1. **Primarna struktura**
  2. **Sekundarna struktura**
  3. **Tercijarna struktura**
  4. **Kvaternerna struktura**
- Grade koloidne rastvore (koloidi), vrste rastvora od 1 do 100 mm.
- Termostabilne supstance.

### Mehanizam delovanja enzima

- Enzimi pripadaju katalizatorima (snižavaju aktivacionu energiju hemijske reakcije).
- Supstanca koja počinje hemijsku reakciju sa enzimom je **supstrat**.
- Specifičnost delovanja



### Faktori koji utiču na aktivnost enzima

1. **Koncentracija supstrata**- Sa porastom koncentracije dolazi do pomeranja ravnoteže udesno; efikasnost je veća- može ići do određene koncentracije dok se svi enzimi ne zasite i onda je efikasnost konstantna.
2. **Temperatura**- optimalna temperatura na kojoj će efikasnost biti zadovoljavajuća, a enzimi će imati stabilnost. Sa padom temperature efikasnost se smanjuje, a sa porastom temperature efikasnost se povećava, ali se smanjuje stabilnost enzima.
3. **pH vrednost**- svaki enzim ima optimalnu pH vrednost gde je najveća efikasnost; pH vrednost zavisi od strukture bočnih nizova aminokiselina aktivnog centra; na optimalnoj pH aminokiseline aktivnog centra treba da su u jonskom obliku.
4. **Aktivatori**- supstance (joni teških metala i organska jedinjenja) koji povećavaju efikasnost enzima na taj način što ubrzavaju stvaranje pravilnog prostornog oblika aktivnog centra.
5. **Inhibitori**- uvek smanjuju efikasnost enzima. Njihovo delovanje može biti:
  - a) **Reversno**- Kod reversnih inhibitora razlikujemo 2 grupe:
    1. *Konkurentni*- imaju oblik molekula sličan supstratu, tako da se mogu vezati za aktivni centar enzima. Njihovo delovanje se suzbija povećanjem koncentracije supstrata.
    2. *Nekonkurentni* privremeno odnosno kratkotrajno menjaju prostorni oblik aktivnog centra, ali se brzo uklanjaju sa promenom pH vrednosti rastvora.
  - b) **Ireversno**- Ireversni inhibitori trajno remete sekundarnu i tercijarnu strukturu proteinskog dela enzima i time se gubi biološka aktivnost.

**PITANJA ZA TEMU PROTEINI**

1. Šta su proteini? Opšte karakteristike proteina.
2. Šta su aminokiseline? Opšte karakteristike aminokiselina.
3. Osnovni delovi aminokiselina.
  
4. Podela aminokiselina prema prirodi bočnog niza.
5. Strukture aminokiselina kao i njihove troslovne skraćenice.
6. Nепroteiske aminokiseline (nabrojati).
7. Šta su esencijalne aminokiseline? Nabrojati ih.
  
8. Fizičke osobine aminokiselina.
9. Kiselo-bazne osobine aminokiselina (objasniti).
10. Šta je cviter-jon? Objasniti na primeru jedne aminokiseline.
  
11. Koje sve hemijske reakcije aminokiselina postoje?
12. Reakcije na karboksilnoj grupi (napisati reakcije).
13. Reakcije na amino grupi (napisati reakcije).
14. Reakcije bočnog niza (napisati reakcije).
15. Zajedničke reakcije karboksilne i amino grupe. Šta su peptidi?
16. Kako nastaju peptidi? Napisati primer.
17. Šta su oligopeptidi? Navesti primer.
18. Šta su polipeptidi? Navesti primer.
  
19. Šta su proteini? Navesti primer.
20. Podela proteina (prema sastavu, rastvorljivosti, obliku molekula i biološkoj ulozi).
  
21. Primarna struktura proteina.
22. Sekundarna struktura proteina.
23. Tercijarna struktura proteina.
24. Kvaternarna struktura proteina.
25. Šta je izoelektrična tačka?
26. Metode za odvajanje i određivanje proteina (elektroforeza, taloženje, dijaliza).
  
27. Hemijske osobine proteina- hidroliza.
28. Hemijske osobine proteina- biuretska reakcija.
29. Hemijske osobine proteina- ksanto-proteinska reakcija.
30. Hemijske osobine proteina- cisteinska reakcija.
  
31. Enzimi- opšte karakteristike.
32. Podela enzima prema biohemijskim reakcijama.
33. Sastav i struktura enzima.
34. Mehanizam delovanja enzima.
35. Faktori koji utiču na aktivnost enzima (koncentracija, temperatura, pH, aktivatori, inhibitori).