

2. Teoretické východiska k téme Bielkoviny

Bielkoviny alebo proteíny (čo v preklade z gréčtiny „protos“ znamená zaujímajúci prvé alebo najdôležitejšie miesto), sú základnou súčasťou všetkých živých buniek a predstavujú látkový základ života.

Sú lineárne polyméry, tvorené zo zvyškov 21 rozdielnych aminokyselín pospájaných navzájom peptidovou väzbou $-CO-NH-$. V porovnaní s inými molekulami zlúčenín uhlíka majú veľkú relatívnu hmotnosť.

Patria medzi najdôležitejšie organické zlúčeniny. V organizme živočíchov a aj človeka tvoria viac ako 80% z celkového množstva organických látok. Organizmus netvorí bielkoviny zo základných stavebných prvkov (uhlík, vodík, dusík), ale ich prijíma potravou, rozkladá na aminokyseliny a tak vytvára vlastné bielkoviny. Rastliny a niektoré mikroorganizmy majú schopnosť tvoriť bielkoviny z jednoduchých organických látok.

Bielkoviny majú v živote človeka nezastupiteľnú funkciu a preto prostredníctvom potravy musíme telu dodávať nové zásoby bielkovín. Ľudská strava musí v dostatočnom množstve obsahovať desať potrebných α -aminokyselín. [2].

Optimálny príjem bielkovín je udávaný tzv. trojpomerom základných živín, t.j. bielkoviny : lipidy : sacharidy a to 1 : 1 : 4. Po prepočte na energiu to predstavuje 14% bielkovín, 28-30% tuku a 56% sacharidov [3].

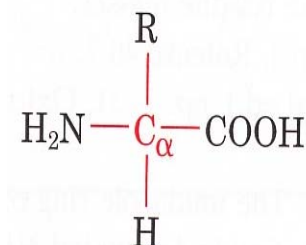
Zdroj, z ktorého bielkoviny pochádzajú nezávisle ovplyvňuje hladinu cholesterolu. Strava obsahujúca rastlinné bielkoviny má priaznivý vplyv na znížené hodnoty cholesterolu. Naopak, potrava živočíšneho pôvodu hladinu cholesterolu zvyšuje. Bielkoviny obsiahnuté v potrave priamo ovplyvňujú hladinu cholesterolu aminokyselín obsiahnutých v krvi, čo môže mať priaznivé, alebo naopak škodlivé účinky na hladinu krvného cholesterolu a na kôrnatenie tepien.

2.1 Chémia bielkovín

I. Aminokyseliny

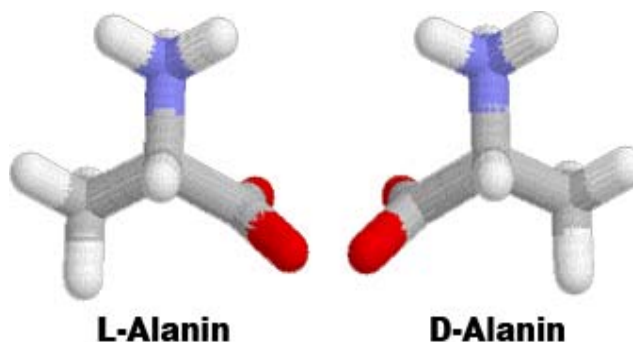
Aminokyseliny sú základnými stavebnými jednotkami bielkovín. Sú to molekuly, ktoré obsahujú okrem karboxylovej skupiny aj aminoskupinu. U α -aminokyselín sú obidve tieto skupiny viazané na rovnakom atóme - α -uhlíku. Uhlíkový atóm, na ktorý sú naviazané štyri rôzne substituenty je označovaný ako chirálny, jedine glycín má dve skupiny rovnaké, pretože radikál reprezentuje vodík.

Všeobecná štruktúra α -aminokyselín je nasledovná:



Aminokyseliny sú základnou stavebnou súčasťou peptidov a bielkovín. Reťazce, ktoré obsahujú 2-10 aminokyselín sa nazývajú oligopeptidy, reťazce obsahujúce od 10-100 sú polypeptidy, polyméry pozostávajúce z viac aminokyselín sú známe ako proteíny.

Tetrahedrálne usporiadanie štyroch rozdielnych skupín na α -uhlíku spôsobuje optickú aktivitu aminokyselín (schopnosť otáčať rovinou polarizovaného svetla). Dva optické obrazy aminokyselín sa nazývajú L-izomér a D-izomér. Iba L-aminokyseliny sú súčasťou proteínov.



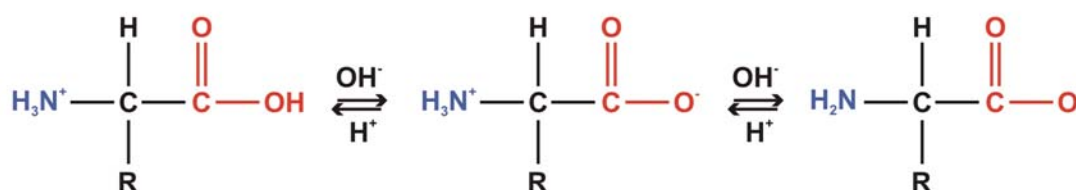
Obr. 1 L-forma a D-forma bielkoviny alanínu

<http://www.biologie.uni-erlangen.de/mpp/LEHRE/pages/Sem-1/CORN-Gesetz-01.html>

Karboxylová skupina a aminoskupina v aminokyselinách sa zúčastňuje všetkých reakcií, ktoré je možné u týchto skupín očakávať, ako je tvorba solí, esterifikácia a acetylácia [5].

Vlastnosti aminokyselín

Aminokyseliny sa správajú ako *amfolyty* – karboxylová skupina môže odštepovať protóny H^+ a aminoskupina ich môže prijímať. Vzniká obojaký ión *amfión*. Vo vodných roztokoch môžu disociovať v závislosti od pH prostredia ako kyseliny alebo ako zásady.



Obr. 2 Vznik amfiónu

<http://class.fst.ohio-state.edu/fst605/605p/Proteins.pdf>

Hodnota pH, pri ktorej je celkový náboj nulový sa nazýva izoelektrickým bodom (pI). V oblasti izoelektrického bodu sú aminokyseliny najmenej rozpustné..

Rozdelenie aminokyselín

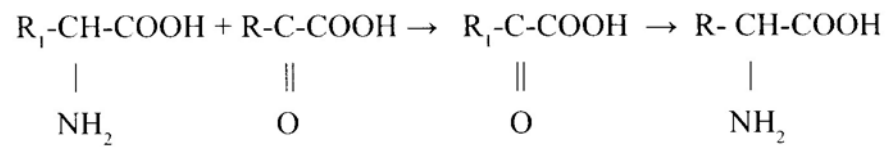
Aminokyseliny môžu obsahovať okrem základných charakteristických skupín v R-skupine aj: hydroxylovú skupinu -OH, tiolovú skupinu -SH a amidovú skupinu -NH₂.

Známejšie je rozdelenie na esenciálne a neesenciálne aminokyseliny, ktoré člení tieto látky podľa schopnosti organizmu vyrobiť si ich:

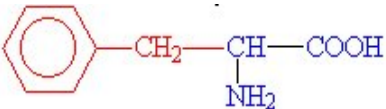
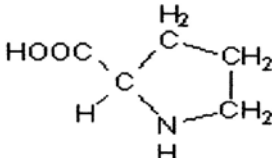
1. esenciálne – organizmus ich nedokáže vyrobiť sám, musia byť prijímané potravou v dostatočnom množstve. Sú pre človeka nevyhnutné (valín, leucín, izoleucín, metionín a i.),
2. neesenciálne – organizmus ich dokáže syntetizovať sám, najmä z medziproduktov metabolizmu sacharidov a lipidov. Pre človeka sú to nahraditeľné aminokyseliny (alanín, cysteín, prolín, serín a i.),
3. semiesenciálne – niektoré neesenciálne aminokyseliny mladý organizmus nie je schopný syntetizovať v dostatočnom množstve a preto stávajú sa esenciálnymi [7].

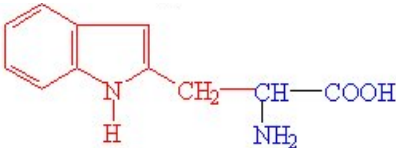
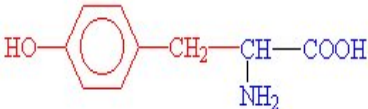
Neesenciálne aminokyseliny sa môžu v tele utvárať z oxokyselín transamináciou:

- ide o prenos aminoskupiny z jednej aminokyseliny na oxokyselinu a vzniká pri tom iná aminokyselina:



Tab. 1 Prehľad základných aminokyselín

P. č.	Názov AMK	skr.	Vzorec aminokyselín
1.	Glycín	Gly	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
2.	Alanín	Ala	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
3.	Valín	Val	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$
4.	Leucín	Leu	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$
5.	Izoleucín	Ile	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$
6.	Fenylalanín	Phe	
7.	Prolín	Pro	
8.	Serín	Ser	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$
9.	Treonín	Thr	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{NH}_2 \end{array}$
10.	Cysteín	Cys	$\begin{array}{c} \text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$

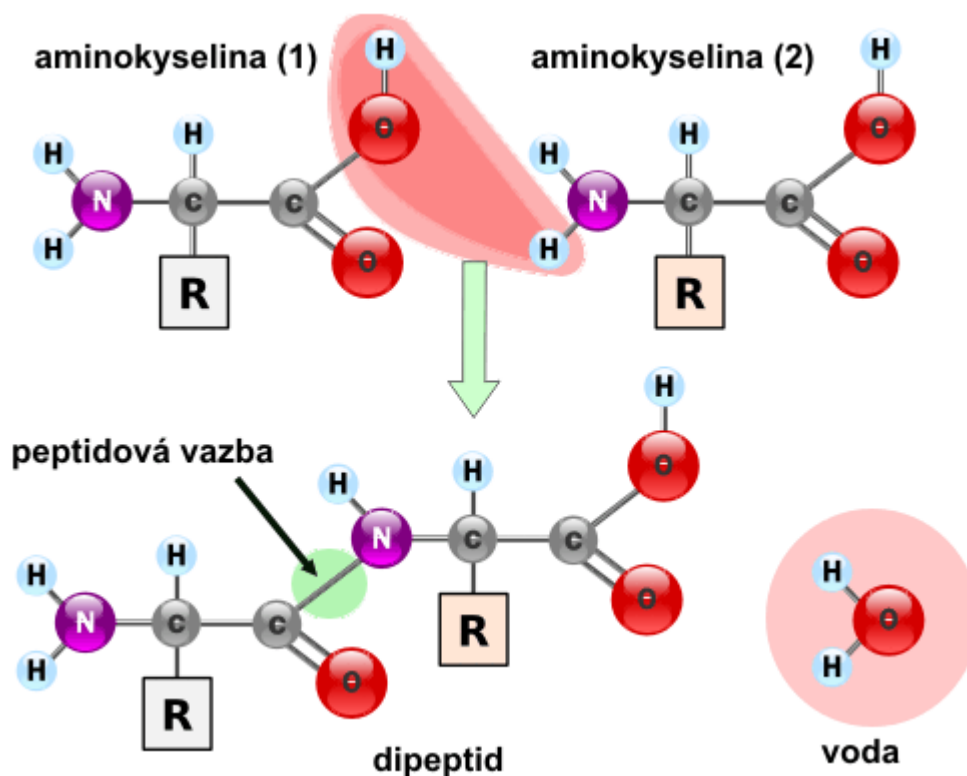
P. č.	Názov AMK	skr.	Vzorec aminokyselín
11.	Metionín	Met	$\text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$
12.	Tryptofán	Try	
13.	Tyrozín	Tyr	
14.	Asparagín	Asn	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C} \\ \quad \quad \quad // \\ \text{NH}_2 \quad \quad \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \\ \quad \quad \quad \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$
15.	Glutamín	Gln	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C} \\ \quad \quad \quad // \\ \text{NH}_2 \quad \quad \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \\ \quad \quad \quad \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$
16.	Asparágová kyselina	Asp	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$
17.	Glutámová kyselina	Glu	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$

P. č.	Názov AMK	skr.	Vzorec aminokyselín
18.	Lyzín	Lys	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---CH---COOH} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{NH}_2 \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array}$
19.	Arginín	Arg	$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---CH---COOH} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{NH} \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \\ \\ \text{H}_2\text{N---C=NH} \end{array}$
20.	Histidín	His	$\begin{array}{c} \text{N} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{H} \end{array} \begin{array}{c} \diagup \\ \diagdown \end{array} \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{---CH---COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
21.	Seleno- cysteín	Sec	$\text{H---Se---CH}_2\text{---CH---C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$ $\qquad \qquad \qquad \\ \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2$

II. Peptidy

Základným štruktúrnym prvkom bielkovín a všetkých druhov peptidov je *peptidová väzba* $-NH-CO-$. Jej prostredníctvom sú spojené jednotlivé aminokyselinové zvyšky do polymérnych reťazcov.

Sú to lineárne nevetvené štruktúry tvorené 21 rôznymi L- α -aminokyselinami spojených α -peptidovými väzbami, t.j. väzby vzniknuté reakciou karboxylovej skupiny jednej aminokyseliny a aminoskupinou ďalšej aminokyseliny za súčasného odštiepenia molekuly vody:



Obr. 3 Vznik peptidovej väzby

http://www.aldebaran.cz/bulletin/2010_16_enc.php

Peptidy sú teda prírodné látky zložené z dvoch a viacerých aminokyselín. Presná hranica medzi peptidami a bielkovinami nie je jednoznačná. Peptidy sa od bielkovín líšia hlavne veľkosťou. Bielkoviny majú molekulovú hmotnosť vyššiu ako 10 000, na rozdiel od peptidov, ktoré majú molekulovú hmotnosť nižšiu ako 10 000.

Na základe dĺžky reťazca rozdelíme peptidy na *dipeptidy*, *tripeptidy* až *polypeptidy* a *makropeptidy*

Názvoslovie peptidov

Názov peptidov tvoríme tak, že aminokyselina, ktorej karboxylová skupina vstupuje do peptidovej väzby má koncovku *-yl* a posledná aminokyselina si ponechá plný názov.

Napr. Alanyl-glutaminyl-histidyl-glycín

Aby sme sa vyhli dlhým názvom, používame k označeniu aminokyselinových zvyškov prvé tri písmena názvu aminokyselín

Napr. Ala-Glu-His-Gly

2.2 Klasifikácia bielkovín

Bielkoviny môžu byť zložené iba z aminokyselín – *jednoduché bielkoviny* alebo môžu obsahovať aj inú nebielkovinovú časť – prostetickú skupinu (sacharidy, lipidy, chelátovo viazané ióny a pod.), takéto bielkoviny označujeme ako *zložené*.

I. Jednoduché bielkoviny

Klasifikácia bielkovín sa uskutočňuje podľa celkového usporiadania peptidových reťazcov [10]:

1. Fibrilárne bielkoviny (skleroproteíny) – jednotlivé subjednotky sú pospájané medzi sebou lineárne a tvoria jemné vlákna. Navzájom sú pospájané do väčších útvarov, zvaných *fibrily*, ktoré sú vo vode nerozpustné. Sú súčasťou mechanických štruktúr buniek a pletív a zúčastňujú sa fyziologických procesov. Predovšetkým majú stavebnú funkciu v organizme.

Patrí sem: *kolagén* v spojovacích pletivách (koža, šľachy, chrupavky), *myozín* vo svaloch, *keratín* vo vlasoch, chlupoch, perí a *fibrín* v krvi a pod.

2. Globulárne bielkoviny (sferoproteíny) – sú dobre rozpustné vo vode, majú guľovitý tvar, molekula je zvinutá do guľovitého útvaru pomocou vodíkových mostíkov alebo kovalentných bisulfidických väzieb.

Patria sem: *albumíny* v krvnom sére, mlieku, vaječnom bielku, *globulíny* v krvnom sére, mlieku, tvoria podstatnú časť hemoglobínu a myoglobínu a *históny* obsahujúce zásadité aminokyseliny.

II. Zložené bielkoviny

Podľa prostetickej skupiny (nebielkovinovej časti) ich delíme [11]:

A. Nukleoproteíny – v molekule obsahujú nukleovú kyselinu. Vyskytujú sa najmä v jadrách buniek a nie sú zásadité.

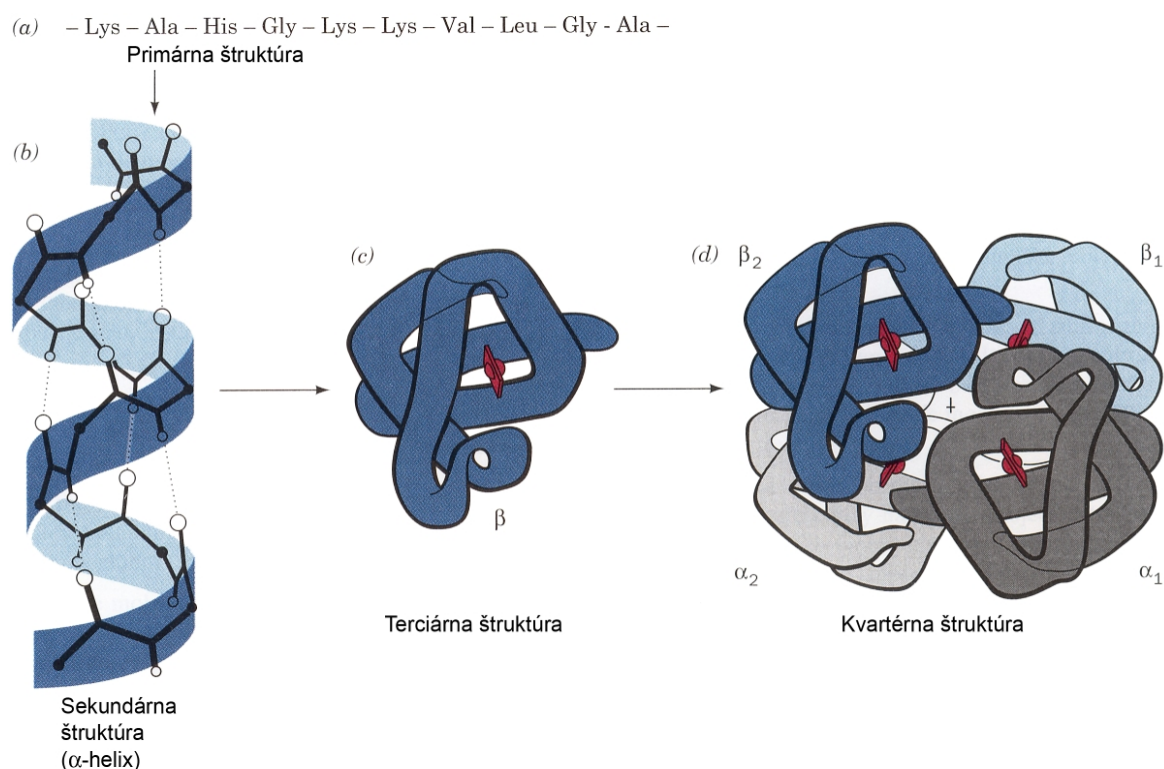
B. Glykoproteíny – ako prostetickú zložku obsahujú sacharidy alebo ich deriváty. Vo vode sú ľahko rozpustné a tvoria viskózne roztoky.

- C. Fosfoproteíny – obsahujú kyselinu fosforečnú estericky viazanú na hydroxylové skupiny bočných reťazcov serínu a treonínu. Vyskytujú sa v mlieku (kazeín) a vo vaječnom žĺtku (vitelín).**
- D. Lipoproteíny – obsahujú nebielkovinovú zložku fosfolipidy, glykolipidy a cholesterol. Tvoria nerozpustné komplexy ako súčasť biomembrán. Majú dôležitú úlohu pri transporte látok.**
- E. Chromoproteíny (hemoproteíny) – ako prostetickú zložku majú farebnú zlúčeninu. Patria sem hemoglobíny, myoglobín alebo cytochrómy.**
- F. Metaloproteíny – obsahujú vo svojej molekule kov (Fe, Mn, Mg, Co, Cu a pod.), napr. ferredoxín a cytochrómy obsahujúce železo. Ich funkciou je prenos a uskladnenie iónov kovov.**

2.3 Štruktúra bielkovín

Bielkoviny sú centrom biologických procesov. Fungujú ako enzýmy, ktoré katalyzujú zložitý súbor chemických reakcií dôležitých pre náš život. Sú tvorené aminokyselinami, ktoré sú usporiadané v molekule bielkovín rôznym spôsobom. Niektoré sú obsiahnuté v reťazci viackrát, niektoré menej.

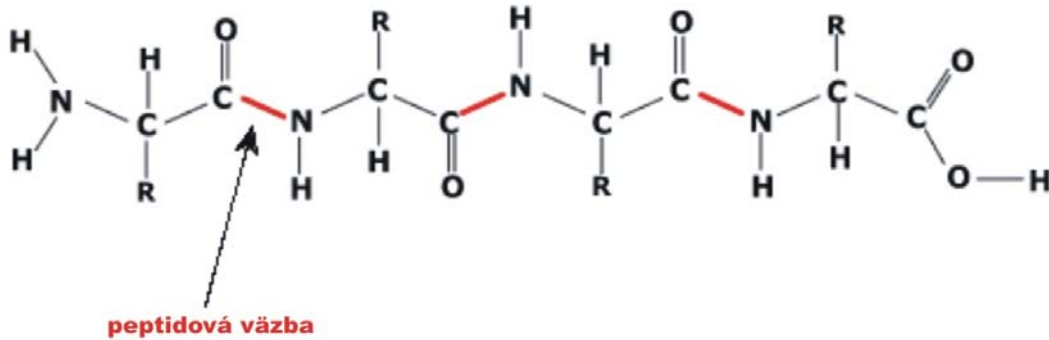
Štruktúra bielkovín, ako aj iných polymérnych materiálov, bola opísaná v horizonte štyroch úrovni organizácie [6].



Obr. 4 Štruktúrna hierarchia v bielkovinách [6]

I. Primárna štruktúra

– je charakteristická poradím (sekvenciou) monomérnych jednotiek, t.j. jednotlivých aminokyselín, v polypeptidových reťazcoch pospájaných peptidovými väzbami. Primárna štruktúra bielkovín je geneticky determinovaná. Primárna štruktúra bielkovín podmieňuje ďalšie vyššie typy štruktúr bielkovín [11].



Obr. 5 Primárna štruktúra bielkovín

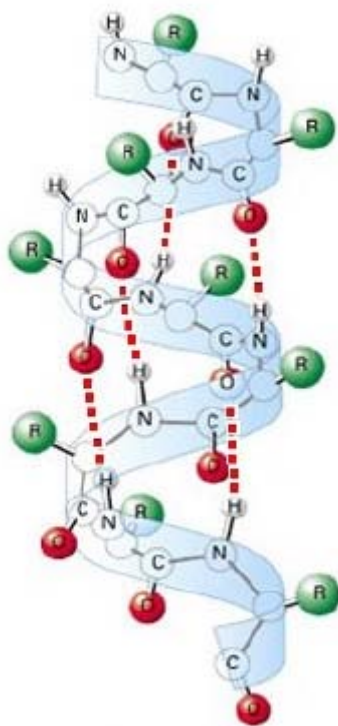
<http://click4biology.info/c4b/7/pro7.5.htm>

II. Sekundárna štruktúra

– je charakterizovaná geometrickým usporiadaním jednotlivých peptidových reťazcov. Je podmienená prítomnosťou vodíkových väzieb, medzi skupinami C=O a protónom skupiny NH.

Orientácia vodíkových mostíkov závisí od druhu bielkoviny a určuje typ sekundárnej štruktúry:

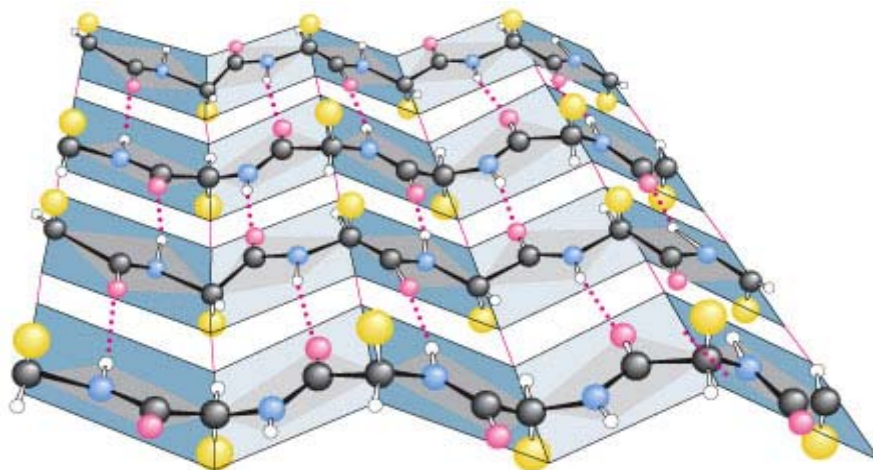
- a) α -závitnica (α -helix) – princípom je stáčanie peptidového reťazca do mierne stúpajúcej špirály (pravo- alebo ľavotočivej). Dĺžka jedného závitú skrutkovice je 3,6 zvyškov aminokyselín.



Obr. 6 Sekundárna štruktúra bielkovín – α -helix

http://fikus.omska.cz/~bojkovsm/termodynamika/vodikova_vazba.html

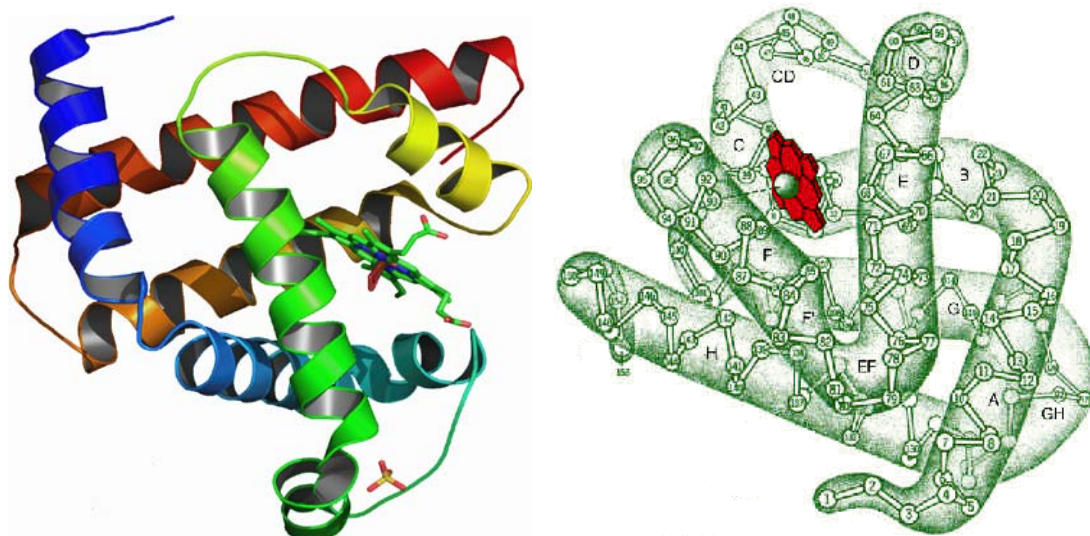
- b) skladaný list (β -štruktúra) – vyskytuje sa hlavne u vlákнитých bielkovín (keratín, kolagén, fibrín a pod.). V β -štruktúre peptidové reťazce sú viac alebo menej natiahnuté, majú cikcakový vzhľad. V rovine sú usporiadané nielen peptidové väzby, ale aj vodíkové mostíky. Radikály vyčnievajú na obidve strany [11].



<http://met.fzu.edu.cn/eduonline/protein%20chemistry%20net/english/bjkc/jawd7.html>

III. Terciárna štruktúra

– vyjadruje priestorové usporiadanie jednotlivých reťazcov v molekule bielkoviny (priestorové usporiadanie sekundárnej štruktúry). Ide o ohýbanie peptidových reťazcov s vytvorenou sekundárnou štruktúrou a jej stabilizácia väzbami bočnými reťazcami aminokyselín.



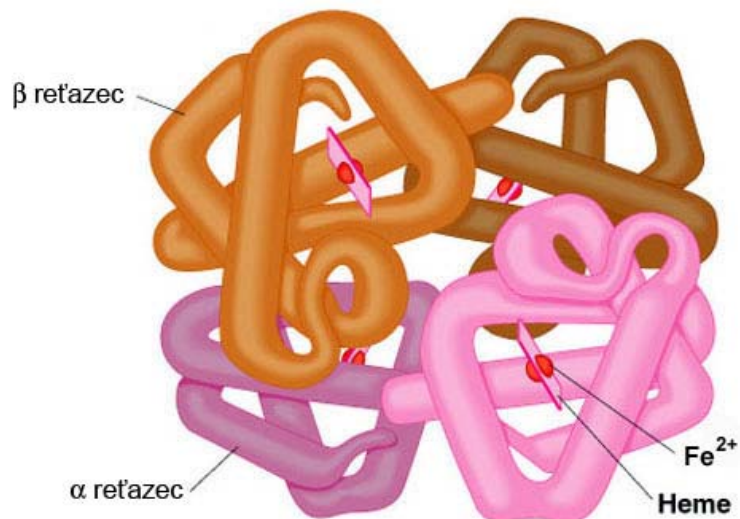
Obr. 8 Terciárna štruktúra bielkovín

<http://biochemistryquestions.wordpress.com/2008/10/05/tertiary-level-of-protein-structural-organization/>

http://www.infovek.sk/predmety/biologia/diplomky/biologia_bunky/struktura_bielkovin.htm

IV. Kvantárna štruktúra

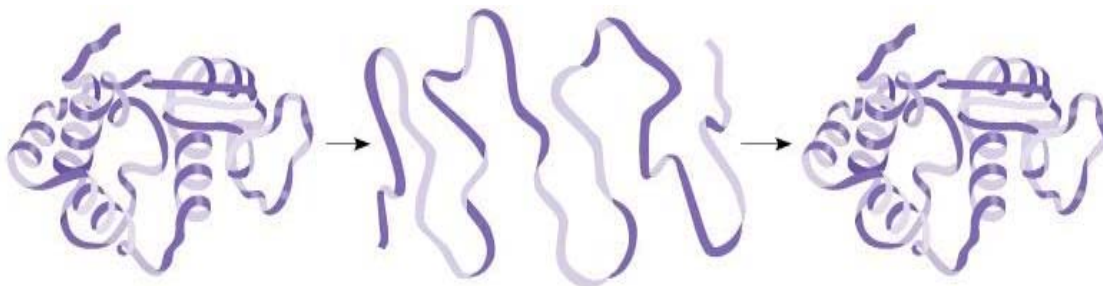
– predstavuje priestorové usporiadanie podjednotiek do jednej väčšej molekuly. Na disociácii jednotlivých podjednotiek sa podieľajú nekovalentné väzby, pri ktorých dôležitú [5, 11[5].



Obr. 9 Kvartérna štruktúra bielkovín - hemoglobín

<http://themedicalbiochemistrypage.org/protein-structure.html>

Denaturácia bielkovín - je hlboká konformačná zmena, ktorá môže nastať v ktorejkoľvek bielkovine. Pri denaturácii sa mení priestorové usporiadanie pôvodnej natívnej molekuly predovšetkým v dôsledku zrušenia vodíkových väzieb, pričom primárna štruktúra sa zachováva. Denaturácia nastáva vplyvom vonkajších faktorov ako sú vysoké teploty, ionizujúce žiarenie, ťažké kovy, silné kyseliny a zásady. Denaturácia sa prejavuje stratou tvaru, optickej aktivity, biologických vlastností a väčšinou je nevratná – ireverzibilná. Ak však dôjde iba k čiastočnému rozvinutiu globuly, je tento proces vratný a môže nastať renaturácia [2].



Obr. 10 Denaturácia a renaturácia bielkovín

http://www.imb-jena.de/~rake/Bioinformatics_WEB/proteins_denaturation.html

Denaturované bielkoviny sú stráviteľnejšie, pričom si zachovávajú svoju biologickú hodnotu. Tento jav sa využíva pri termickej úprave bielkovín a potravín. Denaturáciu teplom využívame v praxi ako sterilizáciu.

2. 4 Biologické funkcie bielkovín

- sú súčasťou všetkých bunkových membrán (skleroproteíny, glykoproteíny),
- katalyzujú všetky reakcie, ktoré prebiehajú v bunke,
- tvoria protilátky, nevyhnutné pre obranyschopnosť organizmu,
- sú súčasťou hormónov, ktoré regulujú procesy v bunkách (inzulín, glukagón),
- bielkovina hemoglobín prenáša kyslík v erytrocytoch, myoglobín kyslík vo svaloch,

sú súčasťou svalov a dávajú pevnosť kože, tvoria 75% suchej hmotnosti mäkkých tkanív v ľudskom tele (12).

- [1] *Učebné osnovy a vzdelávacie štandardy gymnázia štvorročné štúdium a pre 5. – 9. ročník základnej školy, chémia*. [online]. [cit. 2011-06-30]. Dostupné na internete: <<http://www.statpedu.sk>>.
- [2] MIŠÚROVÁ, E.: *Molekulárna biológia*. 1. vyd. Košice : Prírodovedecká fakulta Univerzity P. J. Šafárika, 1999. s. 9-26. ISBN 80-7097-367-6.
- [3] KYSELOVIČ, J.: *Biochémia výživy*. 2. vyd. Nitra: Vydavateľstvo SPU, 2009. s. 17-32. ISBN 978-80-552-0163-4.
- [4] ODSTRČIL, J.: *Biochemie*. 2. vyd. Brno : NCO NZO, 2005. s. 27-40, 99-119. ISBN 80-7013-425-9.
- [5] MURRAY, R.K. et al.: *Harperova Biochemie*. 23. vyd. Jinočany : Nakladatelství a vydavatelství H&H, 2002. s. 24-51. ISBN 80-7319-013-3.
- [6] VOET, D., VOET, J.G.: *Biochemistry*. 3rd Edition. Danver : John Wiley and Co., 2004. s. 80-328. ISBN 0-471-39223-5.
- [7] URBAN, J., NOVOTNÝ, J.: *Organická chémia a biochémia živých sústav*. 1. vyd. Prešov : Vydavateľstvo – Michala Vaška, 2008. s. 42-47. ISBN 978-80-8105-057-2.
- [8] VODRÁŽKA, Z.: *Biochemie*. 2. vyd. Praha : Nakladatelství Academia, 2007. s. 52-80. ISBN 978-80-200-0600-4.
- [9] HRNČIAR, P.: *Organická chémia*. 4. vyd. Bratislava : Vydavateľstvo UK, 1997. s. 587-593. ISBN 80-223-1161-8.

- [10] TAKÁCSOVÁ, M., PRÍBELA, A.: *Chémia potravín*. 1. vyd. Bratislava : Vydavateľstvo STU, 1996. s. 20-45. ISBN 80-227-0861-5.
- [11] MICHALÍK, I.: *Biochémia*. 1. vyd. Nitra : Vydavateľstvo SPU, 2008. 228 s. ISBN 80-7137-232-3.
- [12] *Bielkoviny* [online]. [cit. 20011-06-30]. Dostupné na internete: <<http://www.bioweb.genezis.eu/?cat=10&file=bielkoviny&page=1>>.