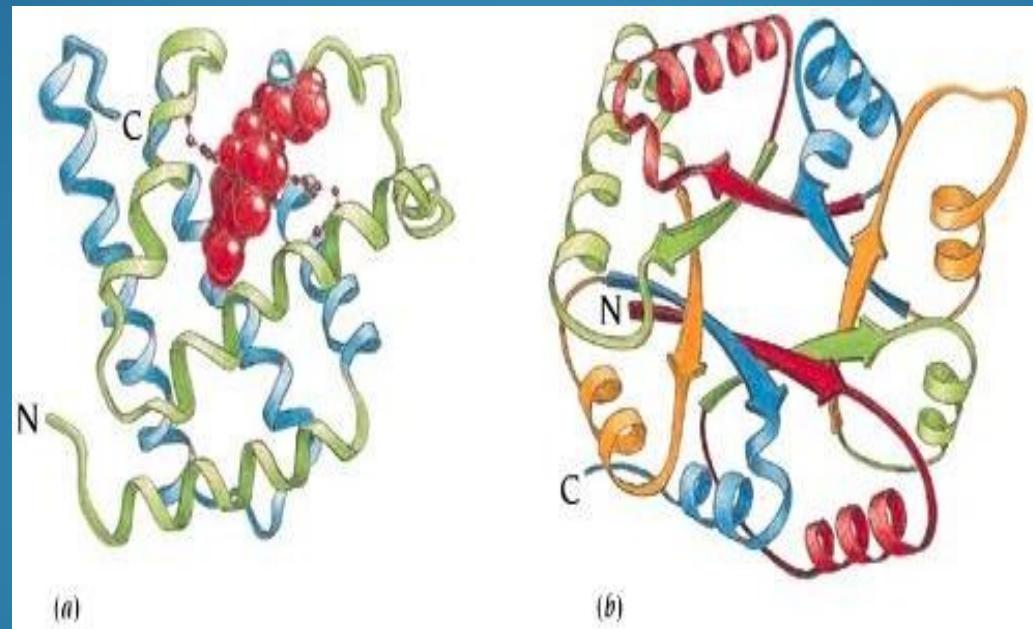


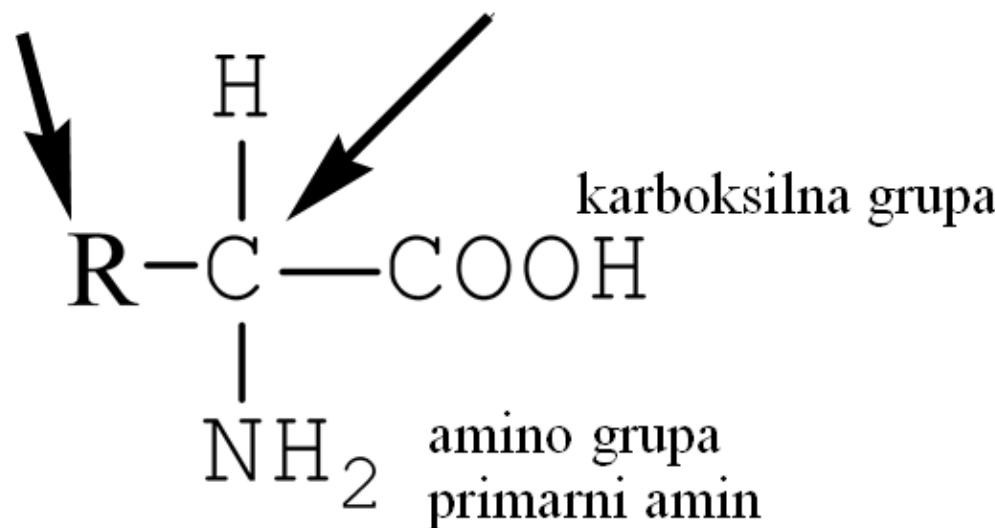
# PROTEINI AMINOKISELINE



## **OPŠTA FORMULA:**

bocni niz

ugljenikov asimetrični atom



- Izvode se iz karboksilnih kiselina zamenom jednog atoma vodonika u ugljovodoničnom ostatku amino grupom ( $-\text{NH}_2$ )

## PODELA AMINOKISELINA

- prema karakteru ugljovodničnog radikala dele se na aciklične, ciklične i heterociklične
- prema broju funkcionalnih grupa dele se na monoamino monokarboksilne, diamino monokarboksilne, monoamino dikarboksilne itd.
- Prema karakteru i osobinama bočnog niza
- Nutritivna podela (esencijalne)
- prema položaju  $\text{NH}_2$ -grupe u odnosu na  $\text{COOH}$ -grupu na  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$  i druge amino kiseline.

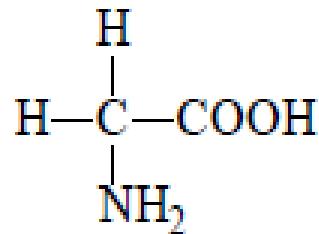
- Postoji veliki broj amino kiselina.
- Iz prirodnih jedinjenja izolovano je oko 200 različitih amino kiselina.
- U izgradnji proteina učestvuje 20 amino kiselina i to uvek  $\alpha$ - amino kiseline.
- To su **PROTEINSKE AMINOKISELINE.**
- Bočni niz ovih kiselina ima bitan uticaj na ponašanje slobodnih amino kiselina i na strukturu i osobine peptida i proteina.

## OSOBINE $\alpha$ -AMINOKISELINA KOJE SU VAŽNE ZA ODREĐIVANJE OSOBINA POLIPEPTIDA

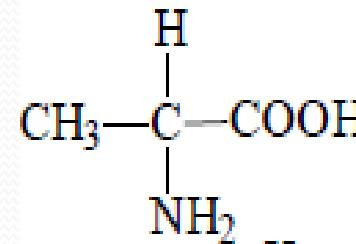
- Aminokiseline imaju sličnu strukturu
- Različite hemijske osobine aminokiselina su rezultat različitih hemijskih osobina bočnog niza R
- Na osnovu ovih osobina aminokiseline se mogu podeliti na:
  - nepolarne,
  - aromatične,
  - polarne,
  - pozitivno nanelektrisane i negativno nanelektrisane
- Aminokiseline disociraju u vodenim rastvorima

- Podela se najčešće vrši prema strukturi i osobinama bočnog niza.

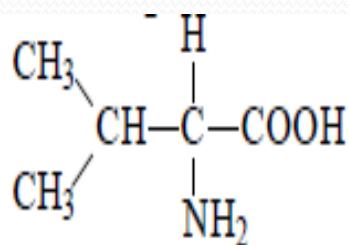
## 1. Sa alifatičnim bočnim nizom



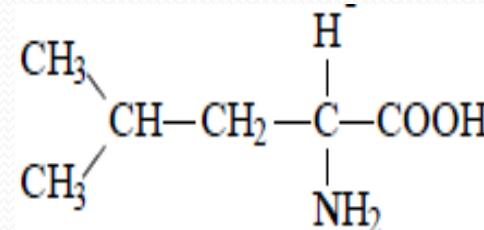
glicin (Gly,  
(aminoetanska kiselina)



Alanin (Ala,  
(2-aminopropanska kiselina)

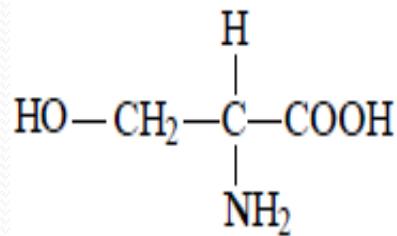


Valin (Val,  
(3-metil-2-aminobutanska kiselina)

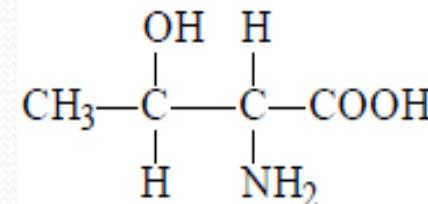


Leucin (Leu,  
(4-metil-2-aminopentanska kiselina)

## 2. Sa bočnim nizom koji sadrži OH-grupu

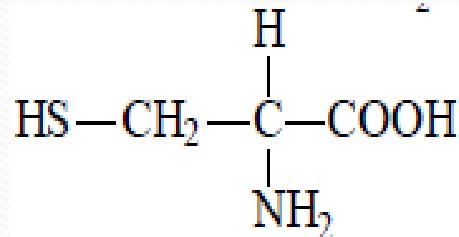


Serin (Ser)

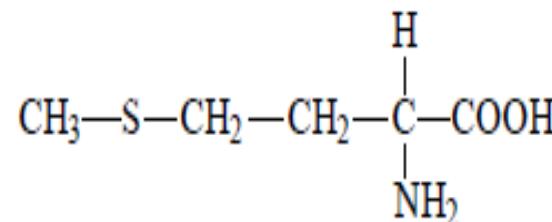


Treonin (Thr)

## 3. Sa bočnim nizom koji sadrži sumpor

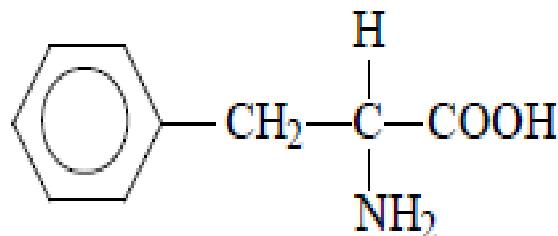


Cistein (Cysh)

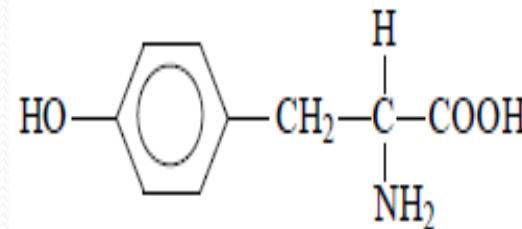


Metionin (Met)

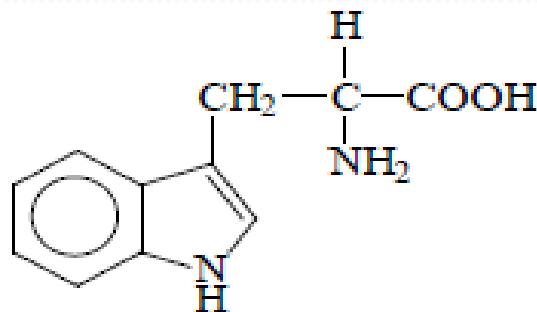
#### *4. Sa aromatičnim prstenom*



Fenilalanin (Phe)

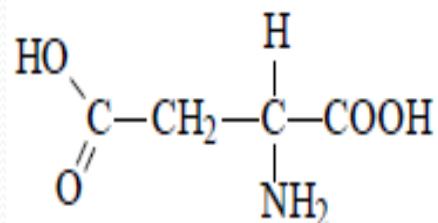


Tirozin (Tyr)

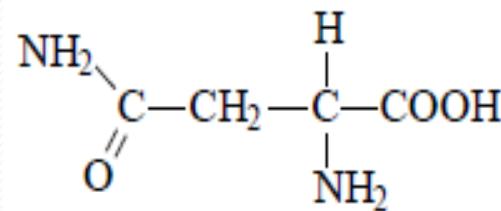


Triptofan (Trp)

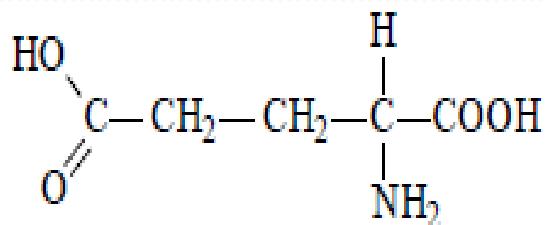
*5. Sa bočnim nizom koji sadrži COOH-grupu ili njihove amide*



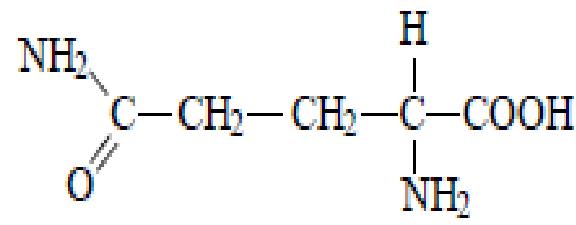
Asparaginska kiselina (Asp)



Asparagin (Asn)

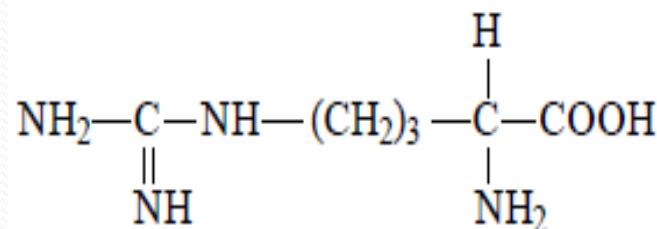


Glutaminska kiselina (Glu)

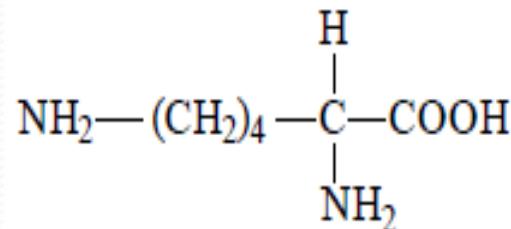


Glutamin (Gln)

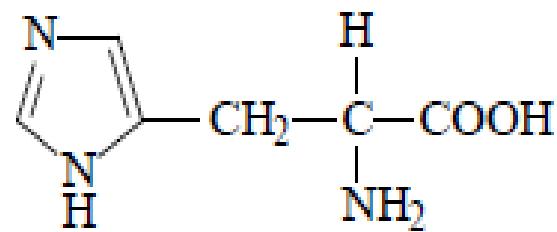
## *6. Sa bočnim nizom koji sadrži bazne funkcionalne grupe*



Arginin (Arg)

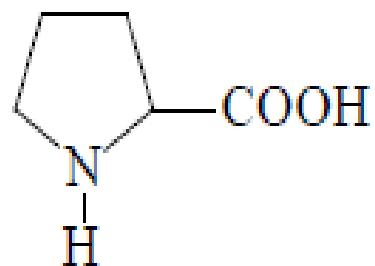


Lizin (Lys)



Histidin (His)

## 7. Imino kiseline

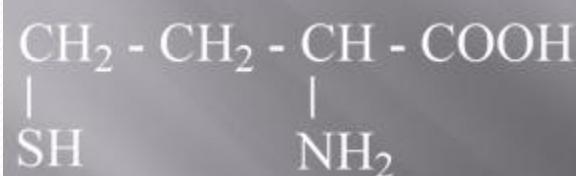


Prolin (Pro,

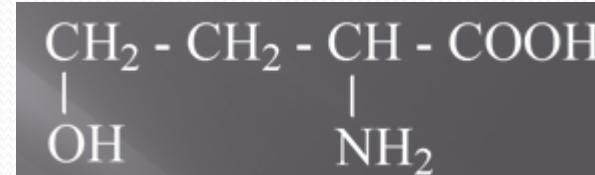
- Na osnovu strukture bočnog niza, mogu se podeliti i na:
  1. **Neutralne** (monoamino-monokarboksilne): Gly, Ala, Val, Leu, Ile, Phe, Tyr, Trp, Asn, Gln, Pro, Ser, Thr, Cys, Met
  1. **Kisele** (monoamino-dikarboksilne): Glu, Asp
  2. **Bazne** (diamino-monokarboksilne): Lys, His, Arg
- Aminokiseline i proteini se sintetišu u svim biološkim sistemima, ali mnogi organizmi nisu sposobni da sintetišu sve amino kiseline. Na osnovu te sposobnosti, amino kiseline se dele na:
  1. **Esencijalne:** (ne mogu se sintetizovati, unose se hranom): Val, Leu, Ile, Phe, Trp, Thr, Met, Lys, His, Arg
  2. **Neesencijalne:** Gly, Ala, Ser, Asp, Asn, Glu, Gln, Tyr,

## NEPROTEINSKE AMINOKISELINE

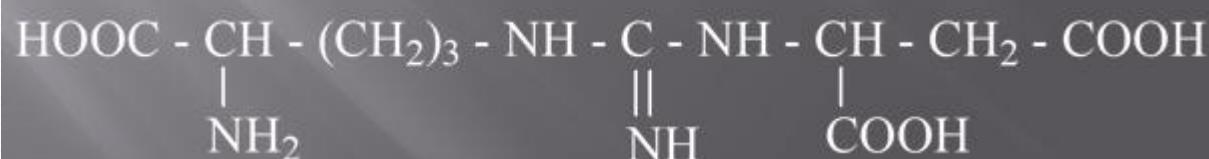
- Ne učestvuju u izgradnji proteina, ali se javljaju kao intermedijerni proizvodi metabolizma
- Sastavni delovi složenih molekula ili antibiotika.



Homocistein



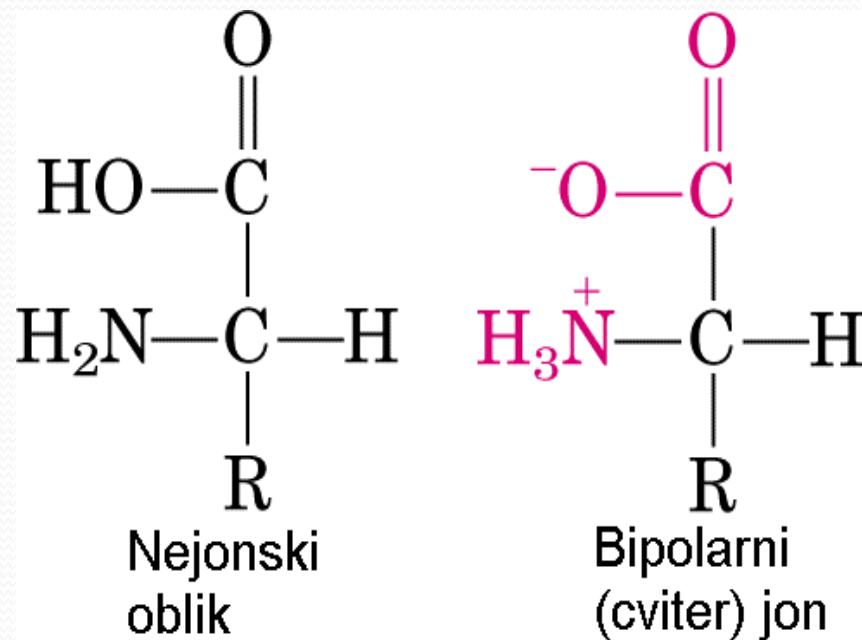
Homoserin



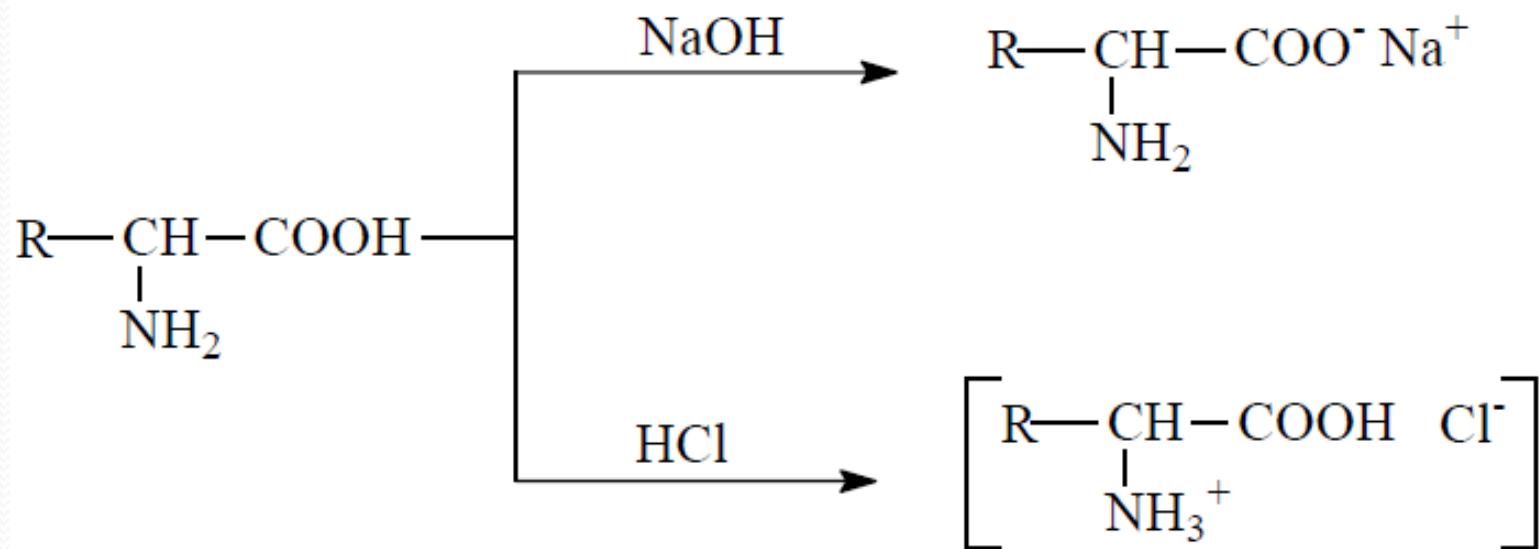
Arginoćilibarna kiselina

## OSOBINE AMINOKISELINA

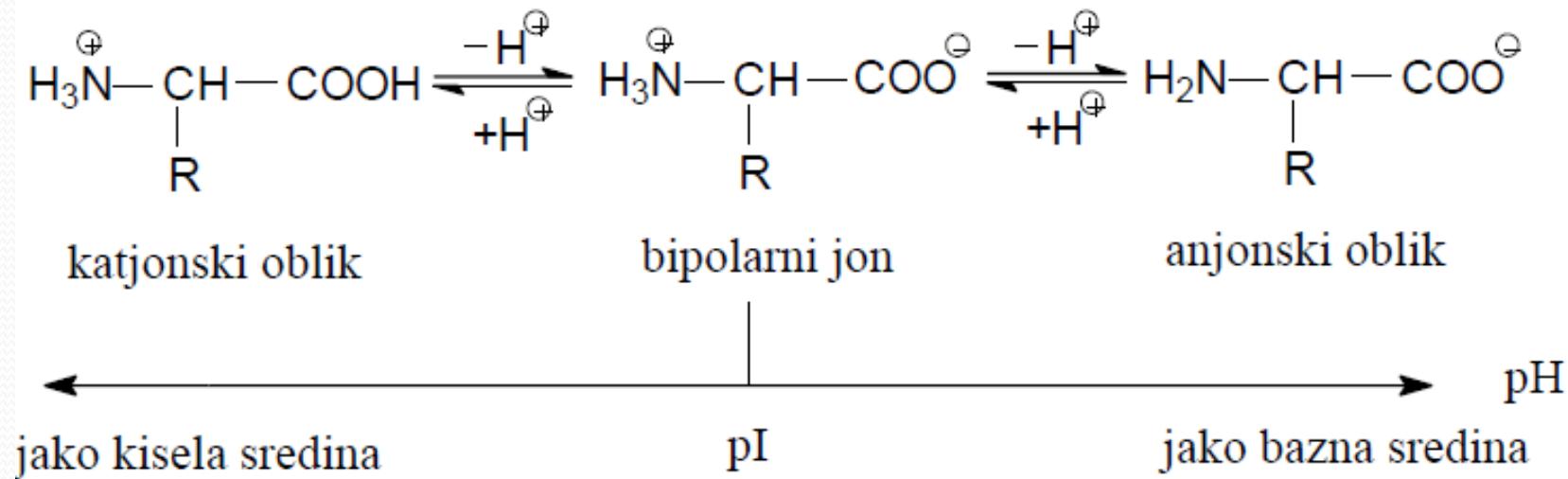
- Sadrže i kiselu ( $\text{COOH}$ -grupu) i baznu ( $\text{NH}_2$ -grupu) koje podležu intramolekulskoj reakciji
- I u čvrstom stanju postoje u obliku dipolarnog jona



- Dipolarni jon je vrsta unutrašnje soli – amino kiseline su amfoterna jedinjenja.



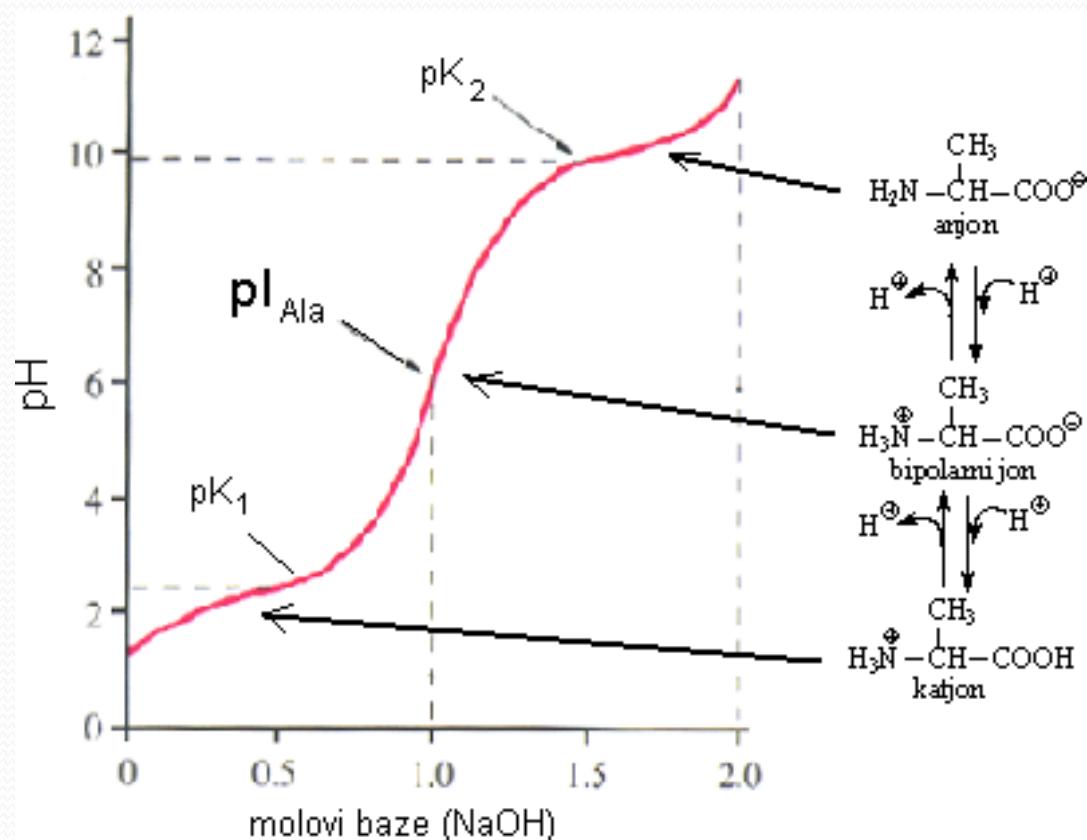
- U vodenom rastvoru postoji ravnoteža između dipolarnog jona, katjonskog i anjonskog oblika amino kiselina:



U kom obliku će se naći neka amino kiselina, zavisi od pH- vrednosti sredine:

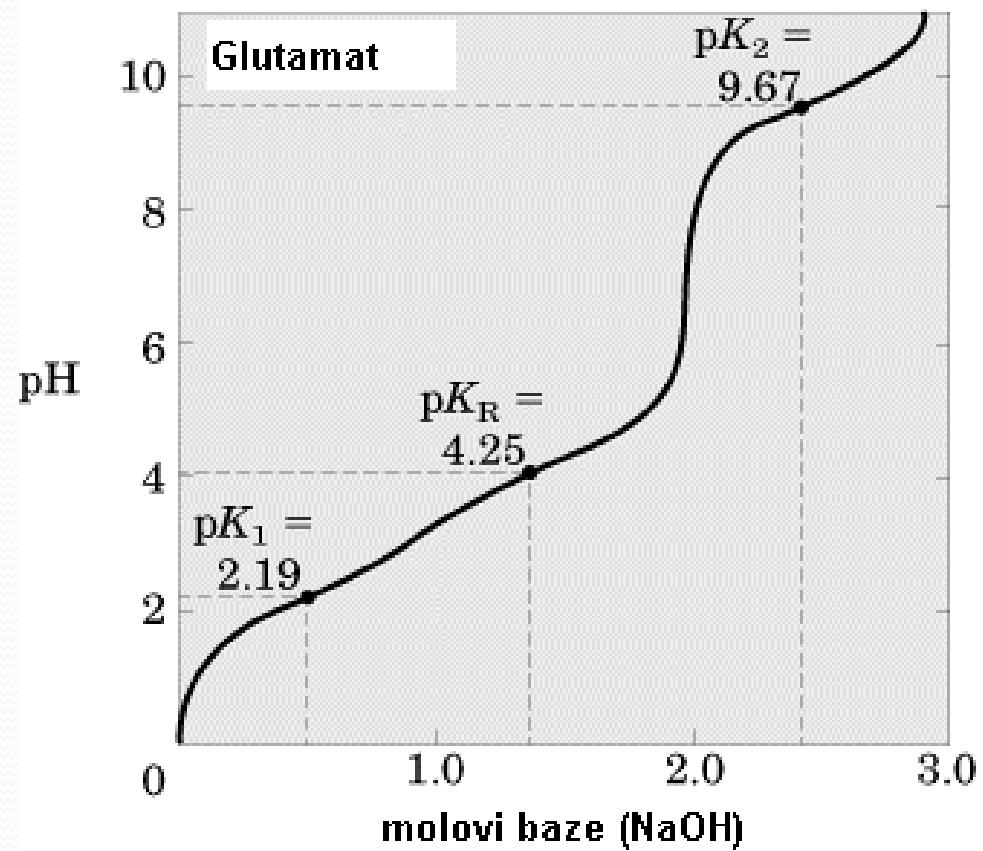
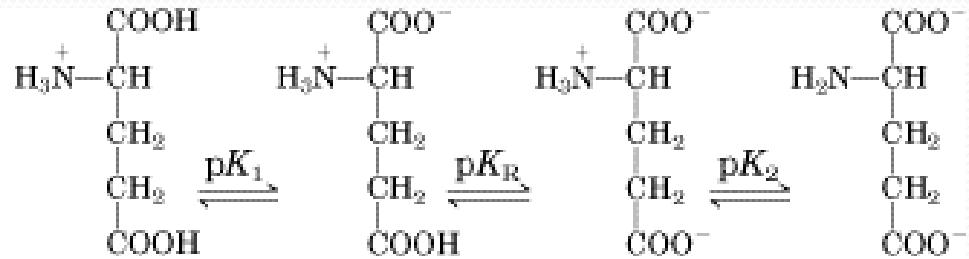
- Jako kisela sredina – sve amino kiseline se nalaze u obliku katjona
  - Jako bazna sredina – sve amino kiseline se nalaze u obliku anjona.

- **IZOELEKTRIČNA TACKA (pI)** – pH-vrednost na kojoj je broj negativnih nanelektrisanja u molekulu amfoternog elektrolita jednak broju pozitivnih nanelektrisanja.



# Glutaminska kiselina

- pl za glutaminsku kiselinu je 3,22
- Ona sadrži dve  $-\text{COOH}$  grupe pl je srednja vrednost  $\text{p}K_1$  i  $\text{p}K_R$



## FIZIČKE OSOBINE AMINOKISELINA

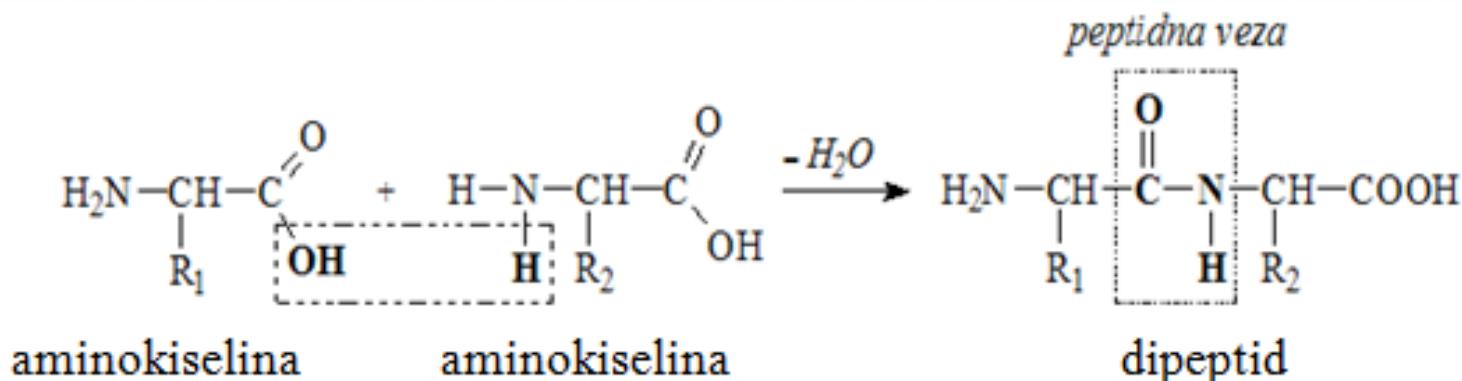
- Zbog prisustva nanelektrisanih grupa, amino kiseline su prave jonske supstance
- Čvrste supstance,
- Imaju visoke tačke topljenja
- Lako se rastvaraju u vodi i drugim polarnim rastvaračima
- Ne rastvaraju se u nepolarnim rastvaračima

## HEMIJSKE OSOBINE AMINOKISELINA

- Veoma reaktivna jedinjenja
- Reakcije kojima podležu možemo podeliti na:
  - Reakcije karboksilne grupe amino kiselina
  - Reakcije amino-grupe amino kiselina
  - Istovremene reakcije i amino-grupe, i karboksilne grupe amino kiselina
- Reakcije specifične za pojedine amino kiseline koje zavise od različitih grupa koje se nalaze u njima.

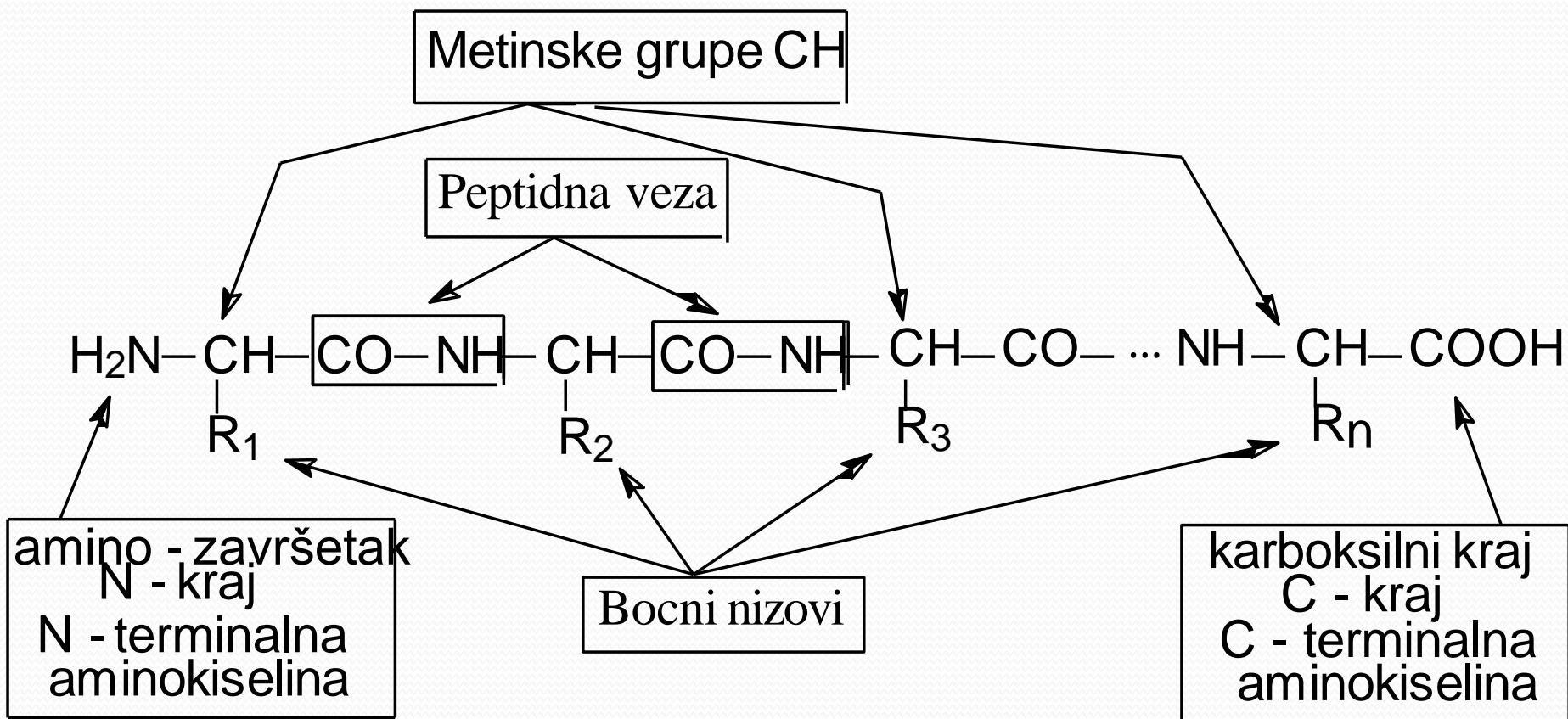
# PEPTIDI

- Nastaju međusobnom reakcijom amino grupe jedne amino kiseline sa karboksilnom grupom druge amino kiselinom.



- Peptidnom vezom može biti međusobno vezan veliki broj amino kiselina s tim što se na krajevima ovakvog niza nalaze slobodne funkcionalne grupe.
- S jedne strane se nalazi slobodna amino grupa, a sa druge strane slobodna karboksilna grupa.

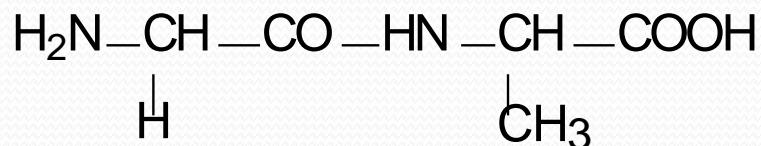
# POLIPEPTIDI



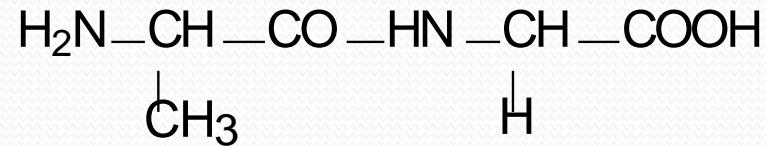
# PREDSTAVLJANJE POLIPEPTIDA

N-terminalna aminokiselina se stavlja sa leve strane a C-terminalna aminokiselina sa desne strane

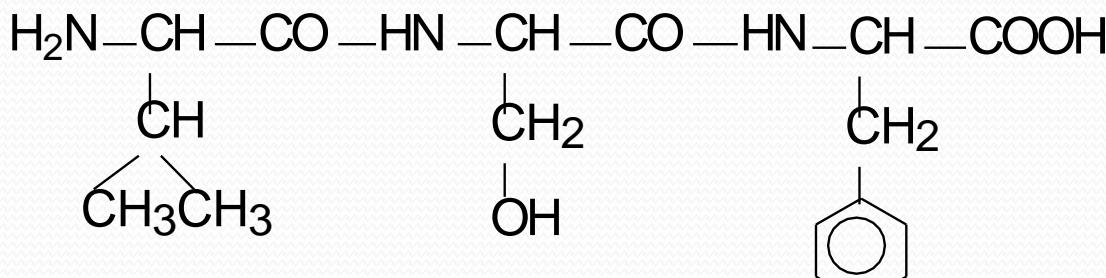
Peptidi se imenuju direktno. Polazeći od N-kraja, imena ostataka se povezuju u niz a svaki se smatra supstituentom sledeće aminokiseline i završava se C-krajem



Glicilalanin  
Gly-Ala



Alanilglicin  
Ala-Gly

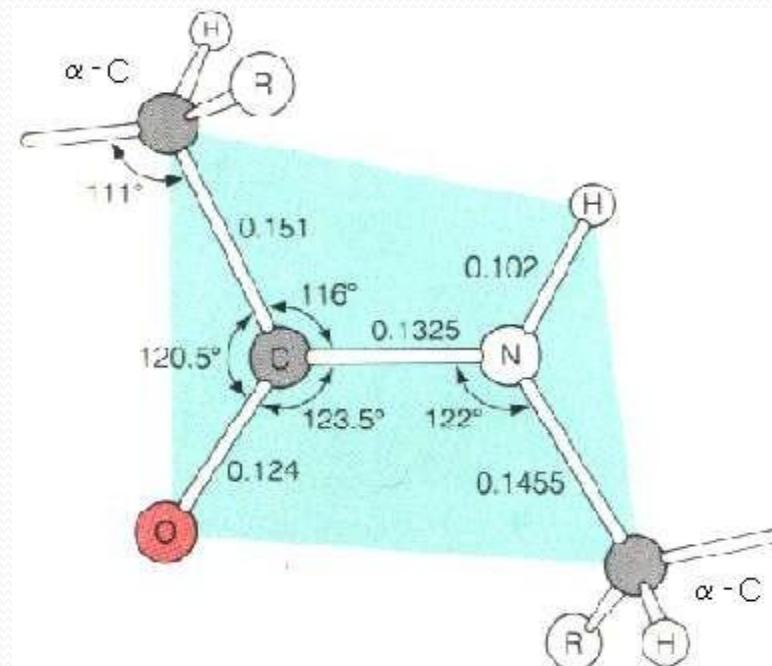


Valilserilfenilalanin  
Val-Ser-Phe

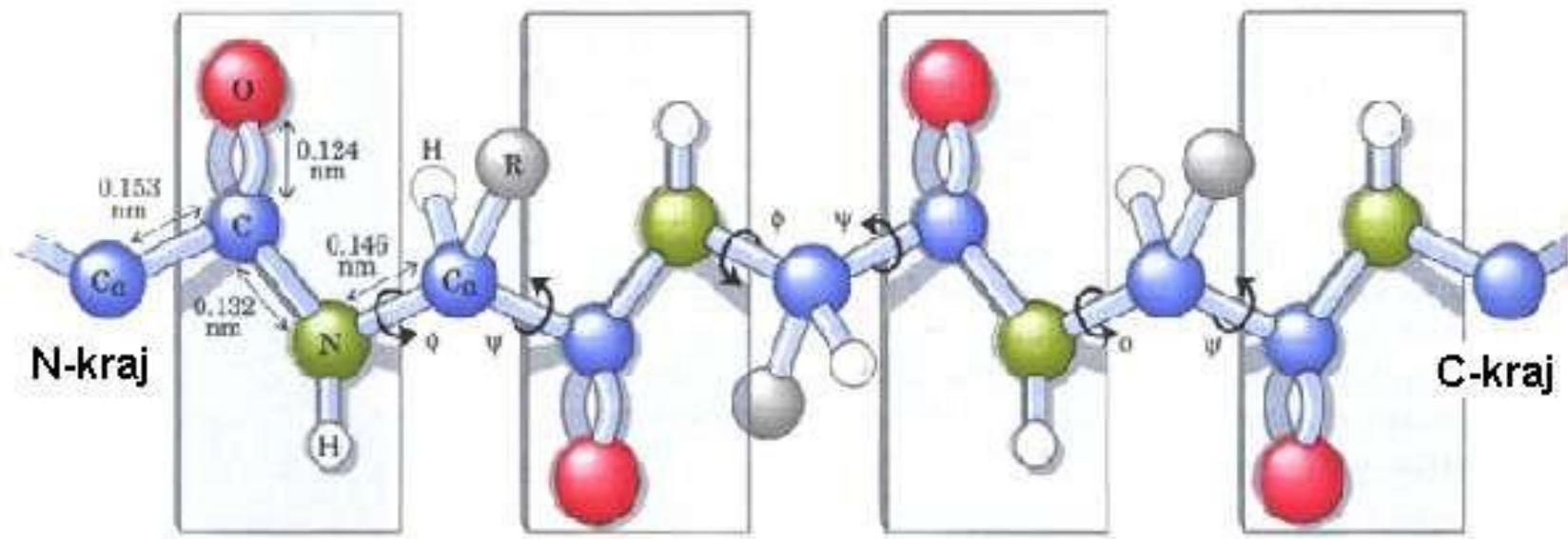
## STRUKTURA PEPTIDNE VEZE

- Peptidna veza bitno utiče na prostorni raspored atoma u molekulima peptida i proteina.
- Veza C – N pokazuje delimično osobine dvostrukе veze što je posledica delokalizacije elektronskog para sa azotovog atoma, pa je zbog toga rotacija oko nje otežana.

### IZGLED PEPTIDNE VEZE



# KRUTA I PLANARNA STRUKTURA PEPTIDNE VEZE



# PROTEINI

- Makromolekuli, sastavljeni od većeg broja amino kiselina međusobno povezanih peptidnim vezama
- Velika međusobna raznolikost – potiče od neograničenog broja kombinacija u redosledu kojim se amino kiseline međusobno vezuju.
- Npr. od 20 amino kiselina moguće je izgraditi  $20^2$  dipeptida,  $20^3$  tripeptida, itd.
- Prema funkciji dele se na:
  - ***Fibrilarni*** – uloga struktturnih elemenata u organizmu
  - ***Globularni*** – različite biohemijske funkcije (imunološka, regulaciona, genetska, biološka kataliza, respiracija, ...)

# Funkcije proteina su mnogobrojne

- Strukturni proteini (ćelijski zid)
- Zaštita (imunoglobulini)
- Kataliza (enzimi)
- Transport (hemoglobin)
- Obrana (zmijski otrov)
- Regulacija (hormoni)
- Pokreti (mioglobin)
- Za funkciju su ponekad potrebne prostetične grupe

## FIBRILARNI PROTEINI

- Sastoje se od više polipeptidnih lanaca zbijenih jedan uz drugi u dugačkim vlaknima.
- Mogu biti spiralne i  $\beta$ -strukture.
- Nerastvorni su u vodi, ali se rastvaraju u jakim kiselinama i bazama.
- Predstavljaju stukturne komponente mišića, tetiva, hrskavica, kože, kopita i rogova životinja, oklopa kornjača,...
- Spadaju:
  - Kolageni – u hrskavicama, kostima i vezivnom tkivu.
  - Elastini – proteini elastičnog tkiva
  - Keratini – u koži, vuni, dlaci, noktima, kopitama, papcima i zubnoj gleđi

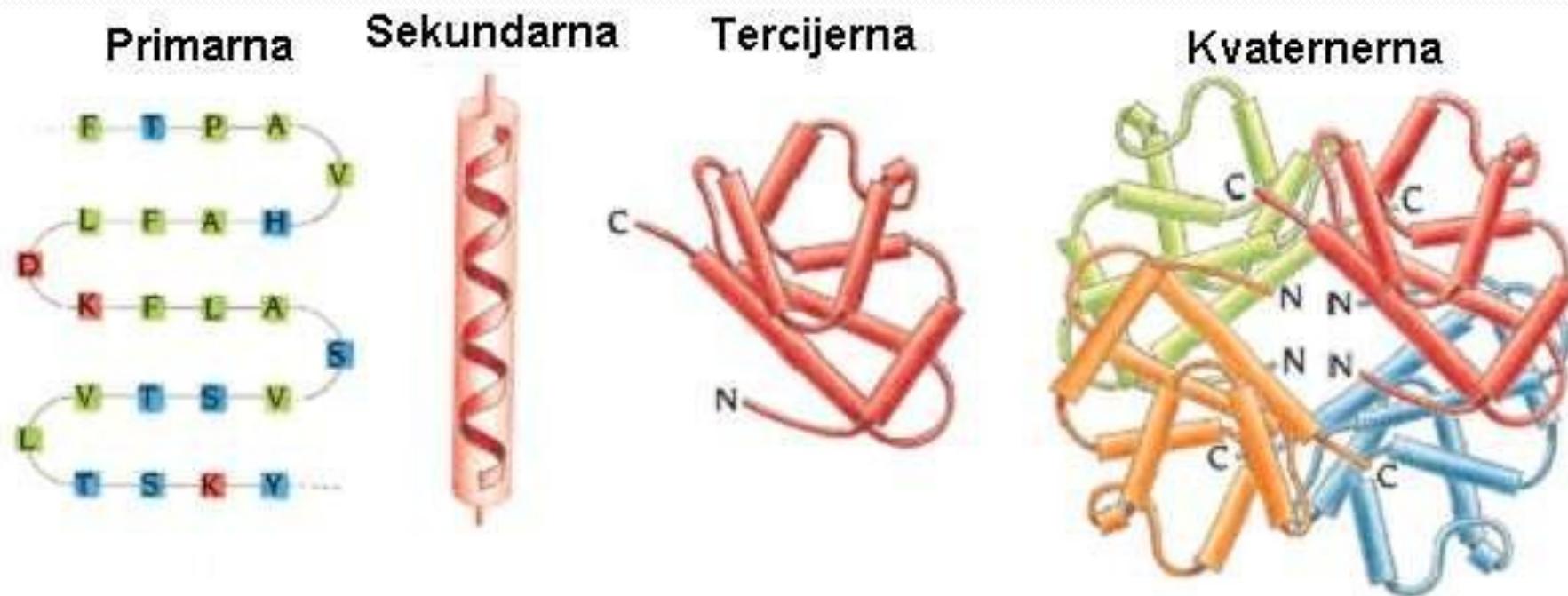
## GLOBULARNI PROTEINI

- Najčešće su uvijeni u kompaktну strukturu, približno sfernog oblika.
- Nepolarne grupe bočnih nizova amino kiselinskih ostataka grupišu se unutar globule, a polarne se orjentišu ka spoljašnjoj sredini.
- Rastvorljivi u vodi, osetljivi na promene temperature
- Spadaju:
  - Enzimi
  - Transportni proteini
  - Hormoni

# POSTOJE RAZLIČITI NIVOI STRUKTURE PROTEINA

- **Primarna struktura** (redosled povezivanja aminokiselina u polipeptidni lanac)
- **Sekundarna struktura** ( $\alpha$ -spirala,  $\beta$ - nabrana struktura)
- **Tercijarna struktura** (uvijanje polipeptida u prostoru, najstabilnija konformacija)
- **Kvaternerna struktura** (povezivanje nekoliko polipeptidnih lanaca)

# RAZLIČITI NIVOI STRUKTURE PROTEINA

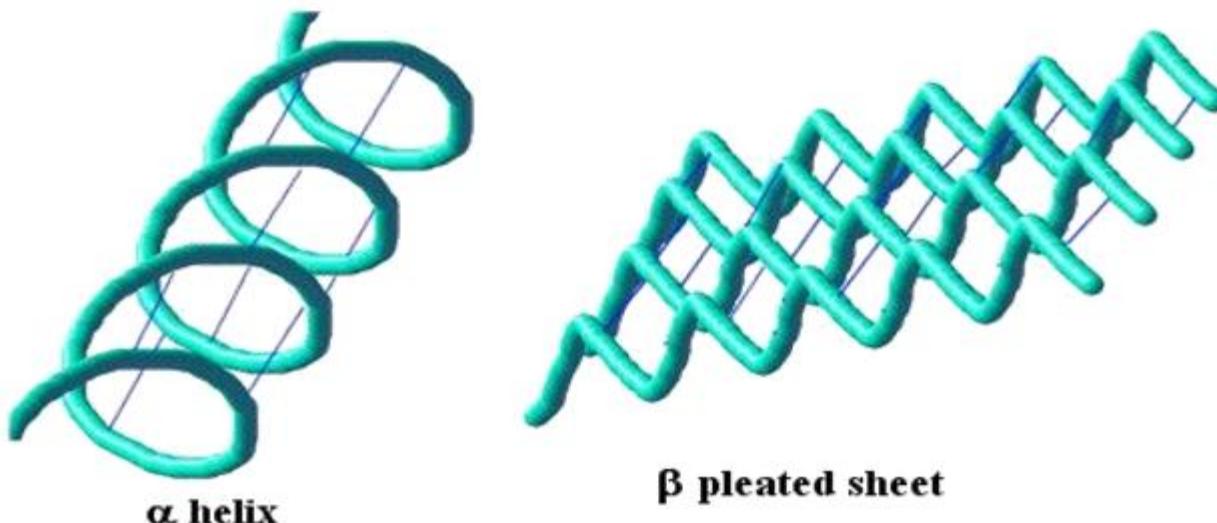


# SEKUNDARNA STRUKTURA

- Obrazuje se uglavnom na bazi stvaranja vodoničnih veza između atoma koji se nalaze u sastavu peptidne veze koji se nalaze relativno blizu u polipeptidnom lancu.
- Vodonične veze se grade između karbonilnog kiseonikovog atoma svakog prvog ostataka aminokiseline u nizu i atoma vodonika iz NH- grupe svakog petog ostataka.
- Glavni vidovi sekundarne strukture su  $\alpha$  -spirala ( $\alpha$ -heliks) i  $\beta$ - nabrana struktura.

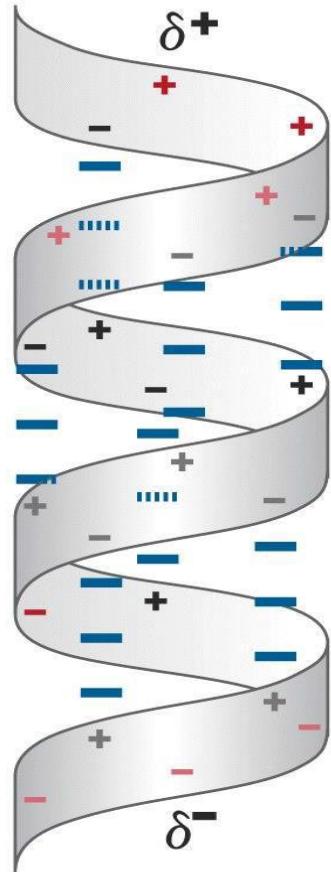
# SEKUNDARNA STRUKTURA

Vezivanje vodoničnom vezom duž **polipeptidnog lanca**

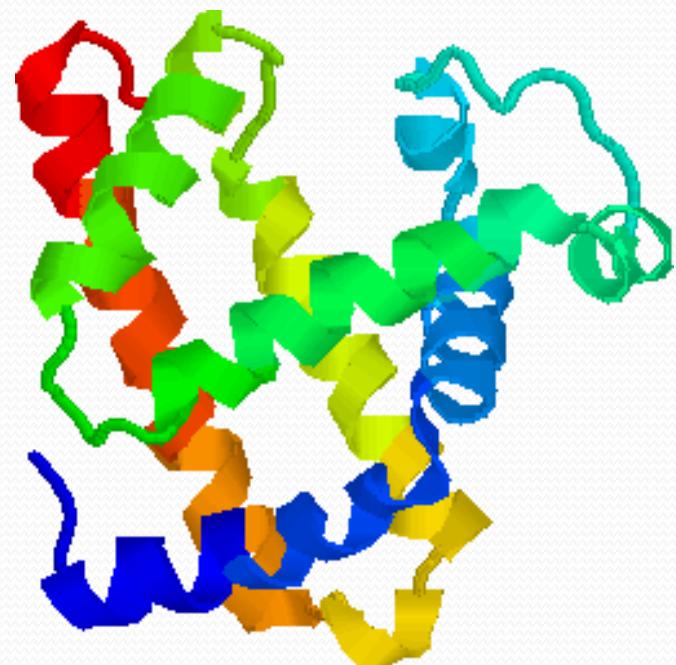


# Dipolarna priroda $\alpha$ -heliksa

Amino terminus

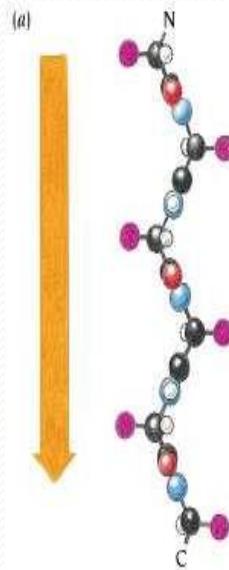


MIOGLOBIN

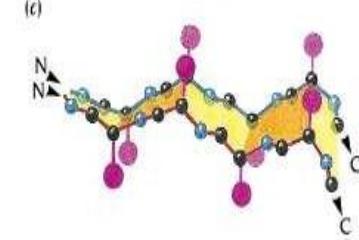
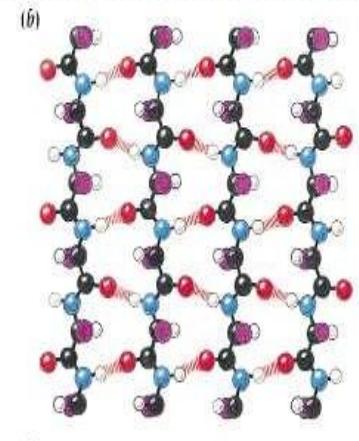
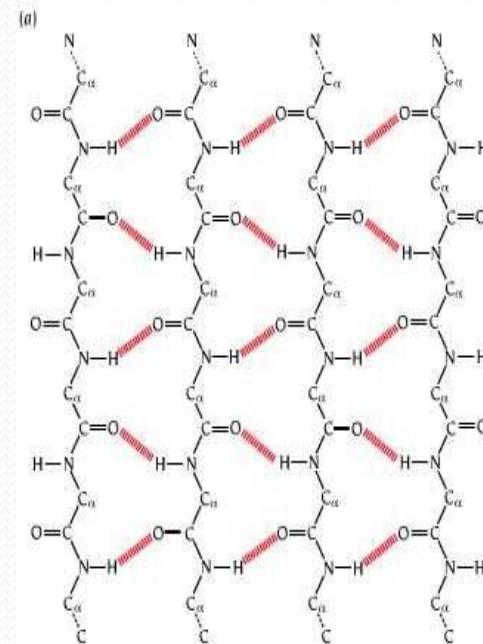
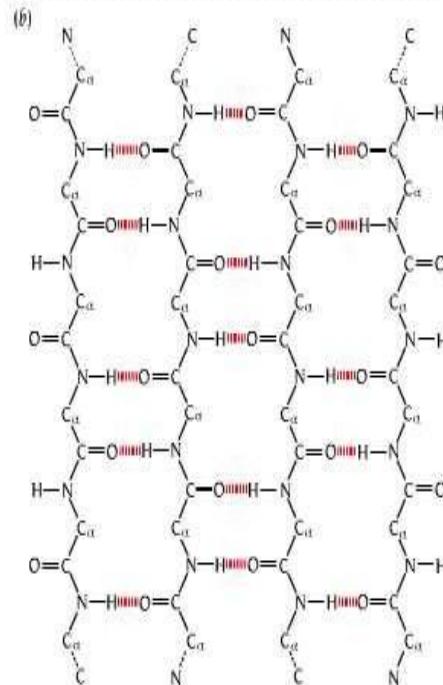


# BETA NABRANA STRUKTURA

## ANTIPARALELNA



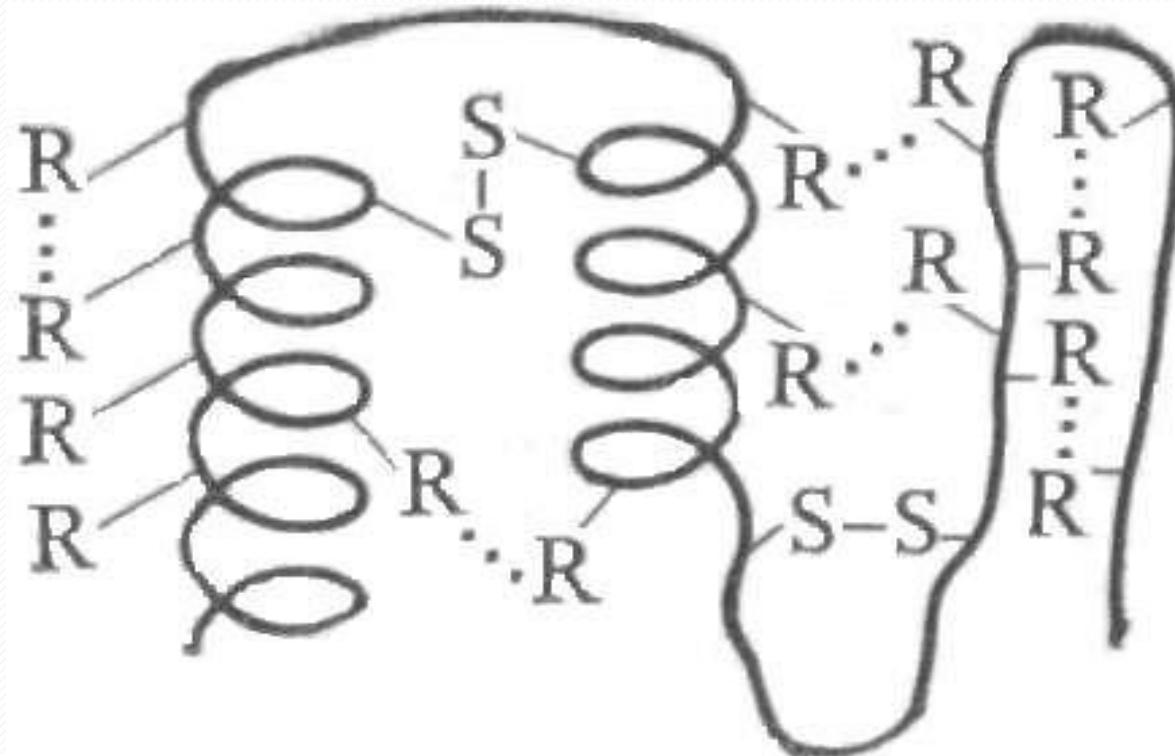
PARALELNA



## TERCIJERNA STRUKTURA

- Polipeptidni lanac, koji u sebi već sadrži delove sa sekundarnom strukturom, je sposoban da se u celini izvija u prostoru i zauzme položaj koji odgovara najstabilnijej konformaciji, pri datim uslovima, koji se naziva tercijerna struktura.
- u interakciju stupaju bočni nizovi ostataka aminokiselina koji su u polipeptidnom lancu dosta udaljeni jedan od drugoga

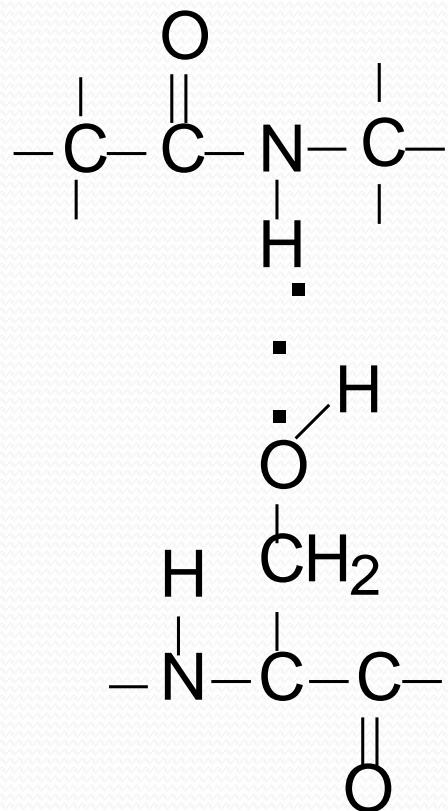
# INTERAKCIJE BOČNIH NIZOVA



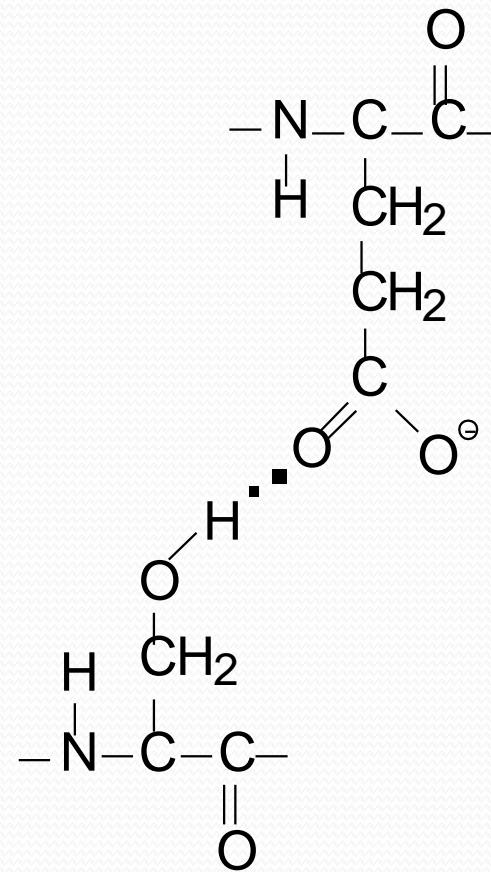
# U stabilizaciji tercijerne strukture proteina pored vodonične veze veliku ulogu i drugi vidovi interakcije bočnih nizova

- Elektrostatičke interakcije
- Hidrofobne interakcije
- Kovalentne veze (disulfidne veze)

## VODONIČNE VEZE

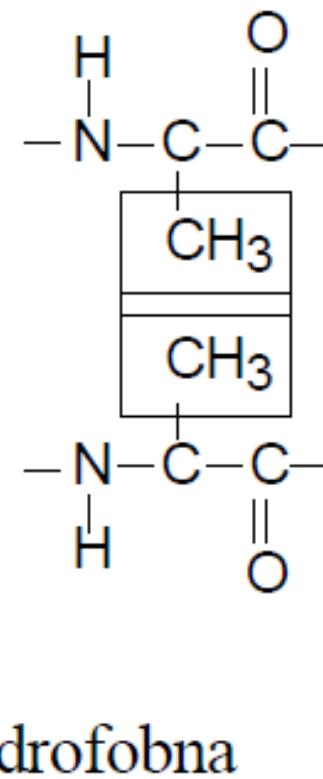
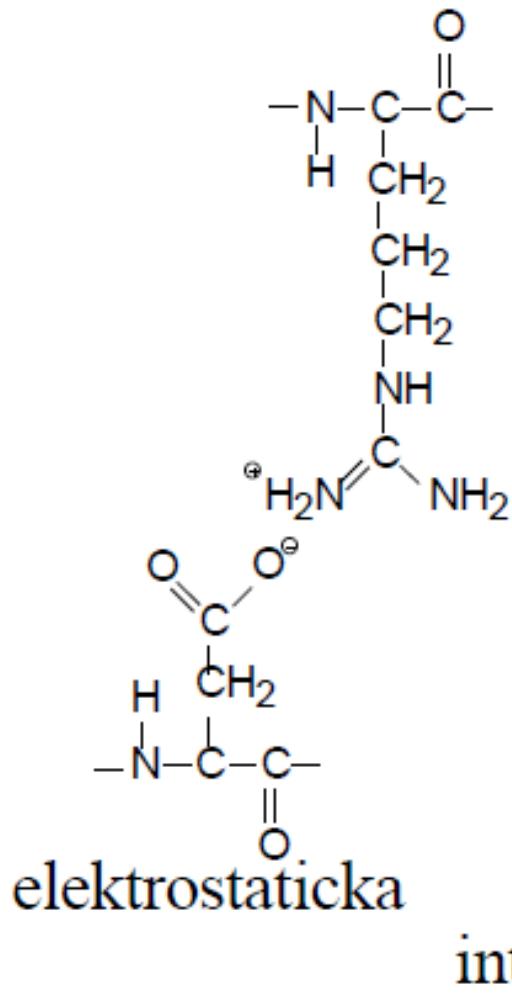


izmedju atoma peptidne veze i  
bocnog niza aminokiselina

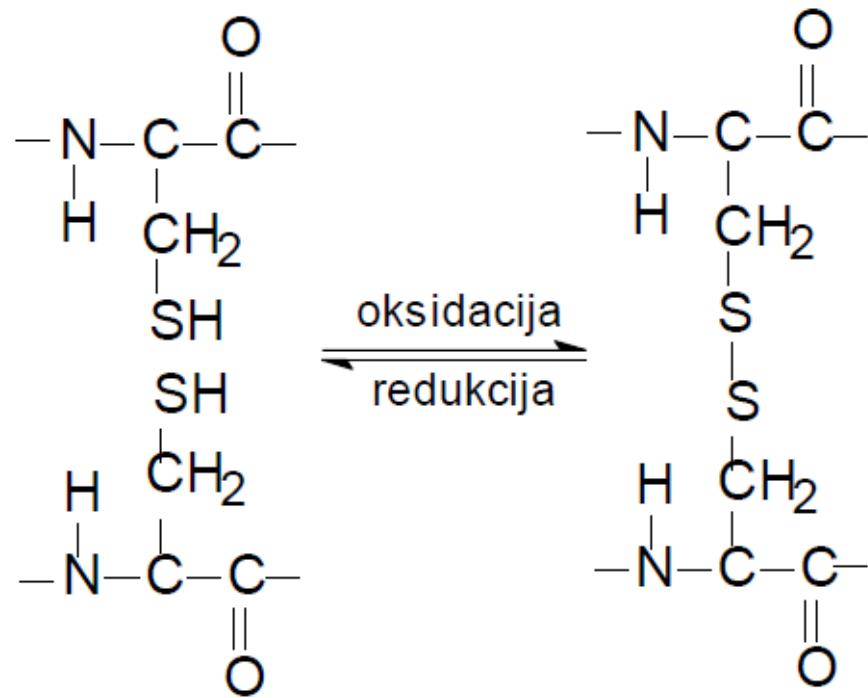


izmedju dva bocna niza  
aminokiselina

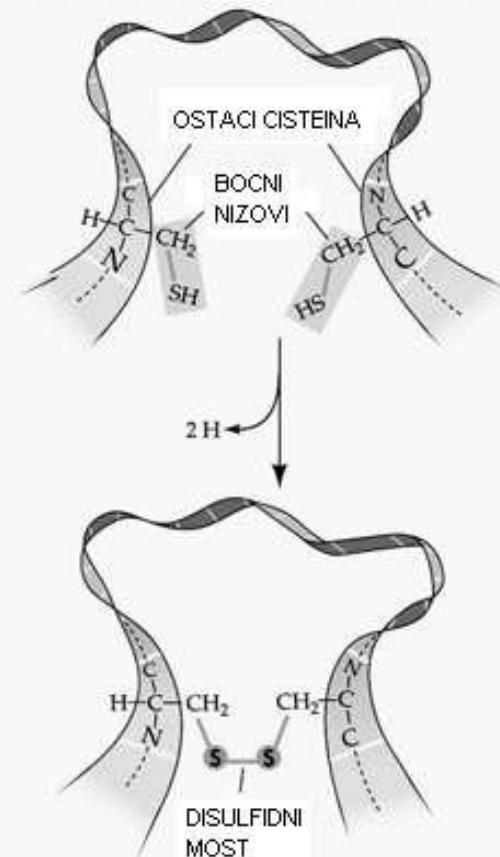
# Elektrostatičke i hidrofobne interakcije



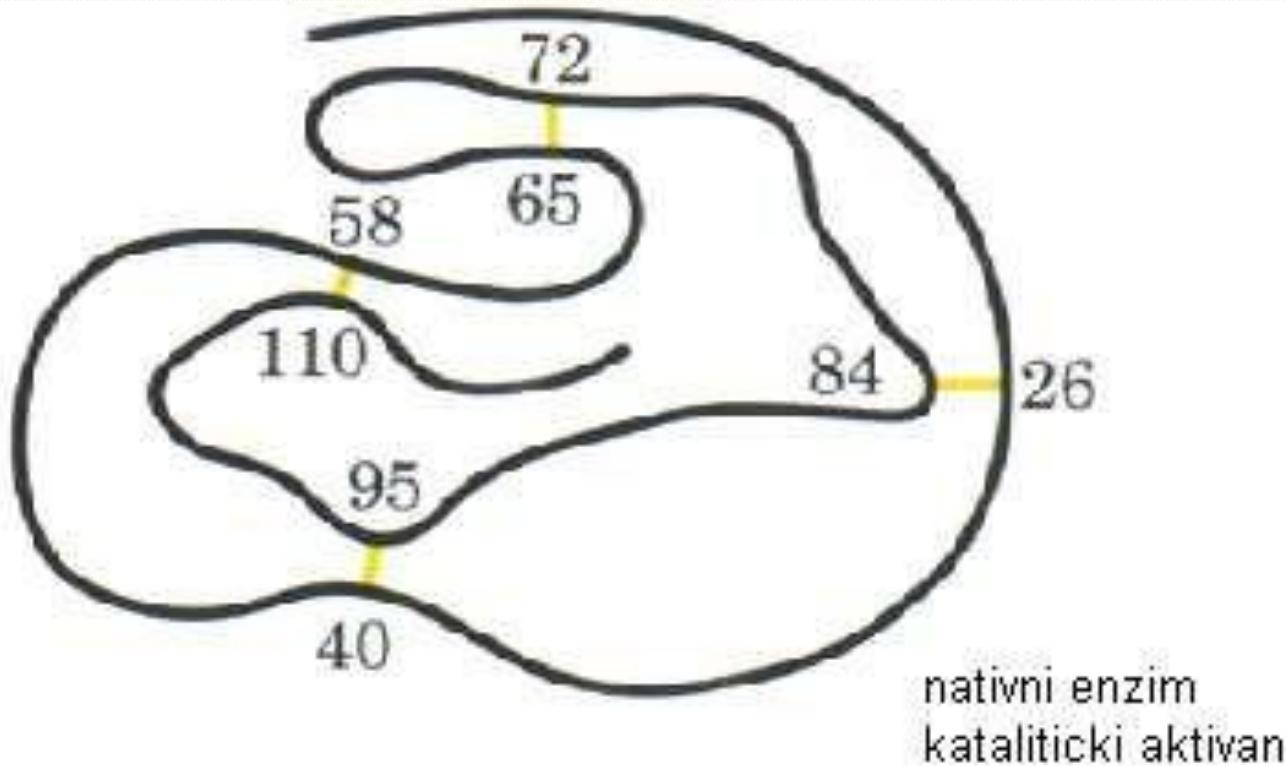
# DISULFIDNE VEZE



# DISULFIDNI MOST



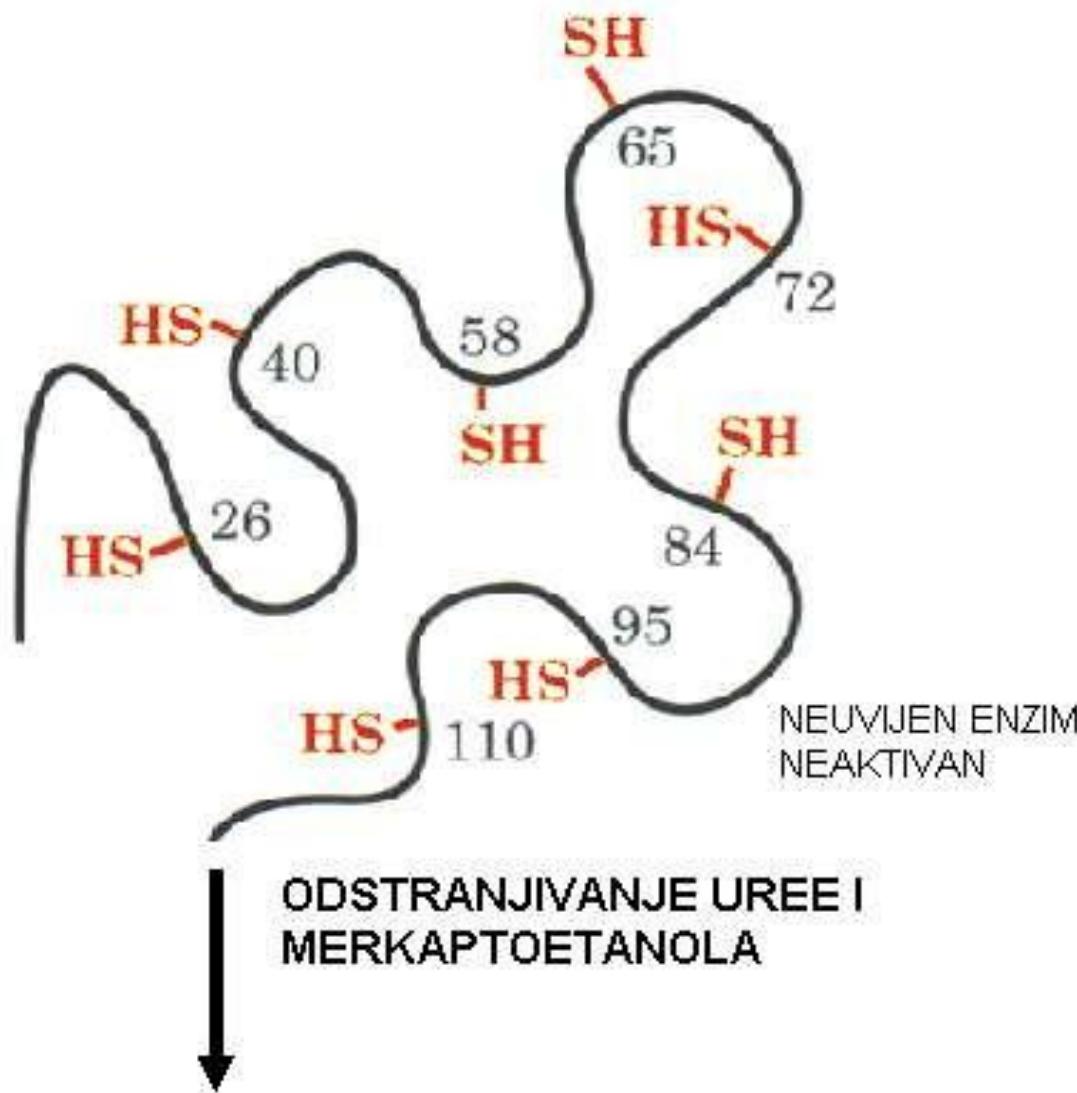
## DISULFIDNE VEZE - RIBONUKLEAZA



UREA + MERKAPTOETANOL



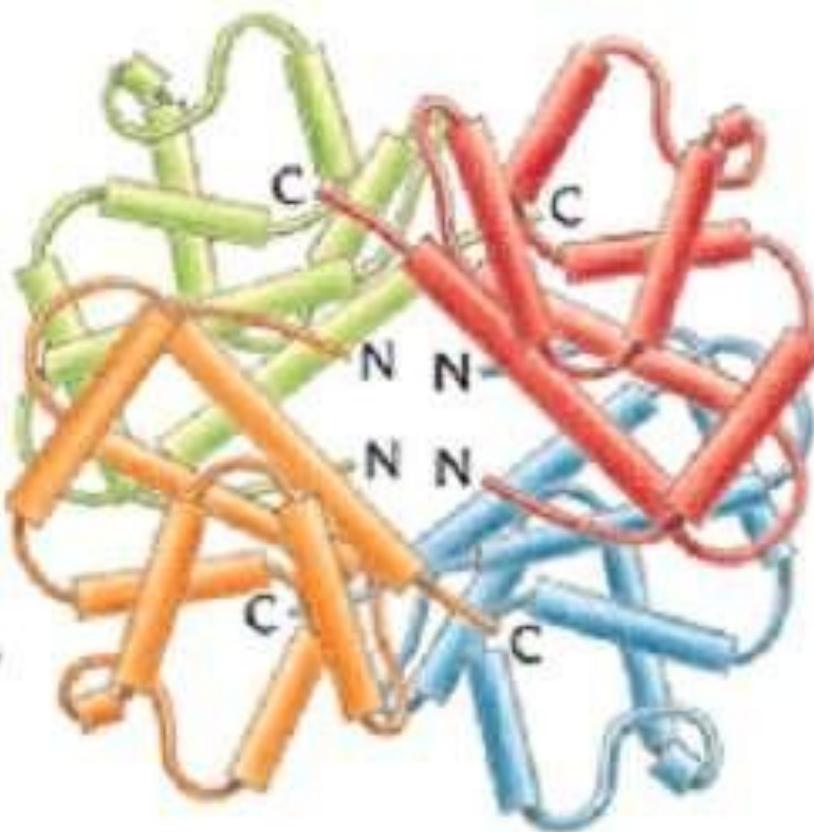
# DENATURISANA RIBONUKLEAZA



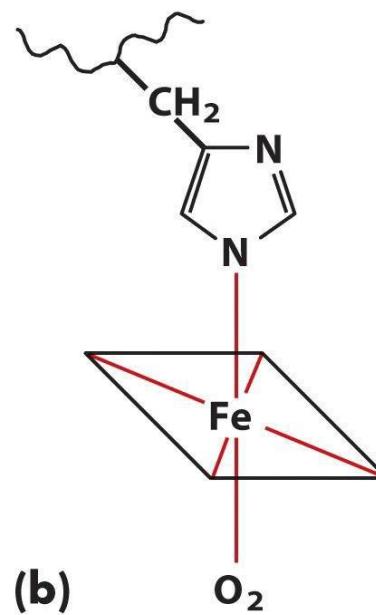
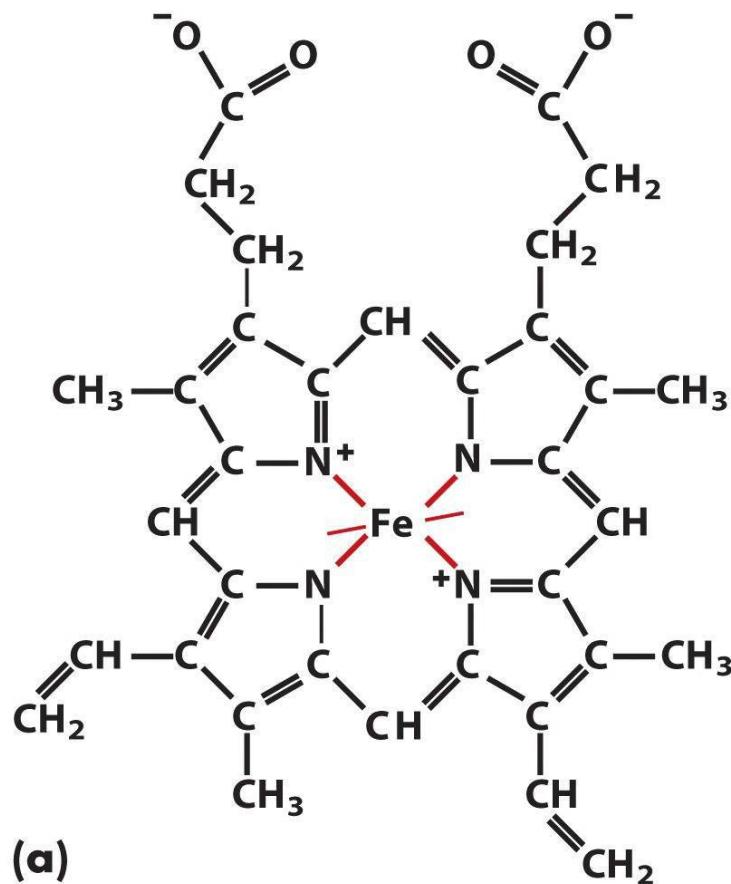
## KVATERNERNA STRUKTURA

- Nekoliko polipeptidnih lanaca se mogu međusobno povezati gradeći pri tome kvaternu strukturu,
- tako dobijene strukture se nazivaju kompleksi ili agregati
- U okviru tog kompleksa, svaki polipeptidni lanac predstavlja jednu podjedinicu
- podjedinica ima očuvanu primarnu, sekundarnu i tercijernu strukturu
- stabilizovana je uglavnom vodoničnim vezama i hidrofobnim intrakcijama između polipeptidnih lanaca koje predstavljaju podjedinice
- moguće su sve vrste interakcija koje stabilizuju tercijernu strukturu

# HEMOGLOBIN



# HEMOGLOBIN



# PROSTI PROTEINI

## 1. *Albumini*

- Prisutni u biljnom i životinjskom svetu (mleko, jaja, krv)
- Lako se rastvaraju u  $H_2O$ , a talože se rastvorom  $(NH_4)_2SO_4$
- Sadrže nekoliko stotina amino kiselina
- Regulišu osmotski pritisak i služe kao prenosioci drugih amino kiselina

## 2. *Globulini*

- Imaju molekulsku masu i do 1.500.000
- Heterogeni, pa su i biološke funkcije različite
- Samo neki su rastvorljivi u vodi
- Termolabilni, na temperaturi od 50-60°C se denaturišu

### ***3. Protamini i histoni***

- Bazni proteini – velik sadržaj arginina i lizina
- Rastvorljivi u vodi
- Ne nalaze se slobodni - histoni ulaze u sastav nukleoproteina

### ***4. Prolamini i glutelini***

- Biljni proteini – nalaze se u semenu žitarica
- Prolamini ne sadrže sve amino kiseline, bogati su glutaminskom kiselinom i prolinom
- Ne rastvaraju se u vodi

### ***5. Skleroproteini***

- Proteini vlaknastog izgleda
- Kolageni i keratini

## SLOŽENI PROTEINI - PROTEIDI

### ***1. Fosfoproteini***

- Prostetična grupa – fosforna kiselina koja je estarski vezana za neku hidroksi amino kiselinu (serin)
- Kazein iz mleka – sadrži sve amino kiseline, predstavlja potpunu hranu
- Ovovitelin iz jaja
- Posebna grupa – fosfatopeptini – u sastav ulazi nekoliko lanaca peptida. Izolovani su iz moždanog tkiva.

## 2. Lipoproteini

- Prostetična grupa – lipid , veza prilično jaka
- Ulaze sve klase lipida – trigliceridi, holesterol, fosfatidil holini, fosfatidil etanolamini,...
- Rasprostranjeni su u svim strukturama – telesnim tečnostima, unutrašnjosti ćelije i ćelijskim membranama.

## 3. Glikoproteini

- Prostetična grupa – polisaharid, iz grupe heteroglukana
- Veoma su rasprostranjeni, nađeni su u različitim tkivima

## ***4. Hromoproteini***

- Velika grupa čija je zajednička osobina da im je prostetična grupa obojena
- Prema građi hromoproteini se dele na:
  - a) Hromoproteine
  - b) Flavoproteine
  - c) Metaloproteine