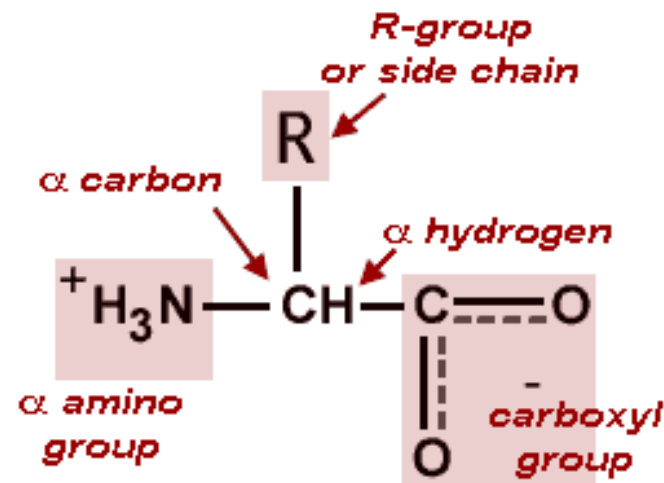


Aminokyseliny, struktura a vlastnosti bílkovin

doc. Jana Novotná
2 LF UK Ústav lékařské chemie a klinické
biochemie

1. 20 aminokyselin, kódovány standardním genetickým kódem, „proteinogenní“, stavebními jednotkami bílkovin (jako 21 AK – selenocystein – kodon UGA)
2. Trojrozměrná struktura bílkovin
3. Strukturální funkce
4. 8 esenciálních aminokyselin, 2 semiesenciální
5. Hormonální a katalytické funkce
6. Biosyntéza biologicky významných sloučenin
7. Genetické poruchy metabolismu aminokyselin (fenylketonurie)
8. Poruchy transportního mechanismu aminokyselin (aminoacidurie)

Všechny aminokyseliny, které jsou součástí bílkovin, mají tuto základní strukturu. Liší se pouze složením svého postranního řetězce R.

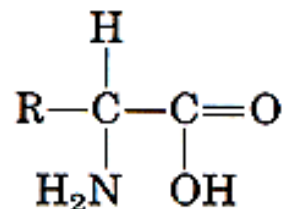


L-izomer

V bílkovinách se nacházejí pouze L-izomery

Neionizovaná forma aminokyseliny a zwitterion

zwitterion převládá při neutrálním pH

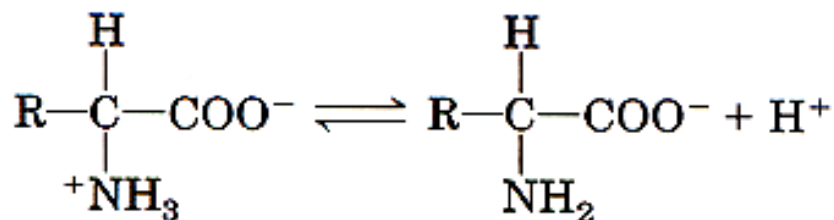


Nonionic form



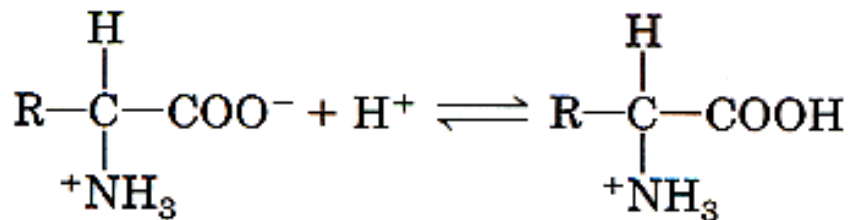
Zwitterionic form

Zwitterion = z německého „hybridní iont“



Zwitterion
as acid

Slabá kyselina



Zwitterion
as base

Slabá báze

Postranní řetězec R

- 20 odlišných postranních řetězců → odlišné velikostí, tvarem, nábojem, vazebnou kapacitou a chemickou reaktivitou
- Velikost od jediného vodíku (glycin) až po složitý dusíkatý heterocyklus (tryptofan).
- Sekvence AK v polypeptidové řetězci určují uspořádání trojrozměrné struktury bílkoviny.
- Vně vyčnívající R interagují s jinými molekulami, určují funkci bílkoviny v buňce.

Klasifikace aminokyselin

Dělení podle polaridy postranních řetězců

nepolární

polární

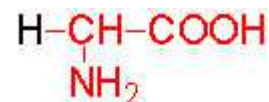
polární nabitý

Nepolární aminokyseliny

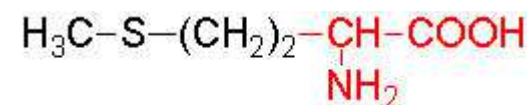
- v postranním řetězci je pouze uhlík a vodík, popř. aromatické (benzenové) jádro
- nejsou reaktivní
- jsou **hydrofóbní**, napomáhají polypeptidovým řetězcům bílkoviny uspořádat se do 3-D struktury.

Nepolární (hydrofóbní) postranní řetězce

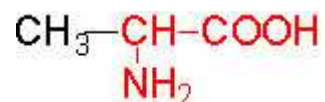
Glycin (Gly)



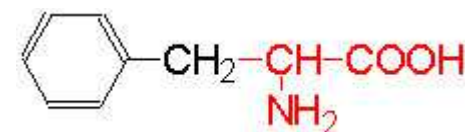
Methionin (Met)



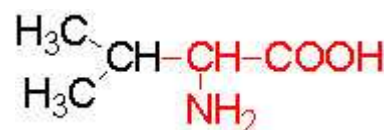
Alanin (Ala)



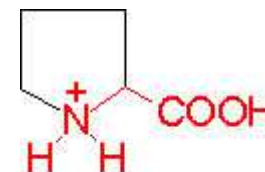
Phenylalanin (Phe)



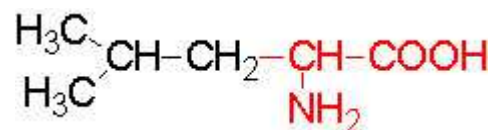
Valin (Val)



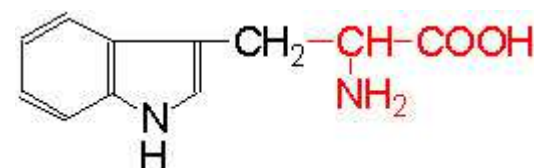
Prolin (Pro)



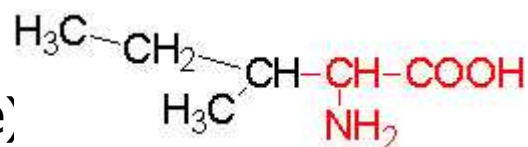
Leucin (Leu)



Tryptofan (Trp)



Isoleucin (Ile)

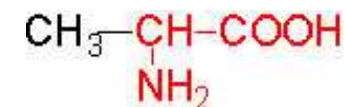


Glycin

- Není chirální;
- není esenciální aminokyselina
- díky vodíku v postranním řetězci se přizpůsobí hydrofilnímu i hydrofóbnímu prostředí;
- inhibiční neuropřenašeč CNS (obzvláště v míše, mozковém kmeni a sítnici)
- aktivace glycinových receptorů na postsynaptické membráně → otevírání ionotropních kanálů pro Cl^- , vznik inhibičního postsynaptického potenciálu (IPSP).

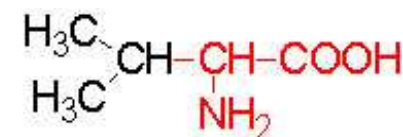
Alanin

- nejobvyklejší, nejjednodušší AK v proteinech;
- CH_3 - skupina není reaktivní, podílí se na hydrofóbních interakcích napříč vláknem proteinu;
- v těle syntetizován z pyruvátu a větvených aminokyselin



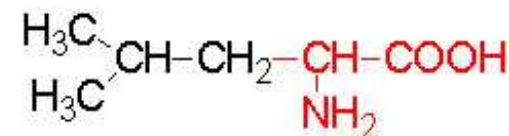
Valin

- srpkovitá anémie - záměna za Glu v β -řetězci hemoglobinu – hydrofóbní interakce nedovolí vytvořit správnou terciární a kvartérní strukturu;
- esenciální aminokyselina, hlavní součástí elastinu

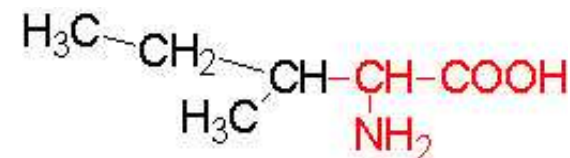


Leucin

- helix některých proteinů reagující s DNA jsou bohaté na Leu (každá 7 AK); Leu umožňuje dimerizaci dvou podobných molekul díky tzv. **leucinovému zipu**;
- interakce s některými úseky DNA (transkripční faktory);
- esenciální aminokyselina



Isoleucin

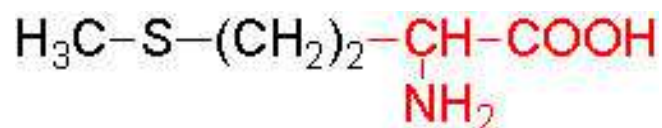


Methionin

v postranním řetězci sír, metylová skupina je používána pro metylační reakce - *S-adenosyl-methionin*.

Fenylalanin

alanin s benzenovým jádrem, silně **hydrofóbní**, vyskytuje se v globulárních bílkovinách.



Methionin

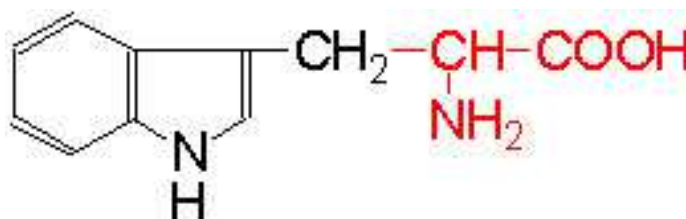


Fenylalanin

Tryptofan

strukturně podobný alaninu, indolová skupina namísto aromatického kruhu fenylalaninu.

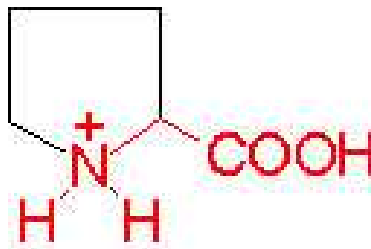
Silně hydrofóbní, pomáhá sbalovat globulární bílkoviny. Přírodní relaxant.



Prolin

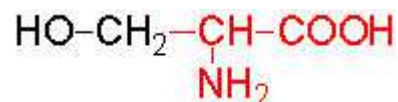
Iminokyselina, výjimečné postavení mezi aminokyselinami, postranní řetězec se stáčí do kruhu a váže se na kostru aminokyseliny. Je málo reaktivní.

Výskyt hlavně v kolagenu, elastinu.

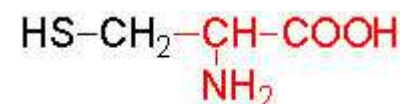


Polární (hydrofilní) postranní řetězce

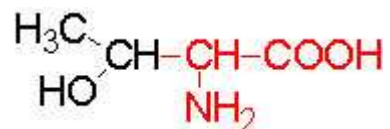
Serin (Ser)



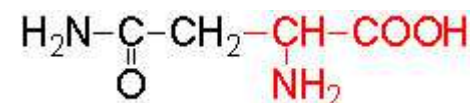
Cystein (Cys)



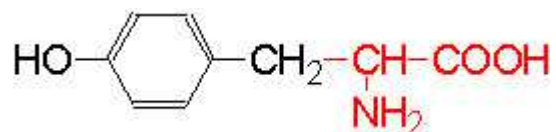
Threonin (Thr)



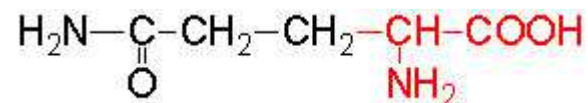
Asparagin (Asn)



Tyrosin (Tyr)



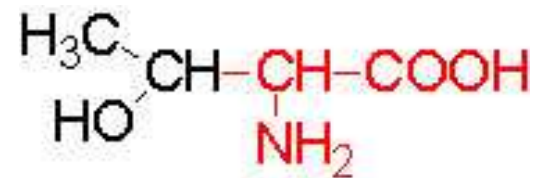
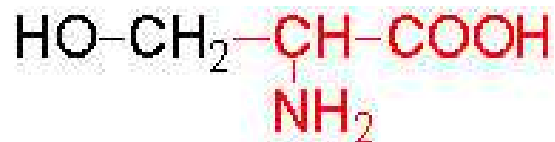
Glutamin (Gln)



Serin, threonin

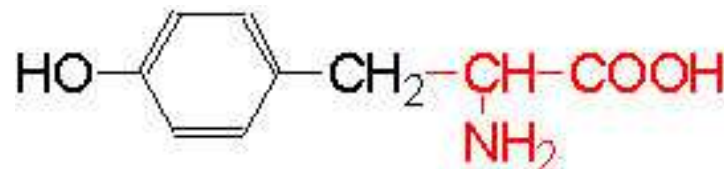
–OH skupina, velmi **polární**

významná úloha při fosforylačních reakcích (v aktivním místě enzymů), -OH skupina Thr tvoří O-glykosydickou vazbu s cukrem.



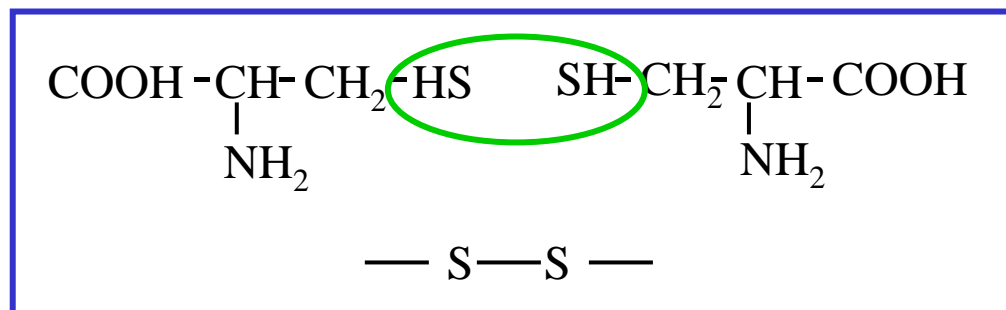
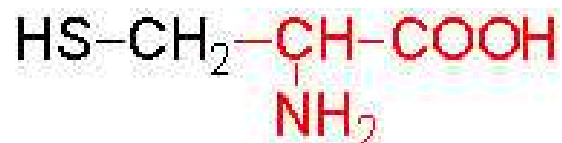
Tyrosin

fenylalanin s hydroxylovou (-OH) skupinou. Je velmi **polární**, slabá kyselina. Má důležitou katalytickou funkci v aktivním místě enzymů (reverzibilní přenos fosfátové skupin).



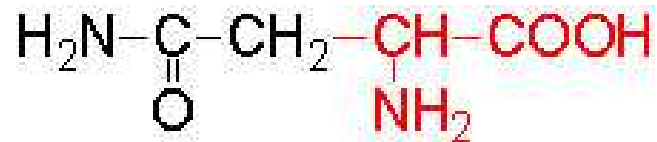
Cystein

thyolová (-SH) skupina je velice reaktivní. Dva cysteiny vytváří kovalentní vazbu (**disulfidický můstek**), stabilizaci prostorového uspořádání bílkoviny.

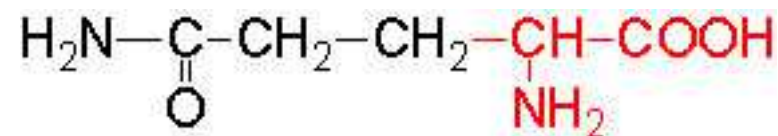


Asparagin, glutamin

amidy kyselin asparagové a glutamové,
v postranním řetězci druhá aminoskupina, která neionizuje.



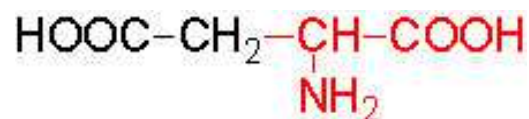
Asparagin



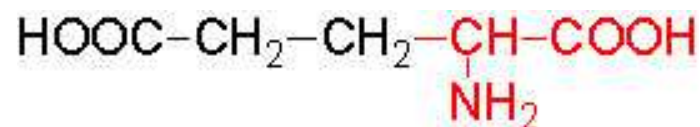
Glutamin

Negativně nabité (nepolární) postranní řetězce

Asparagová kyselina (Asp)



Glutamová kyselina (Glu)



Kyseliny **asparagová** a **glutamová**

Dikarboxylové kyseliny;

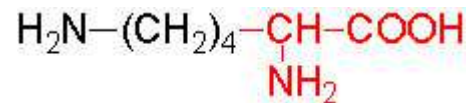
značně hydrofóbní díky druhé karboxylové skupině;

nacházejí se pouze vně bílkoviny;

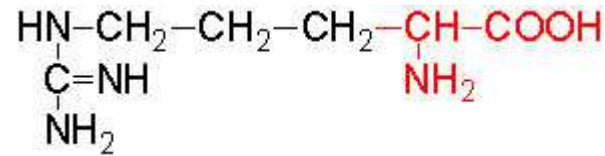
dodávají celkový záporný náboj. Zapojují se do mnoha interakcí.

Pozitivně nabité (nepolární) postranní řetězce

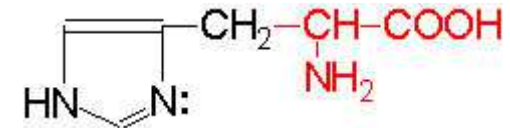
Lysin (Lys)



Arginin (Arg)



Histidin (His)



Lysin a **arginin** mají oba pK kolem 10 a jsou proto vždy při neutrálním pH pozitivně nabitě.

Histidin

zajímavý v tom, že jeho pK je 6.5, proto může být bez celkového náboje nebo pozitivně nabitý;

důležitý v katalytickém mechanismu enzymových reakcí, často se vyskytuje v aktivním místě enzymu;

součást hemoglobinu reguluje pH krve.

2. Dělení aminokyselin podle chemického složení

Malé aminokyseliny – glycin, alanin

Větvené aminokyseliny – valin, leucin, isoleucin

Hydroxy aminokyseliny (-OH skupina) – serin, threonin

Aminokyseliny se sírou v R – cystein, methionin

Aromatické aminokyseliny – fenylalanin, tyrosin, tryptofan

Kyselé aminokyseliny a jejich deriváty – asparagová

kyselina a asparagin, glutamová kyselina a glutamin

Bazické aminokyseliny – lysin, arginin, histidin

Iminokyseliny - prolin

Esenciální aminokyseliny

- ❑ přísun z potravy
- ❑ člověk není schopen syntetizovat jejich uhlíkovou kostru

Arginin*

Histidin*

Isoleucin

Leucin

Valin

Lysin

Methionin

Threonin

Phenylalanin

Tryptophan

* Esenciální pouze u dětí, ne u dospělých

Neesenciální aminokyseliny

- ❑ není potřeba jejich přísun potravou
- ❑ vznikají transaminací α -ketokyselin a následnými dalšími reakcemi

Alanin

Asparagin

Aspartát

Glutamát

Glutamin

Glycin

Prolin

Serin

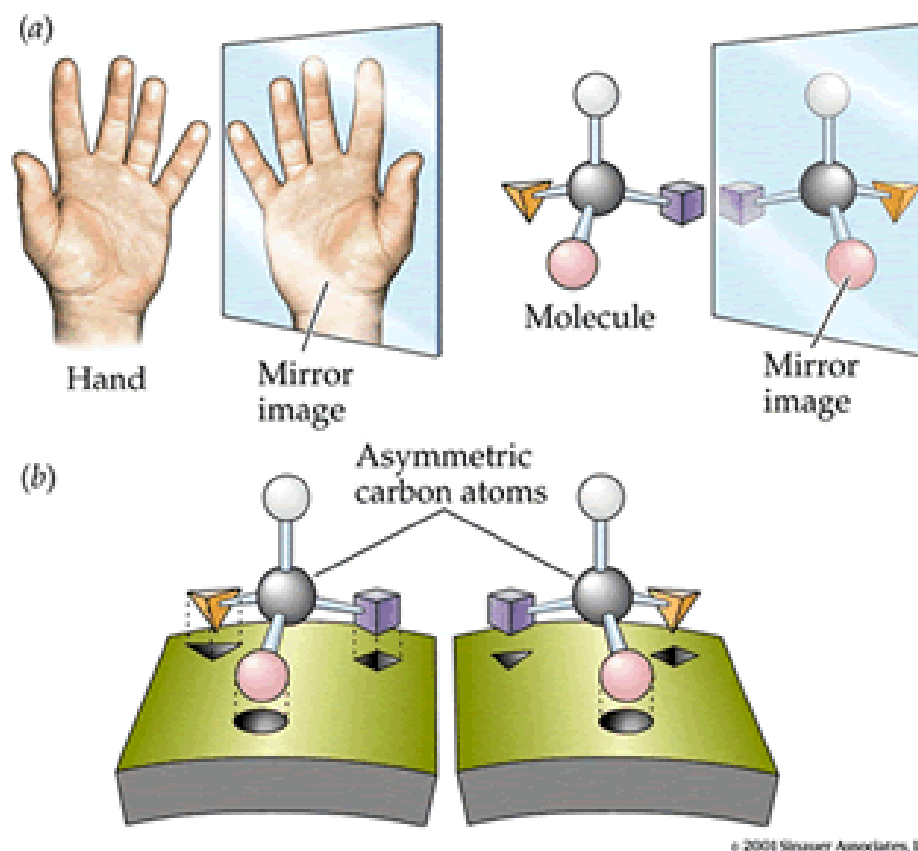
Cystein (z Met*)

Tyrosin (Phe*)

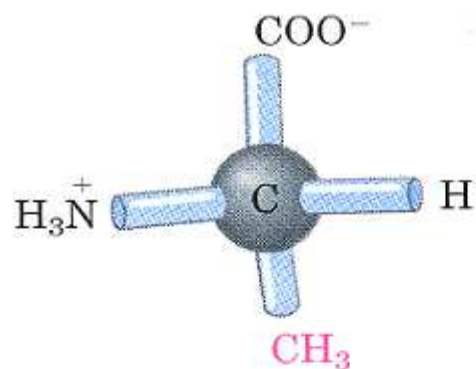
* Esenciální

Stereochemie aminokyselin

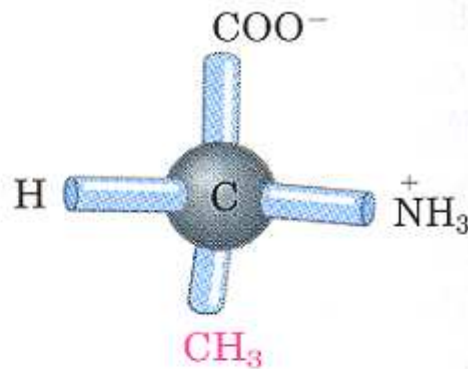
Chirální molekuly existují ve dvou formách



Dva stereoisomery alaninu



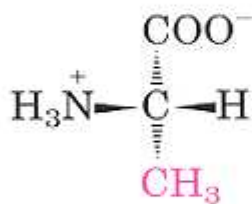
(a) L-Alanine



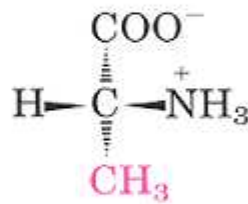
D-Alanine

α -uhlík je **chirálním centrem**

Dva stereoisomery se nazývají **enantiomery** a jsou si navzájem zrcadlovým obrazem

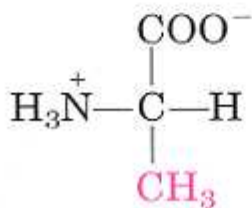


(b) L-Alanine

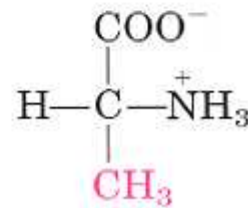


D-Alanine

Tmavě vyznačené vazby se promítají do roviny plátna a šrafované dozadu a dopředu.



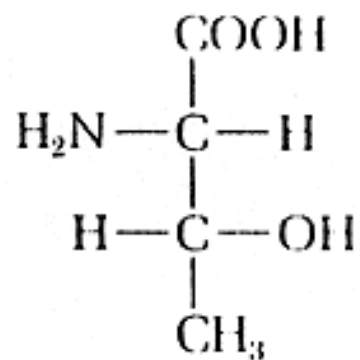
(c) L-Alanine



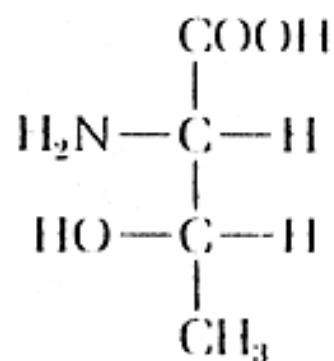
D-Alanine

Horizontální vazby se promítají do roviny plátna a vertikální dozadu a dopředu.

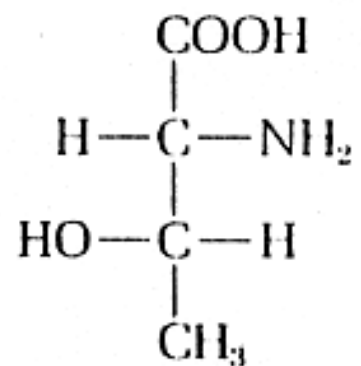
Stereochemie threoninu se dvěma chirálními atomy uhlíku



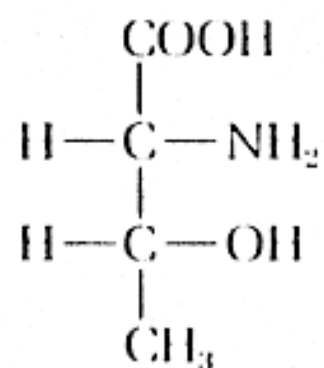
L-Threonine



L-*allo*-Threonine



D-Threonine



D-*allo*-Threonine

Optická aktivita aminokyselin

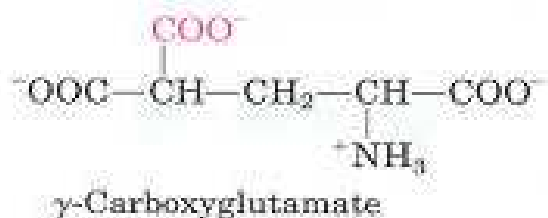
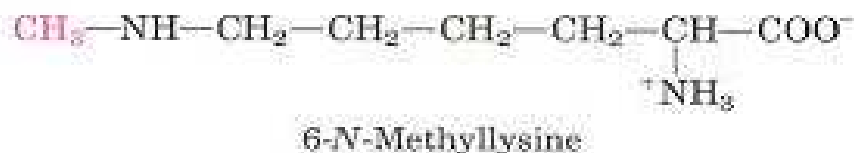
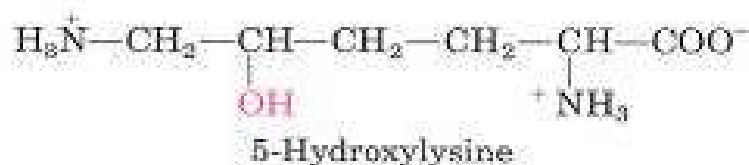
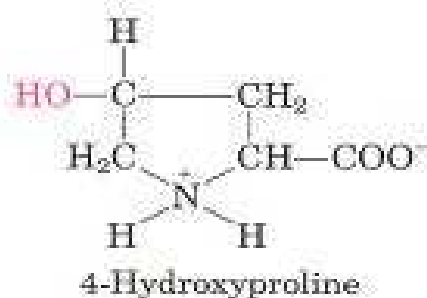
Aminokyseliny rozpuštěné ve vodě při pH 7.0 stáčí polarisované světlo.

(+) alanin, isoleucin, arginin, k. glutamová, kyselina asparagová, kyselina glutamová, lysin, valin

(-) tryptofan, leucin, fenylalanin

Optická otáčivost se mění při změně pH

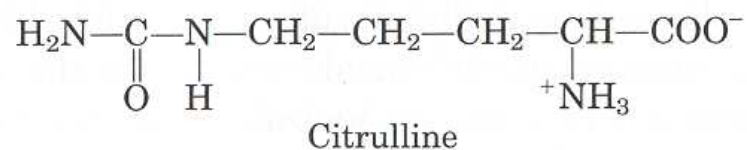
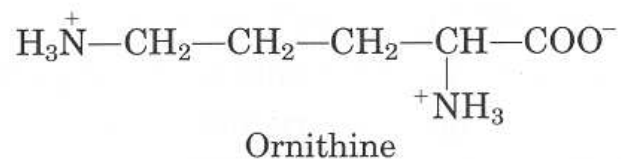
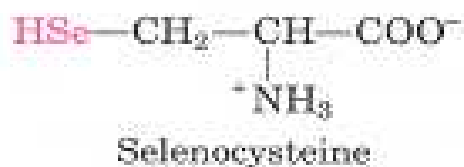
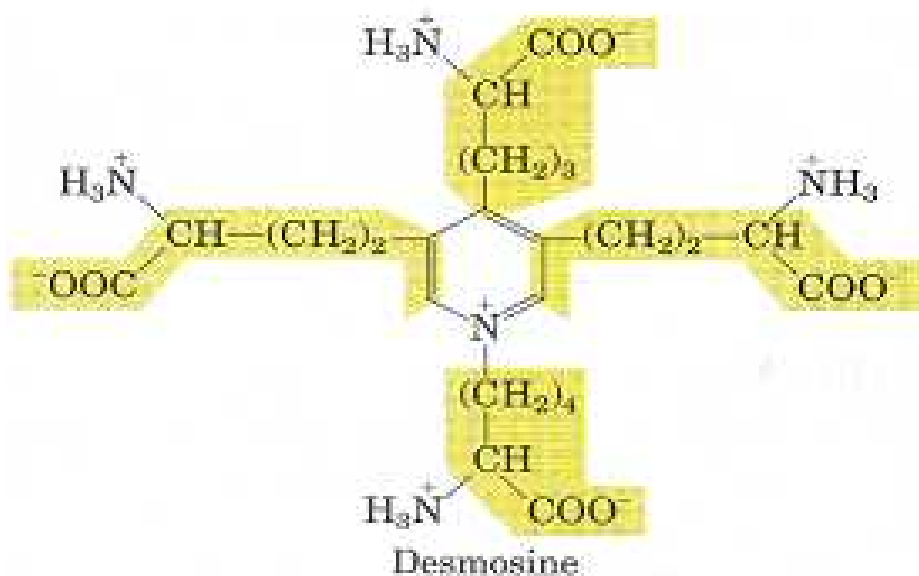
Méně běžné aminokyseliny vyskytující se v proteinech



hydroxyprolin a hydroxylysin
v kolagenu a elastinu

6-N-methyllysin
složka myosinu

γ -karboxyglutamát
složka prothrombinu a
dalších proteinů, které váží
 Ca^{2+}



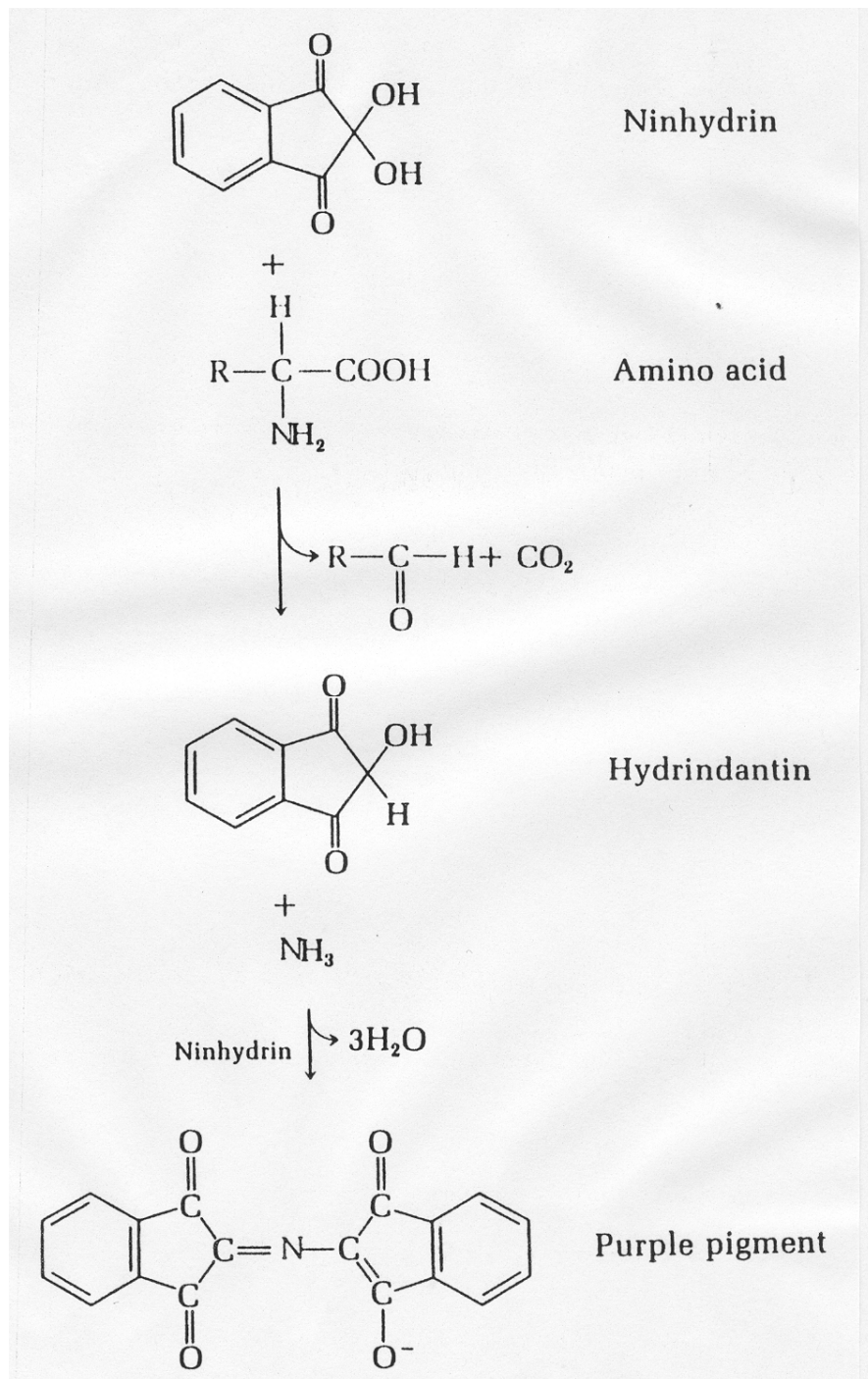
Desmosin
příčná vazba v elastinu,

Selenocystein označován jako 21
proteinogenní AK (glutathion
peroxidasa, glycinreduktasa)

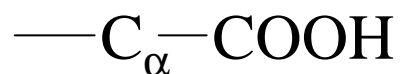
Ornitin a citrulin
intermediáty biosyntézy argininu a
močovinového cyklu

Průkaz aminokyseliny ninhydrinovou reakcí

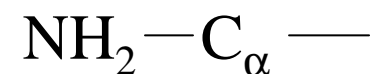
Toto silně oxidační činidlo
oxidativně dekarboxyluje
aminokyselinu. Amoniak a
hydrindantin, který vznikne z
ninhydrinu, vytvoří
modročervenou barvu.



Spojení aminokyselin pomocí peptidové vazby

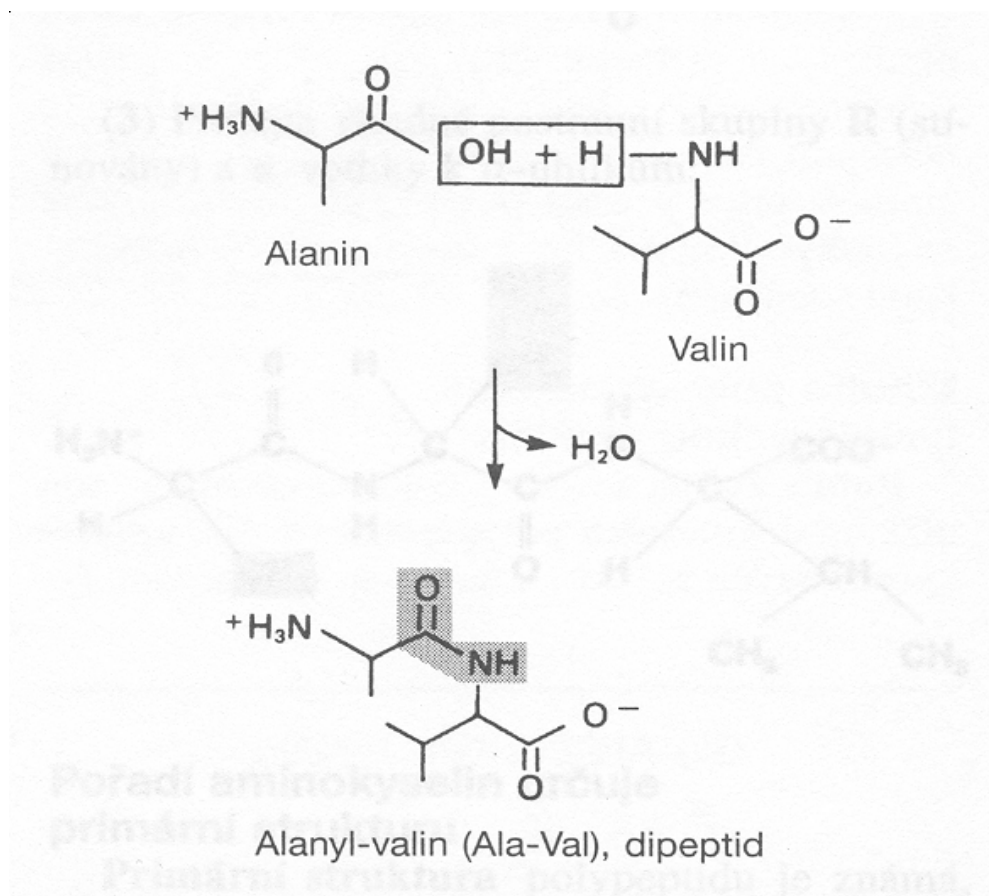


AK1



AK2

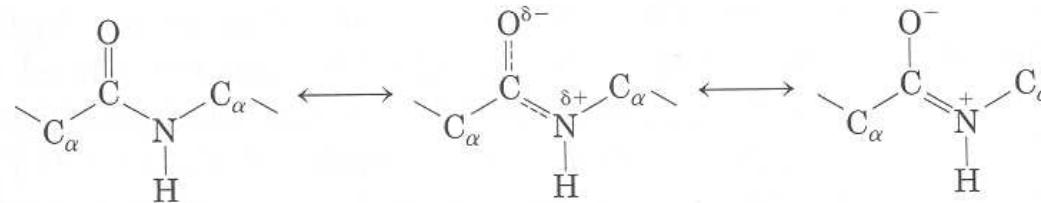
Dehydratační syntéza
(kondenzační reakce)



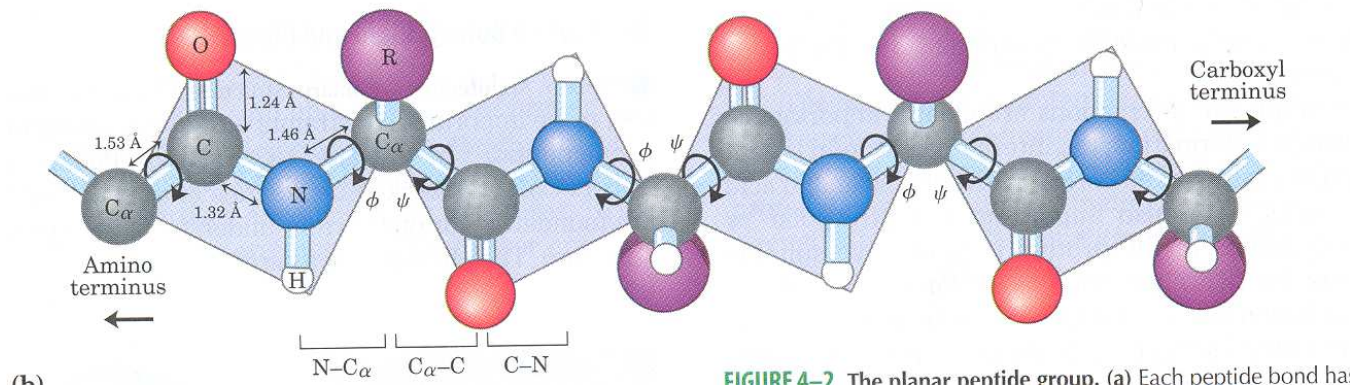
Chemická povaha bílkovin

- Biopolymery aminokyselin
- Makromolekuly o molekulové hmotnosti $> 10\,000$ (protein titin z kosterního a srdečního svalu má 26 926 AK v jednom polypeptidovém řetězci)
- Typický protein má 200 – 300 aminokyselin (menší jsou peptidy)

Peptidová vazba je rigidní a planární



Kyslík karbonylové skupiny má slabý negativní náboj a amidový dusík slabý pozitivní náboj.

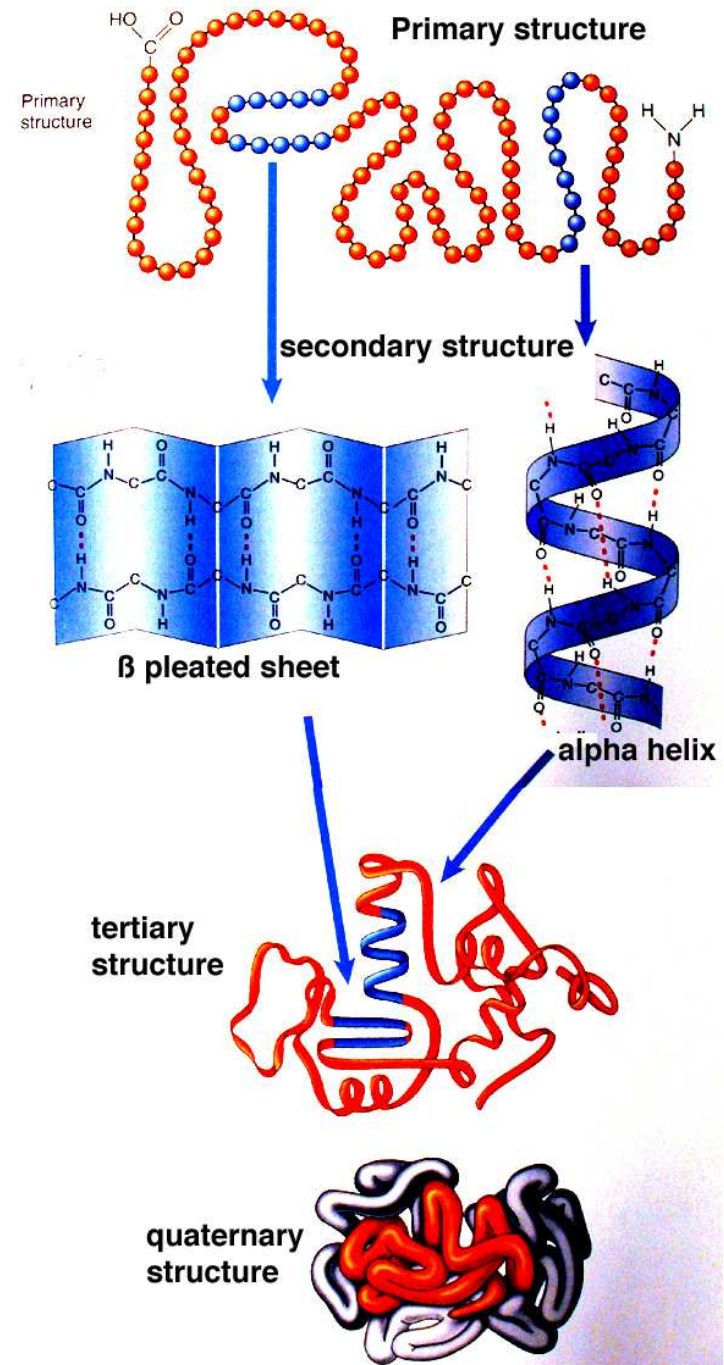


N-C α a C α -C rotují v úhlu ϕ resp. ψ . Peptidová C-N vazba rotovat nemůže.

Struktura bílkovin

Makromolekuly jsou tvořeny sadou různých aminokyselin v přesně definovaném pořadí.

Prostorové uspořádání a biologická funkce je dána aminokyselinovým složením.



Funkční úloha bílkovin

1. Funkce dynamická

transport

kontrola metabolismu

kontrakce

katalýza chemických přeměn

2. Funkce strukturální

architektura orgánů a tkání

podpůrné funkce

Struktura bílkovin

Všeobecné rozdělení bílkovin podle struktury:

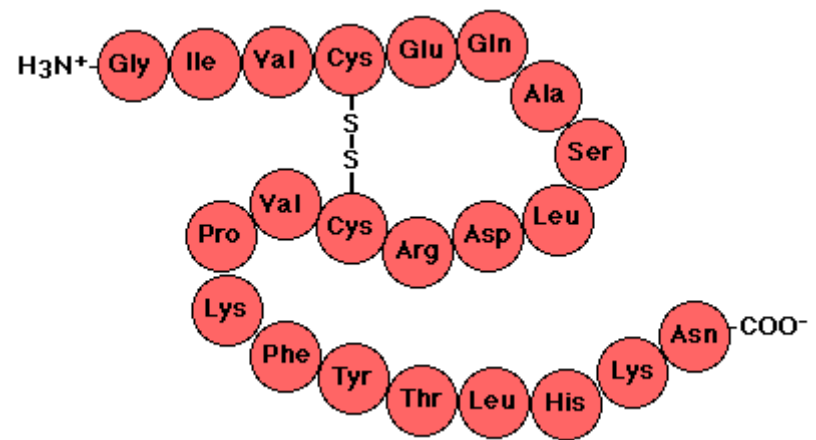
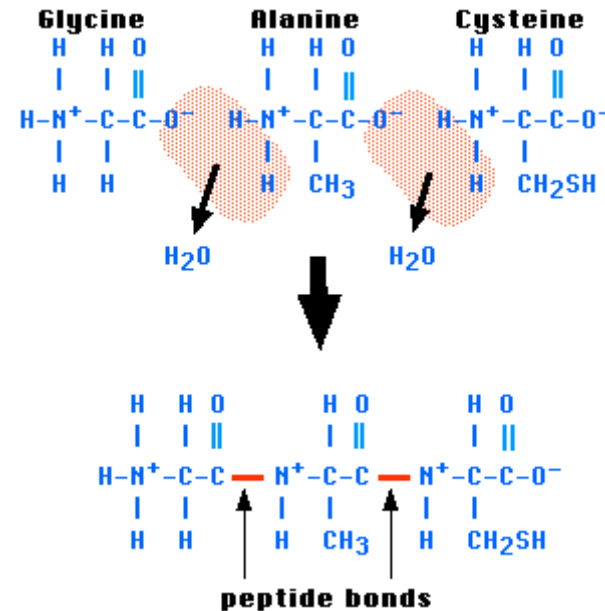
1. globulární - kompaktně složeny a zabaleny.
2. fibrilární - tvoří filamenta a jsou protažené.
3. membránové – připojeny nebo spojeny s membránou buňky nebo organelou

Primární struktura

– lineární pořadí aminokyselin

N-terminální část je nalevo (volná a-aminoskupina posledního levého amino-kyselinového zbytku).

C-terminální část je napravo (volná a-karboxylová skupina posledního pravého aminokyselinového zbytku).



Primární struktura

Z primární struktury proteinů lze odvodit:

- strukturu proteinu
- mechanismus působení na molekulární úrovni
- vzájemné vztahy k jiným proteinům v evoluci

Sekvenování proteinů má význam pro:

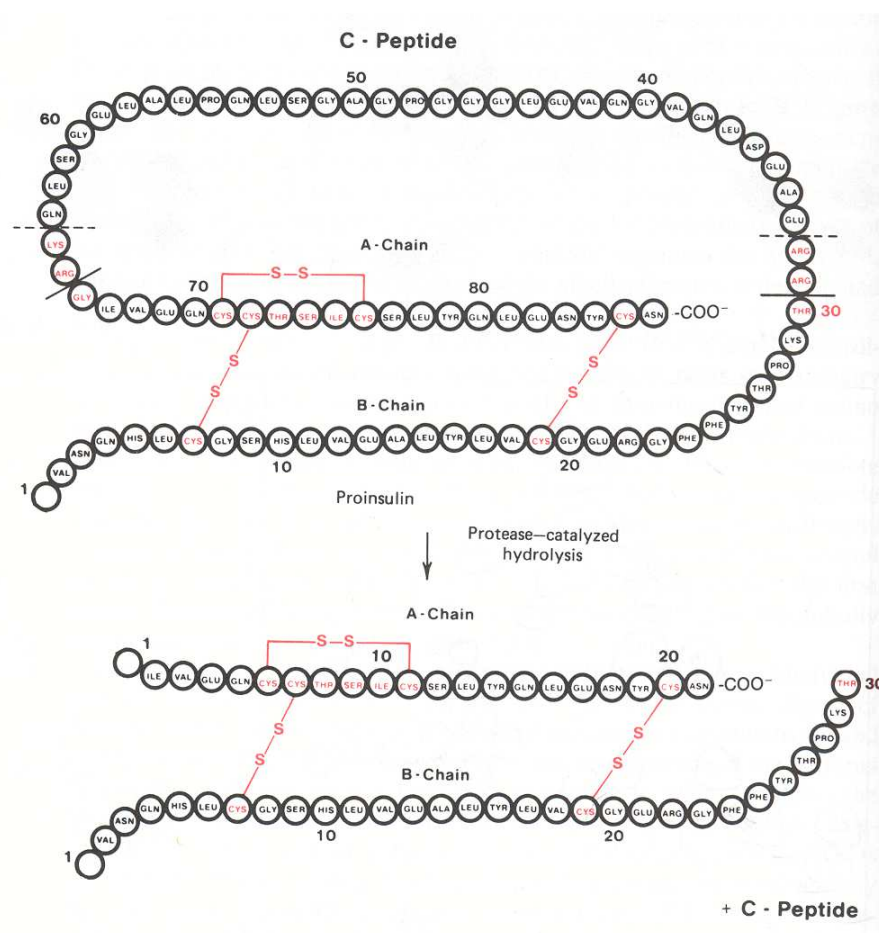
- předpokládanou podobnost mezi dvěma proteiny
- studium modifikací proteinu

Znalost primární struktury insulínu vedla k pochopení mechanismu jeho účinků a mezidruhovému podobnosti.

1. pankreas - prekurzor – proinsulin
2. hydrolýza a odštěpení 35 aminokyselin, segment C
3. tím vznikne aktivní insulin

Druhá podobnost insulínu (aminokyselinové složení):

- člověk, kůň, potkan, prase, ovce, kuře.
- Odlišnost aminokyselínového složení jen ve zbytcích 8, 9 a 10 (A řetězec), 30 (B řetězec).



Vyšší uspořádání bílkovin

Sekundární struktura

- ❑ Prostorové uspořádání polypeptidového řetězce závisí na aminokyselinovém složení.
- ❑ Otáčení peptidových vazeb kolem α -uhlíků (atomy peptidové vazby se účastní na vzniku vodíkových vazeb, postranní řetězce aminokyselin **R** se vazeb neúčastní).

Terciární struktura

- ❑ Trojrozměrné uspořádání polypeptidových jednotek (do klubka nebo vlákna).
- ❑ Vzájemná interakce postranních řetězců aminokyselin.

Kvartérní struktura

- ❑ Skládání polypeptidových podjednotek.
- ❑ Nekovalentní interakce mezi podjednotkami. (ne všechny proteiny mají kvartérní strukturu).

Vyšší uspořádání polypeptidových řetězců do sekundární, terciární, a kvartérní struktury je spontánní, po trojrozměrném uspořádání vzniknou disulfidické můstky.

Sekundární struktura

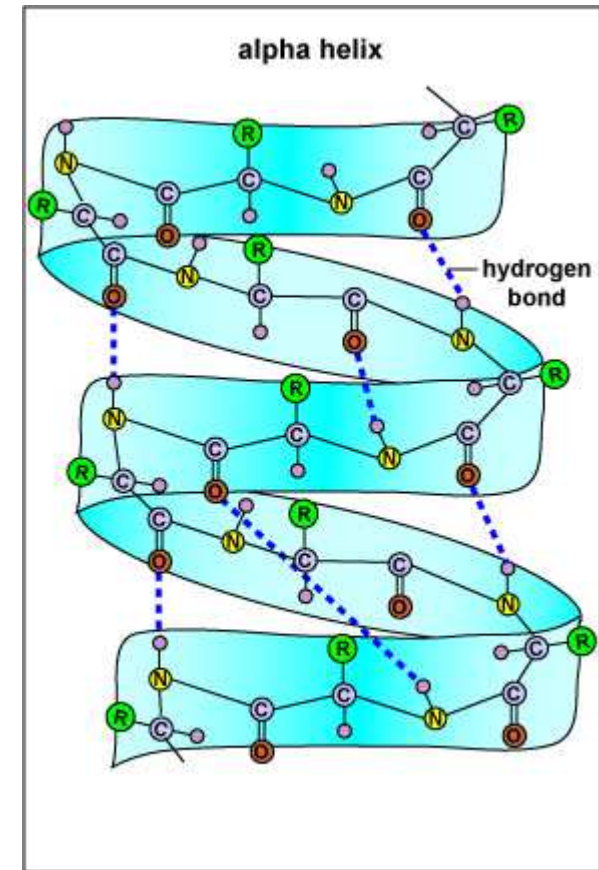
Pravotočivá šroubovice, stabilizovaná vodíkovými vazbami.

- ❑ 3,6 aminokyselinových zbytků na jednu otáčku, R aminokyselin jsou orientovány ven.
- ❑ Všechny C=O a N-H skupiny peptidových vazeb jsou uloženy rovnoběžně s podélnou osou α -helixu.
- ❑ C=O skupina vázána vodíkovou vazbou ke čtvrté N-H skupině.

Helikální struktura - převážně vláknité bílkoviny (keratiny), svalové proteiny aj.

Výjimečný α -helix má kolagen. Tři levotočivé α -helixy uspořádány do pravotočivé trojitě šroubovice – superhelixu (specifické aminokyselinové složení kolagenu – 33% glycinu, 13% Pro a Hypro)

α -helix



β -struktura (struktura skládaného listu)

- ❑ Segmenty natažených polypeptidových řetězců.
- ❑ Dva segmenty (polypeptidové řetězce) jsou stabilizovány vodíkovými vazbami mezi $C=O$ a $N-H$ skupinami dvou sousedních peptidových vazeb.
- ❑ Sousední polypeptidové řetězce uloženy *antiparalelně* nebo *paralelně*.
- ❑ Velký počet vodíkových vazeb udržuje strukturu v nataženém stavu

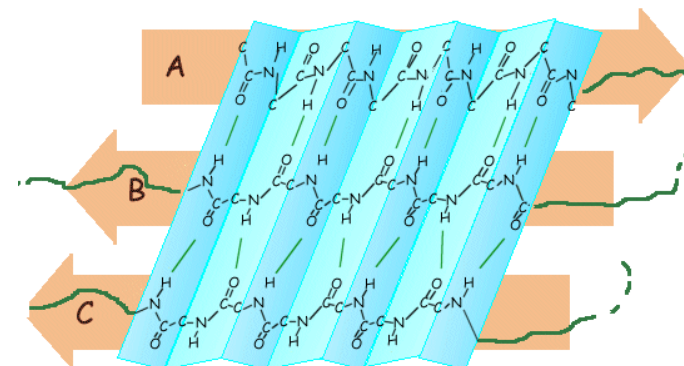
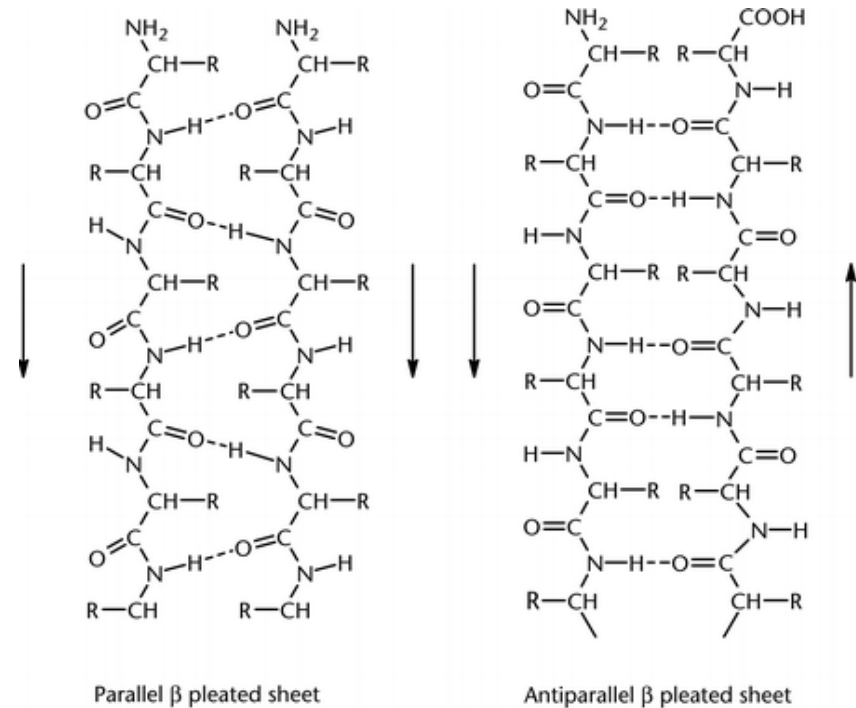


Diagram 1: Beta pleated sheet. The lateral groups (R) are not shown.

Terciární struktura

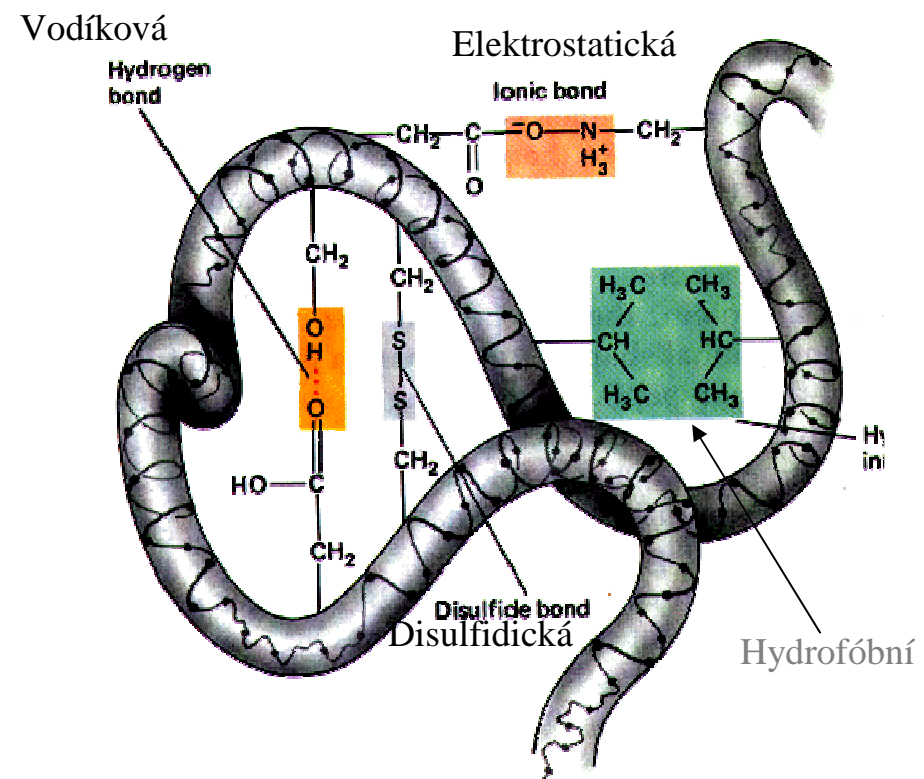
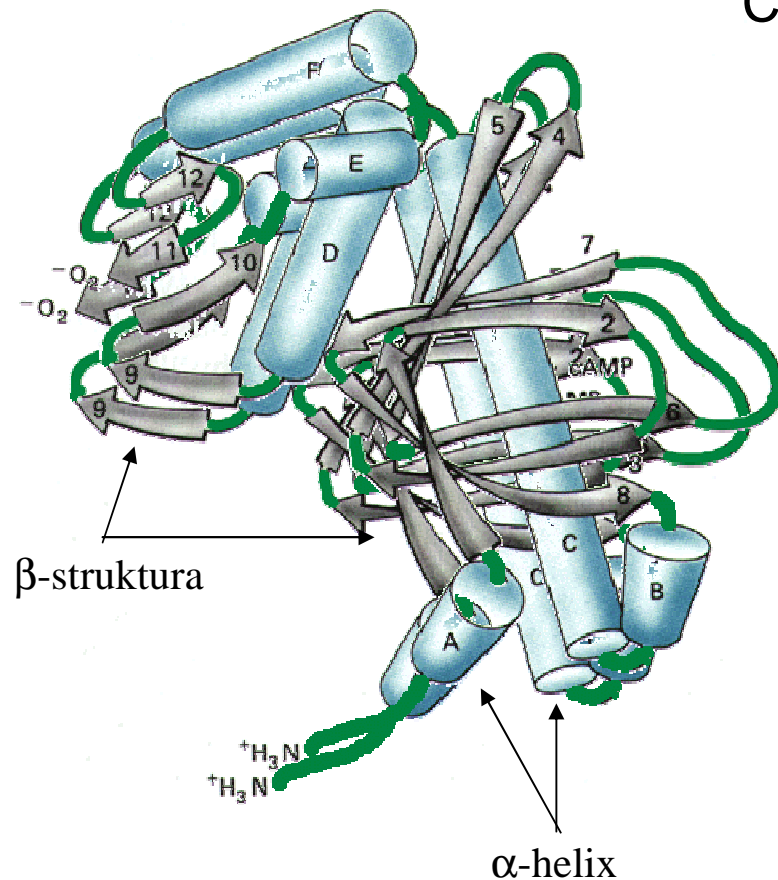
Důležitá pro funkci bílkoviny:

- denaturované enzymy ztrácejí svou funkci
- denaturované protilátky ztrácejí schopnost vázat antigen.

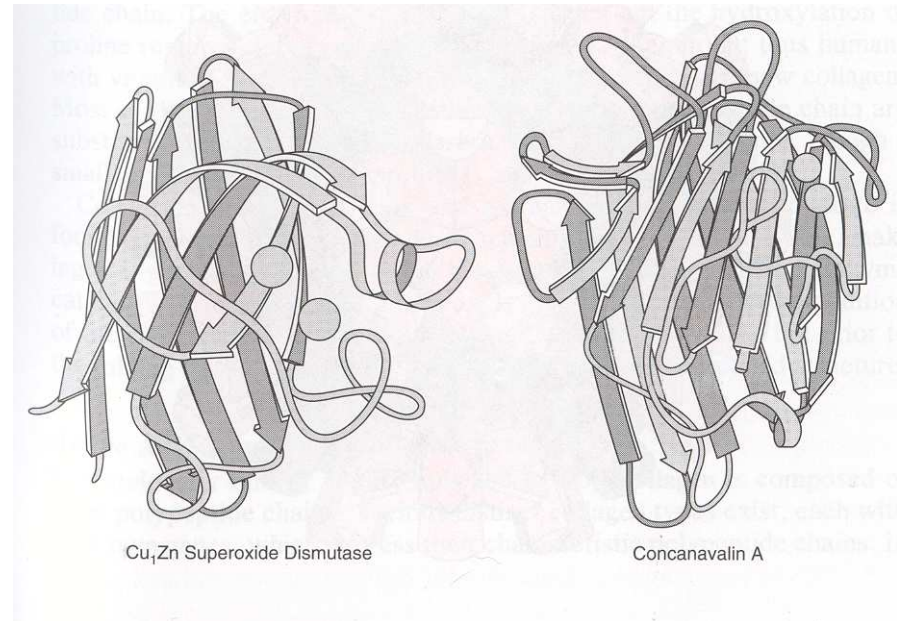
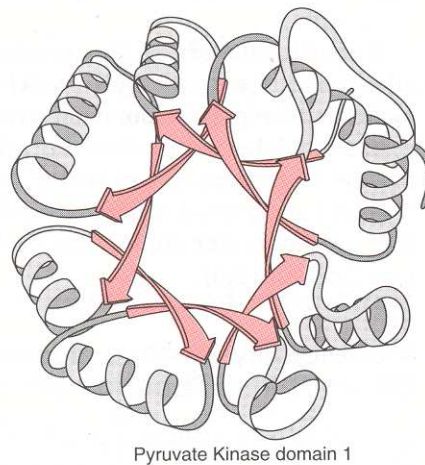
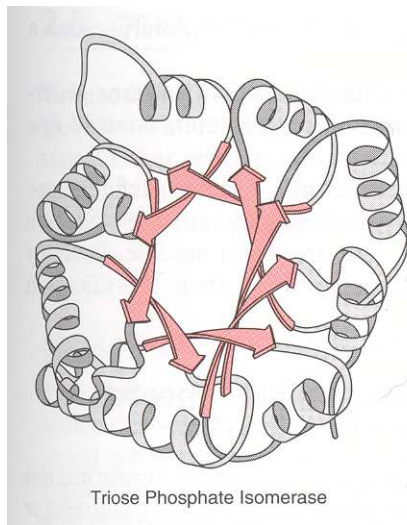
Mutace v genetickém kódu ovlivní terciární strukturu (priony).

- ❑ Terciární uspořádání bílkoviny do domén
- ❑ Každá doména má svou funkci (enzymy a katalytické centrum, otáčky transmembránových bílkovin plasmatickou membránou).

Charakter vazeb udržujících strukturu



Příklady terciární struktury

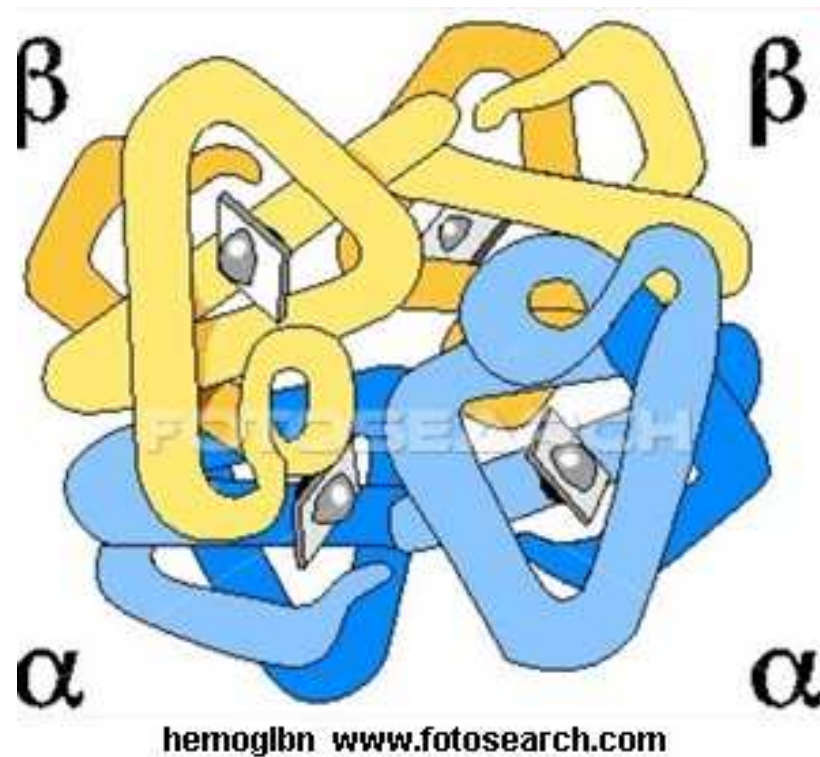


α , β uspořádání domén
bílkoviny, β -struktura je v
centru domény

Příklad β -struktury

Kvartérní struktura

Komplex dvou a více polypeptidových řetězců jsou dohromady spojeny nekovalentními vazbami



Čtyři podjednotky hemoglobinu (dvě α a dvě β se spojují do kvartérní struktury)

Síly a interakce uplatňující se ve struktuře bílkoviny

Nevazebné interakce

Hydrofóbní interakce

- ❑ Vznikají uvnitř polypeptidových řetězců mezi hydrofóbními postranními řetězci aminokyselinových zbytků (R-skupin).
- ❑ Interakce R-skupin polypeptidových řetězců s vodním pláštěm.
- ❑ Dvě nepolární skupiny se dostávají velice těsně k sobě.
- ❑ Nepolární R-skupiny rozpuštěné ve vodě indukují vznik tenké slupky, kde jsou vodní molekuly vysoce uspořádané.

Vodíkové vazby

- ❑ Donory a akceptory protonů jsou uvnitř polypeptidových řetězců a mezi řetězci navzájem

Elektrostatické síly

- ❑ Interakce mezi dvěma opačně nabitými R-skupinami jako je Lys a Arg (pozitivně nabitě) a Asp a Glu (záporně nabitě)
- ❑ Ionizované R-skupiny s dipóly vodních molekul.

van der Waalsovy síly

- ❑ Přitažlivé van der Waalsovy síly - interakce mezi vzniklými dipóly u sousedních nenabitých atomů.
- ❑ Odpudivé van der Waalsovy síly - nenabité atomy se dostávají velice blízko sebe, ale nevznikají dipóly. Odpudivé síly vznikají v důsledku odpuzování se elektronů navzájem tam, kde se elektronové oblaky překryjí.

Vazby kovalentní

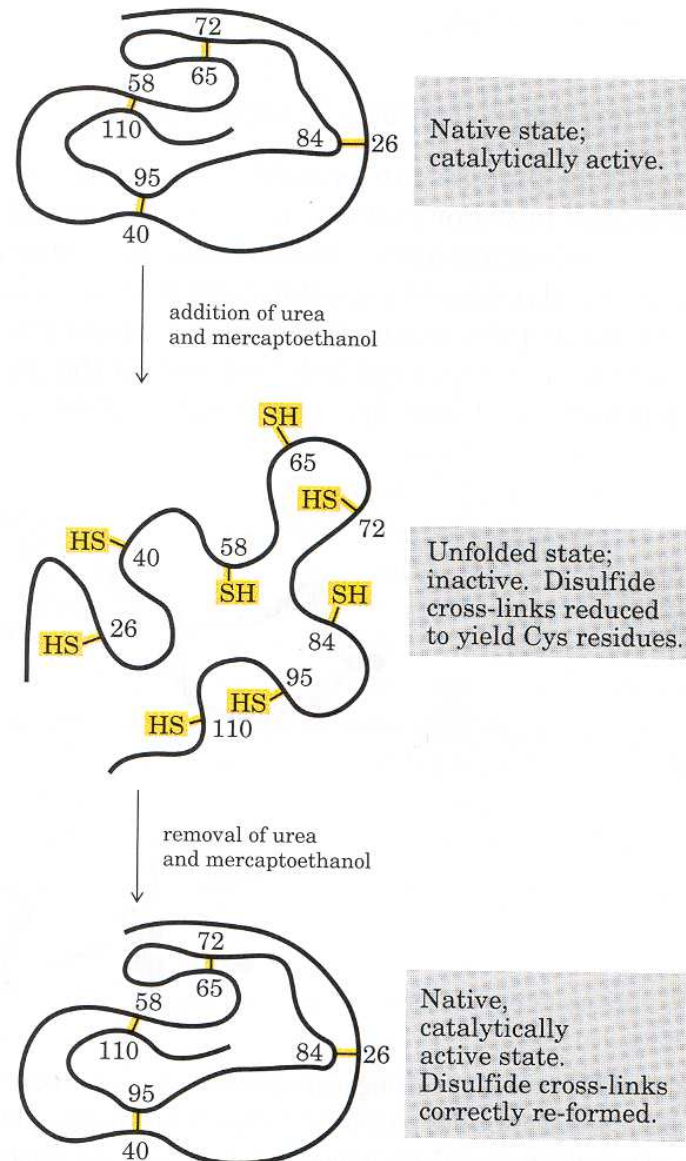
Peptidová vazba

-CO-NH-

Disulfidová vazba

-S-S-

Denaturace a opětovné složení



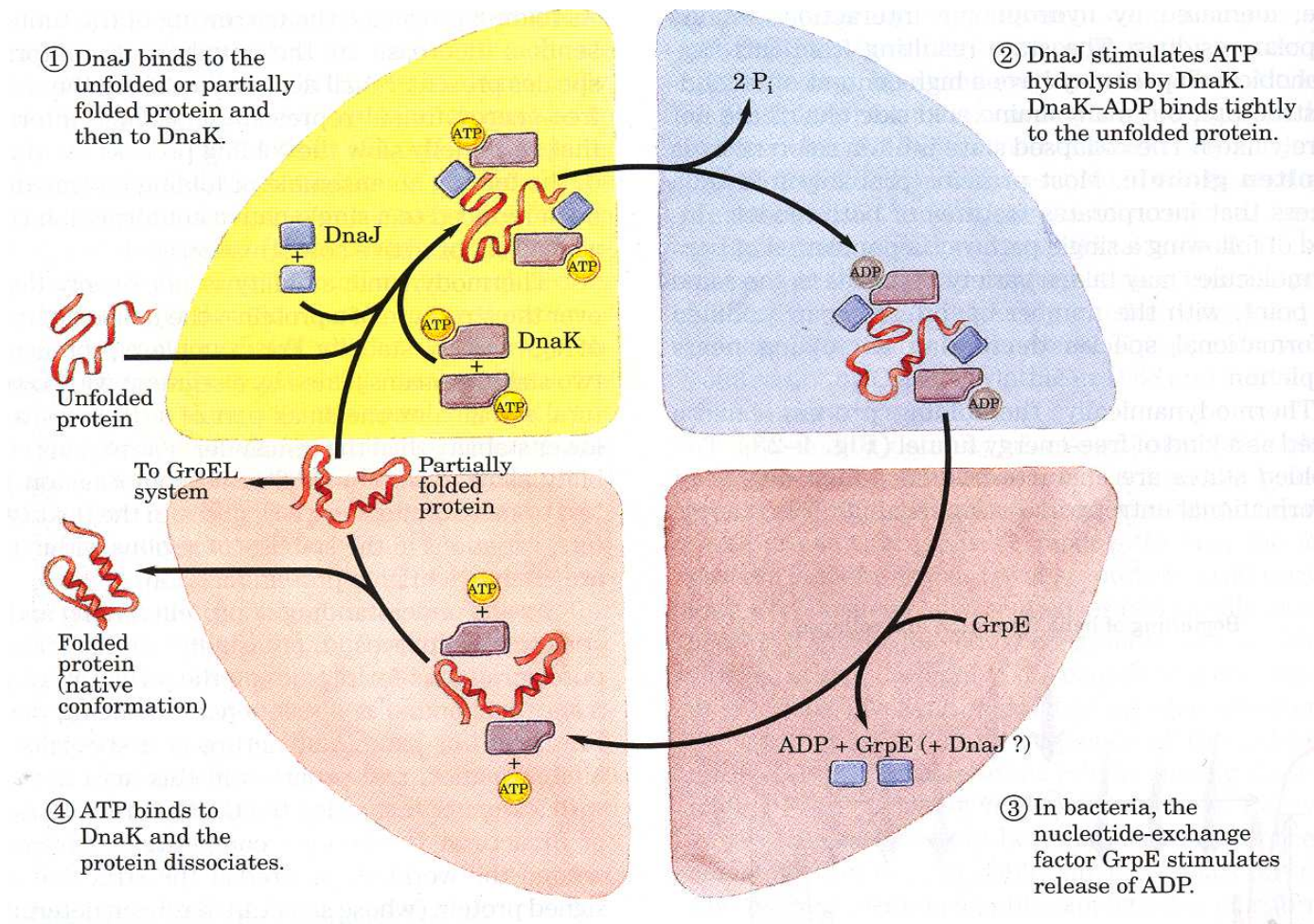
Denaturace je ztráta trojrozměrné struktury. Bílkovina ztrácí svoji funkci.

- ❑ Denaturace teplem zcela ruší slabé interakce (primárně narušuje vodíkové vazby).
- ❑ Krajní hodnoty pH mění celkový povrchový náboj, vznikají odpuzivé elektrostatické síly a zanikají některé vodíkové vazby.
- ❑ Organická rozpouštědla a detergenty ruší hydrofóbní interakce.

Renaturace opětovné získání původní přirozené struktury.

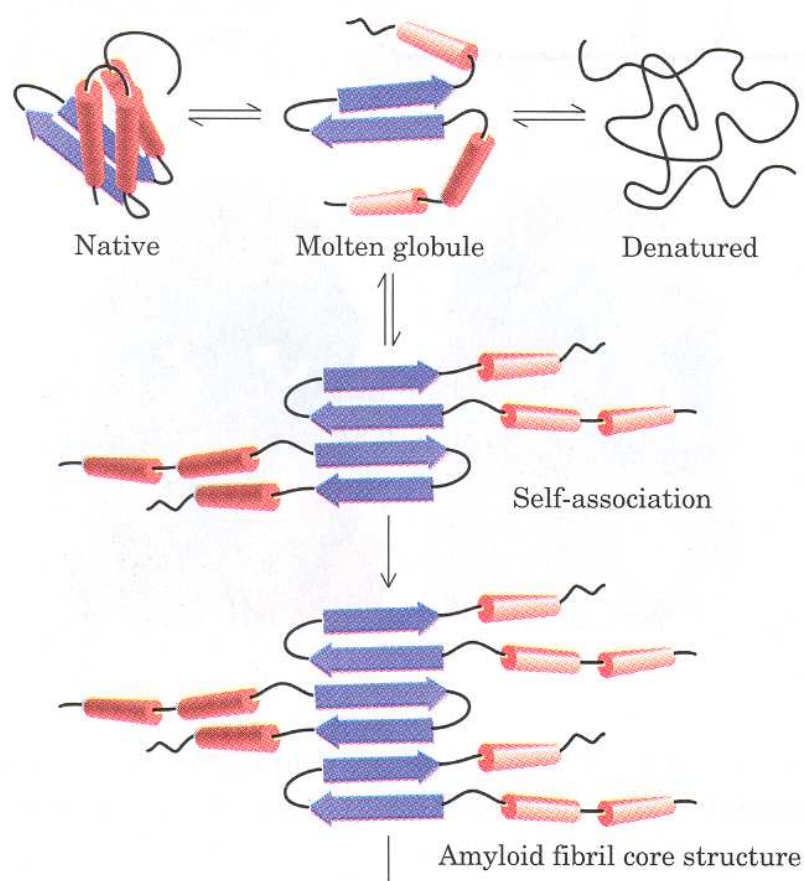
Některé bílkoviny mají při skládání asistenty

Molekulární chaperony. Chaperony ovlivňují buď částečně složené polypeptidové řetězce, nebo polypeptidy, které jsou složené nesprávně.



Poruchy skládání bílkovin

Vlákná **amyloidu** jsou nerozpustné extracelulární útvary špatně složených polypeptidových řetězců (**amyloidosa**).



Jádro amyloidu - b-skládaný list se přiloží jen částečně ke stejné oblasti vedlejšího polypeptidového řetězce.

Vlákná amyloidu se ukládají do prostoru mezi buňky a do okolí cév různých orgánů (srdce, ledviny, konečníku aj.). Vznikají po dlouho trvajícím zánětu nebo zhoubném onemocnění.

Klasifikace bílkovin podle biologické funkce

1. enzymy (laktátdehydrogenáza, DNA polymeráza)
2. zásobní bílkoviny (ferritin, kasein, ovalbumin)
3. transportní bílkoviny (hemoglobin, myoglobin, sérový albumin)
4. kontraktilní bílkoviny (myosin, aktin)
5. hormony (insulin, růstový hormon)
6. ochranné bílkoviny krve (protilátky, komplement, fibrinogen)
7. strukturální bílkoviny (kolagen, elastin, proteoglykany)
8. receptory pro hormony a jiné signální molekuly

Typy bílkovin

Globulární bílkoviny

Sféroidní tvar

Variabilní molekulová váha

Relativně vysoká rozpustnost

Různé funkce – katalytické, transportní, regulační (metabolismus, genové exprese)

Fibrilární bílkoviny

Tyčinkovitý tvar

Malá rozpustnost

Strukturální funkce v organismu

Lipoproteiny

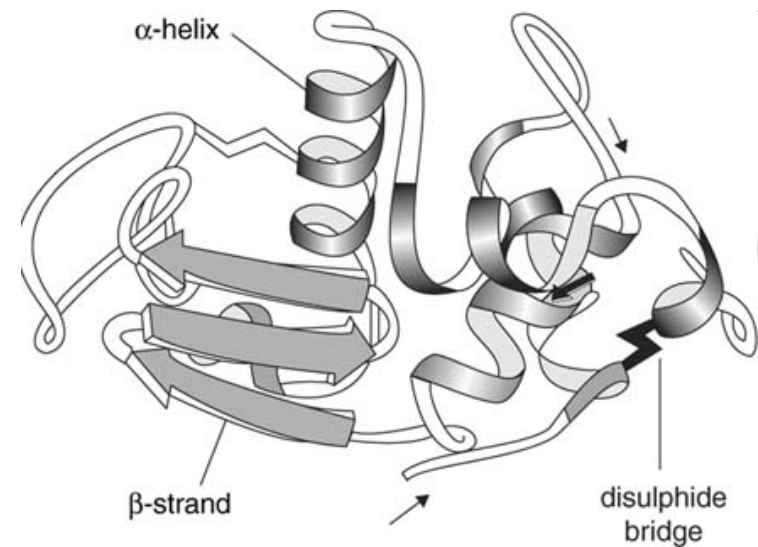
Komplexy protein + lipid

Glykoproteiny

Proteiny s kovalentně vázanými cukry

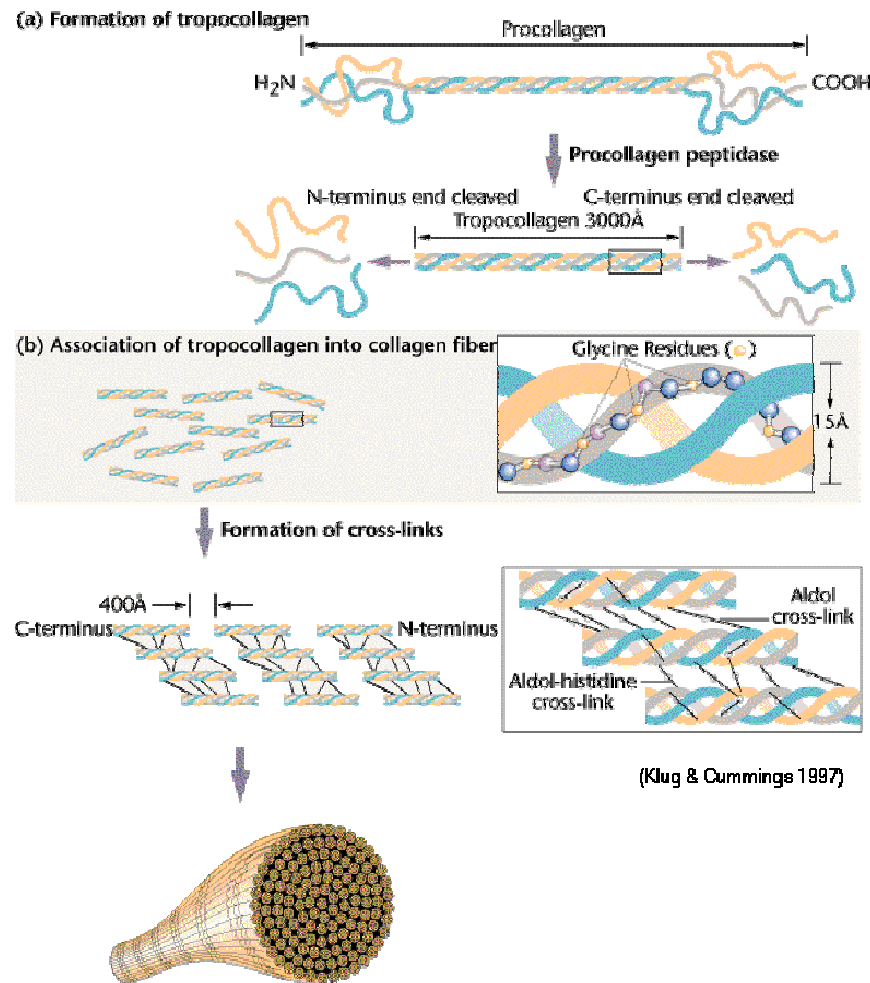
Globulární bílkoviny

- ❑ nepolární aminokyseliny uvnitř, polární orientovány vně – interakce dipól-dipól s rozpouštědlem (rozpustnost bílkoviny)
- ❑ celá řada enzymů, jsou obvykle složeny z kombinace obou typů sekundární struktury.
- ❑ hemoglobin složen výhradně z α -helixu a protilátky pouze z β -struktury.

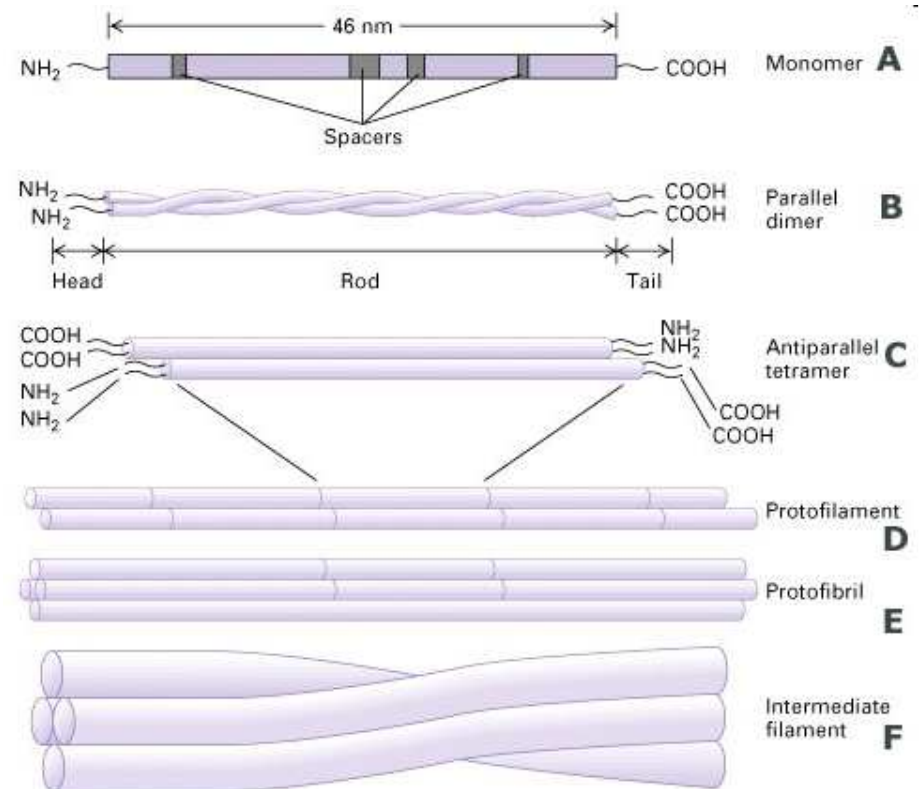


Fibrilární bílkoviny

Kolagen



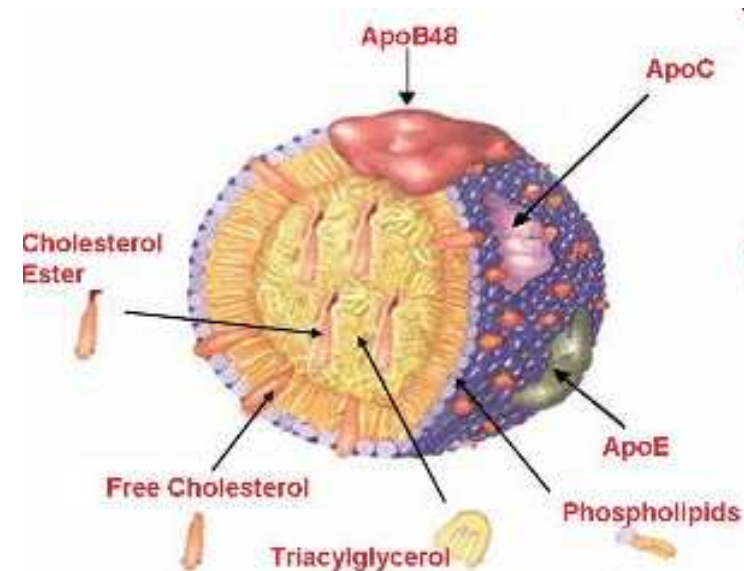
Keratin



Lipoproteiny

- ❑ Složené komplexy bílkoviny a lipidu
- ❑ Molekulární agregát s přibližnou stechiometrií mezi oběma komponentami
- ❑ Různé funkce v krvi (transport lipidů mezi tkáněmi), v lipidovém metabolismu

Apolipoprotein = čistá bílkovinná složka lipoproteinové částice, většinou dlouhý polypeptid, s obsahem sacharidů



Glykoproteiny

Sacharidový podíl je na proteinovou složku vázán:

- **O-glykosydovou** vazbou buď na –OH skupiny seirnu nebo threoninu (proteoglykany) nebo na hydroxyprolin nebo hydroxylysin (kolagen)
- **N-glykosydovou** vazbou na amidový dusík asparaginu

1. bílkoviny vylučované specifickými buňkami

- hormony
- proteiny extracelulární matrix
- proteiny kaskády krevní koagulace
- protilátky
- mukózní sekrety epiteliálních buněk

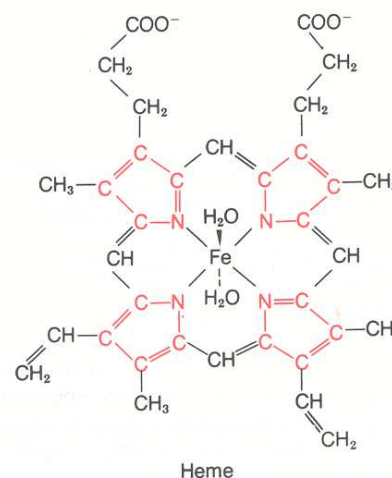
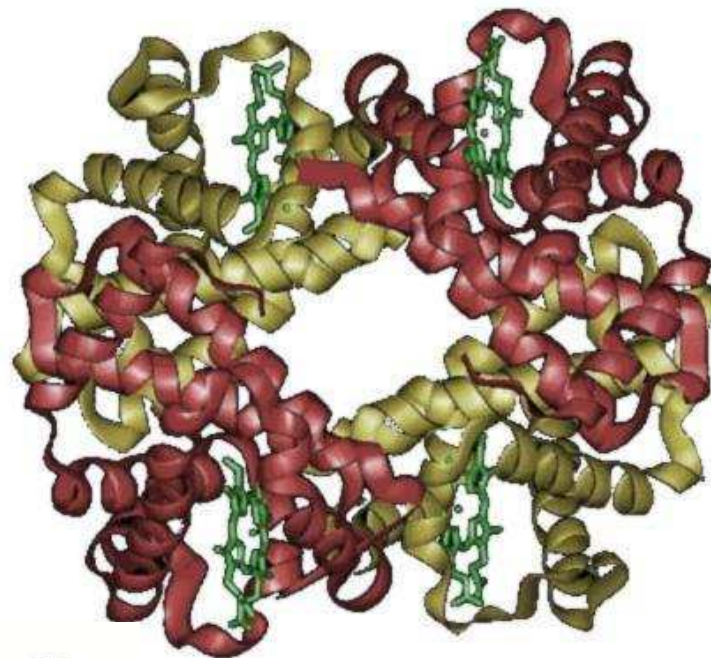
2. bílkoviny lokalizované na buněčném povrchu

- receptory (přijímání signálů z okolního prostředí buňky – hormony, růstové faktory, cytokiny aj. buněčná signalizace)

STRUKTURÁLNĚ-FUNKČNÍ VZTAHY

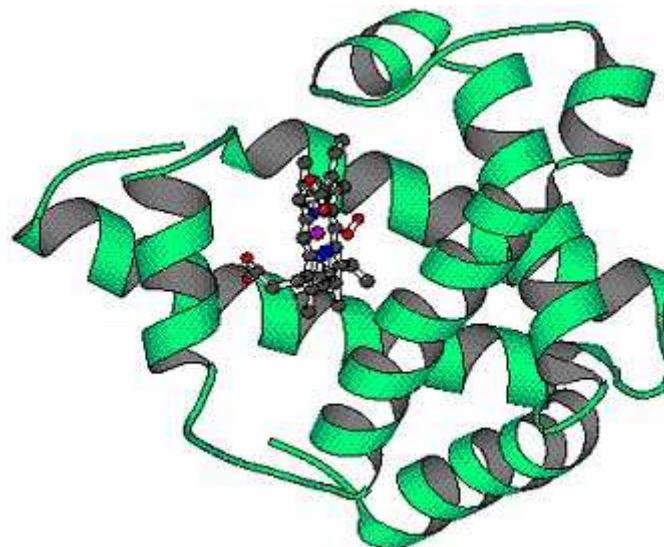
Hemoglobin a myoglobin

- ❑ Lidský hemoglobin má několik forem.
- ❑ Složen ze dvou α a dvou β podjednotek, které se liší primární strukturou.
- ❑ Váže čtyři molekuly kyslíku, přenáší kyslík krví z plic do tkání a buněk



Hemoglobin a myoglobin

- ❑ Myoglobin má jeden polypeptidový řetězec, váže jednu molekulu kyslíku.
- ❑ Váže a uvolňuje kyslík v cytoplasmě svalových buněk.



Hemoglobin a myoglobin obsahují prostetickou skupinu hem.

- ❑ bílkovina bez hemu = **apoprotein**
- ❑ kompletní bílkovina s hemem = **holoprotein**

Protilátky

Molekula imunoglobulinu je tetramer

dva řetězce těžké – H

dva řetězce lehké – L (κ a λ)

Třídy imunoglobulinů:

těžký řetězec

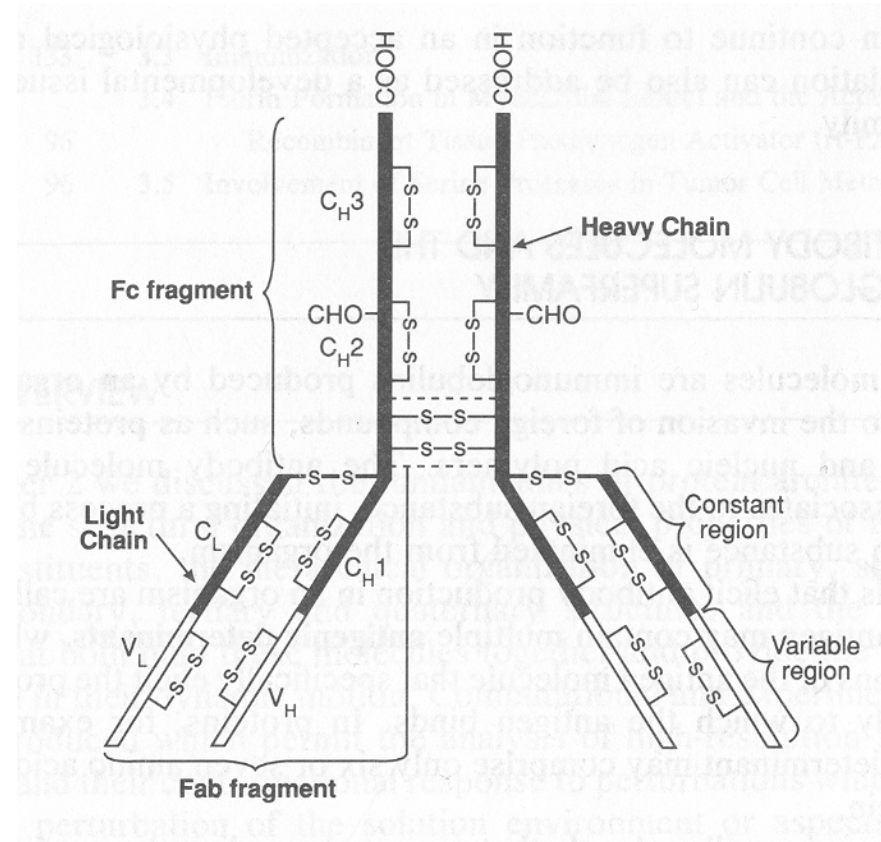
IgG γ

IgM μ

IgA α

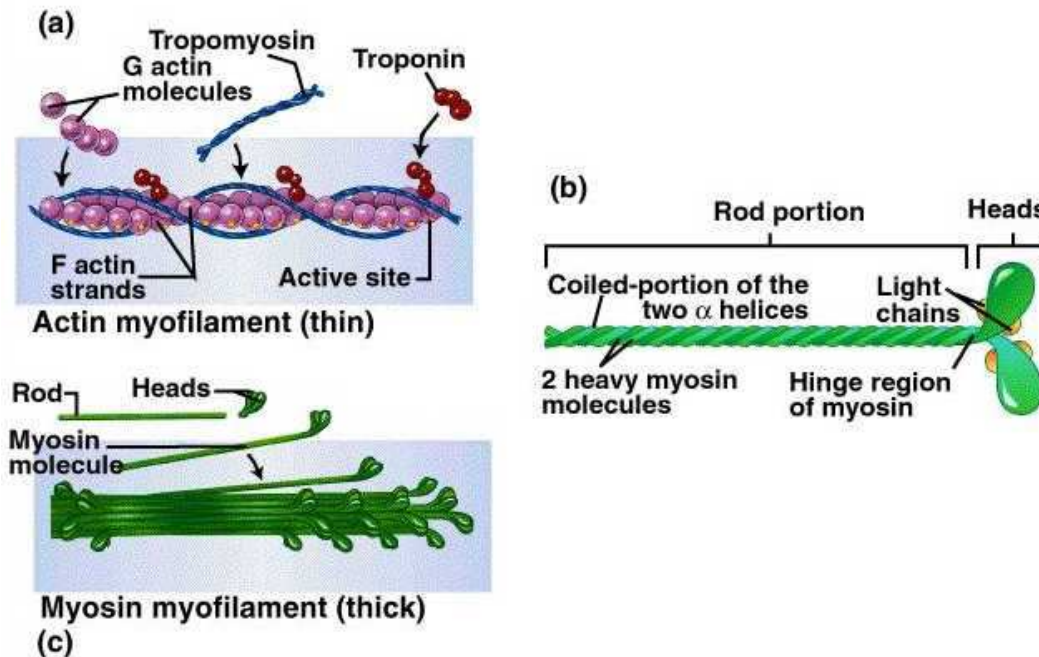
IgD δ

IgE ε



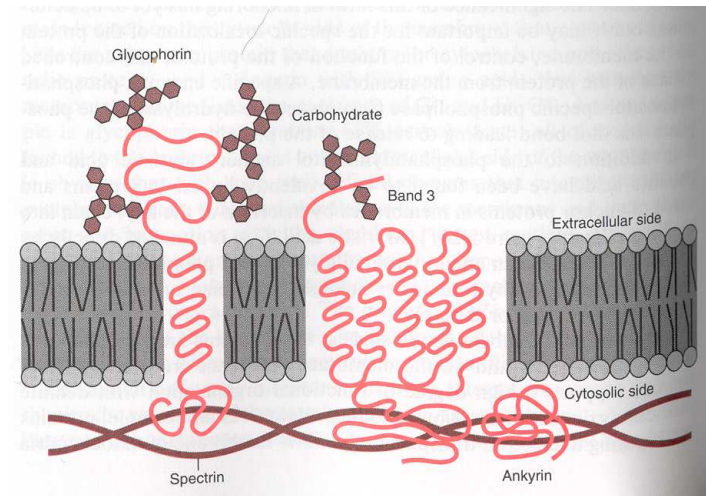
Kontraktilní svalové bílkoviny

Structure of Actin and Myosin

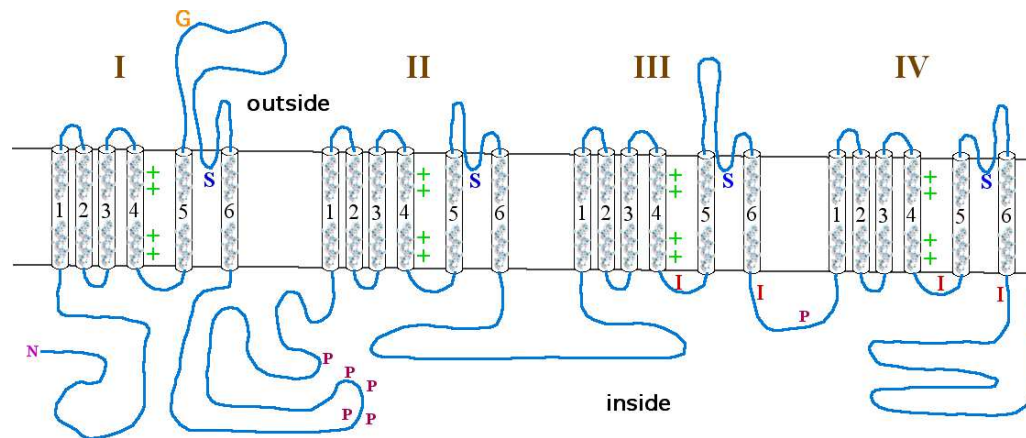


- ❑ tlustá filamenta - myosin
- ❑ tenká filamenta – aktin, tropomyosin, troponin
 - G-aktin – globulární protein
 - F-aktin – fibrilární protein
- ❑ jednou z důležitých biologických vlastností myosinu je schopnost spojovat se s aktinem za vzniku svalové kontrakce

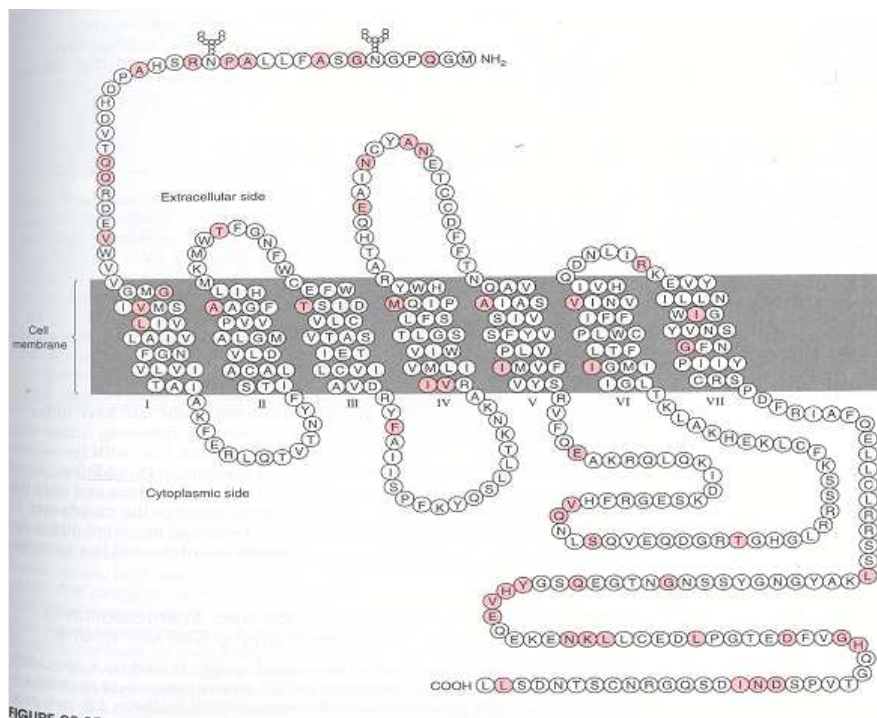
- ❑ Integrální membránové proteiny
- ❑ Periferní membránové proteiny
- ❑ Kanály a póry



Membrána erytrocytu



α -podjednotka napětově řízeného sodíkového kanálu



Membránové receptory přenášejí signál vyvolaný hormonem do buňky. Signál spouští kaskádu dějů, kterými se přenáší do jádra.

- Model β_2 adrenergního receptoru – β struktura se střídá s α helixem.
- Sedm domén procházejících membránou.
- Senzitivní na katecholaminy, zejména na noradrenalin

Proteolytické enzymy

Proteolytické enzymy jsou klasifikovány podle svého mechanismu katalytické reakce.

Vazebné místo pro substrát katalyticky hydrolyzuje peptidovou vazbu

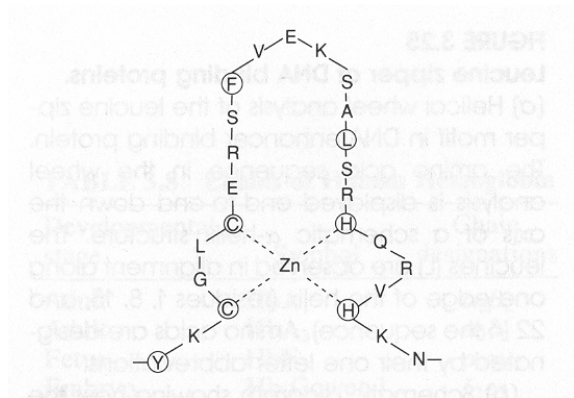
- **Serinové proteázy** – využívají aktivovaný serinový zbytek pro vazbu substrátu v aktivním místě.
- **Cysteinové proteázy** - využívají aktivovaný cysteinový zbytek pro vazbu substrátu v aktivním místě.
- **Aspartátové proteázy** - využívají aktivovaný aspartátový zbytek pro vazbu substrátu v aktivním místě.
- **Metaloproteázy** - využívají aktivovaný kovový iont pro vazbu substrátu v aktivním místě.

Regulační proteiny se s vysokou specifičností váží na DNA a regulují aktivaci nebo potlačení transkripce genu do mRNA.

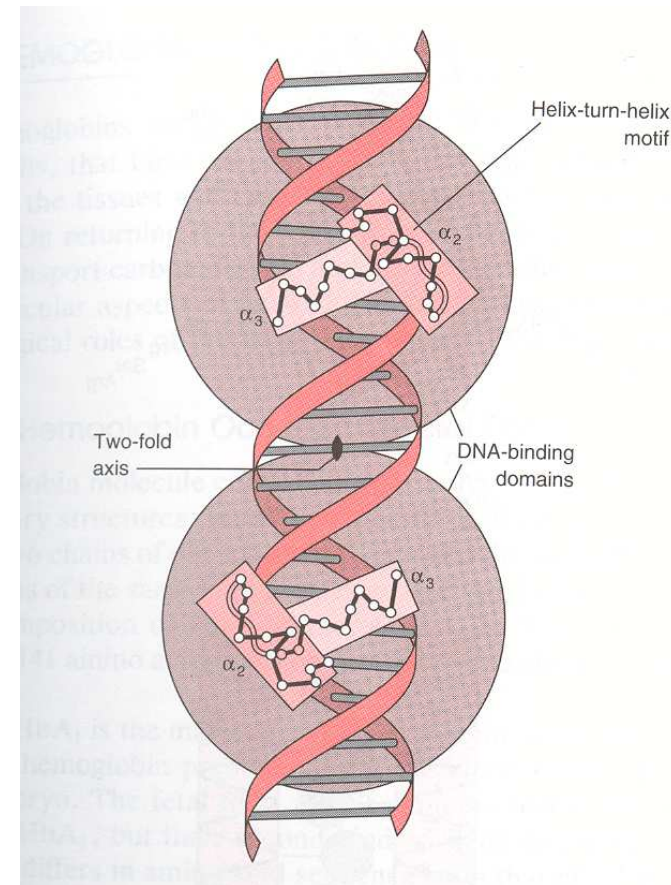
Tři jedinečné motivy:

- helix-závit-helix
- zinkový prst
- leucinový zip

Přímý kontakt s DNA, vazba pomocí vodíkových můstků nebo van der Waalsových sil.



Zinkový prst



Helix-závit-helix

Použité odkazy:

<http://student.ccbcmd.edu/~gkaiser/biotutorials/proteins/images/alphahelix.jpg>

<http://chem.ps.uci.edu/~pfarmer/grp2/myoglobin.jpg>

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Hemoglobin>

<http://academic.brooklyn.cuny.edu/biology/bio4fv/page/tertie.gif>

<http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/P/Polypeptides.html>

http://www.mun.ca/biology/scarr/Collagen_structure.gif

http://academic.brooklyn.cuny.edu/biology/bio4fv/page/prot_struct-4143.JPG

http://academic.wsc.edu/faculty/jatodd1/351/actin_myosin.jpg