

1 BIELKOVINY

Bielkoviny sú základnou zložkou akejkoľvek živej hmoty. Sú podmienkou života nielen pre schopnosť vytvárať bunkové a nadbunkové štruktúry, ale aj pre ich ďalšie funkcie-katalýza reakcií. V ľudskom tele je približne 14 kg bielkovín, najviac z nich pripadá na kolagén. Bielkoviny sú nenahraditeľnou súčasťou potravy (Murray 2003; Kimáková 2008; Rovný a kol. 2012).

Bielkoviny sú biopolyméry (makromolekulové látky), zložené z aminokyselín. V živočíšnych organizme sa nachádza viac ako 80 % z celkového množstva organických látok, sú základnou súčasťou všetkých buniek. V tkanivách vyšších organizmov a človeka je podiel bielkovín zo všetkých prítomných látok vyšší ako 80 %. Organizmus netvorí bielkoviny zo základných stavebných prvkov (C, H, N). Bielkoviny prijíma potravou, rozkladá ich na aminokyseliny a tvorí si vlastné bielkoviny. Živočíchy (vrátane človeka) prijímajú bielkoviny v potrave, v tráviacom trakte dochádza k ich rozkladu na aminokyseliny, z ktorých sa následne vytvárajú vlastné špecifické bielkoviny (Murray 2003; Ledvina 2009). Schopnosť tvoriť bielkoviny majú len rastliny a niektoré mikroorganizmy. Tie ich tvoria z jednoduchých anorganických látok. Rastlinné organizmy obsahujú menej bielkovín a viac polysacharidov. Len rastliny sú schopné syntetizovať bielkoviny z anorganických zlúčenín (dusičnanov) (Lehotský 2012; Tkáčiková a Mydlárová Blaščáková 2015).

1.1 Zloženie bielkovín

Základnou stavebnou jednotkou bielkovín sú aminokyseliny. Z chemického hľadiska sú to substitučné deriváty karboxylových kyselín a obsahujú štyri základne prvky nevyhnutné pre život – uhlík, vodík, kyslík a dusík (niektoré aj síru) a charakteristická je pre ne okrem $-COOH$ skupiny aj aminoskupina $-NH_2$.

Aminokyseliny môžeme rozdeliť z viacerých hľadísk:

1. Podľa pH:
 - a. Neutrálne (obsahujú rovnaký počet $-COOH$ a $-NH_2$ skupín),
 - b. Kyslé (obsahujú viac $-COOH$ skupín),
 - c. Zásadité (obsahujú viac $-NH_2$ skupín).

2. Podľa polohy aminoskupiny:

- a. α -aminokyseliny (aminoskupinu majú viazanú na α -uhlíku),
- b. β -aminokyseliny (aminoskupinu majú viazanú na β -uhlíku),
- c. γ -aminokyseliny (aminoskupinu majú viazanú na γ -uhlíku).

- pre bielkoviny sú dôležité α -aminokyseliny

3. Podľa schopnosti organizmu vyrobiť si ich:

- a. esenciálne - organizmus si ich nedokáže syntetizovať, preto ich musí prijímať v potrave (fenylalanín, histidín, izoleucín, leucín, lyzín, metionín, valín, arginín, treonín, tryptofán),
- b. neesenciálne - organizmus si ich dokáže syntetizovať z iných látok (Matouš 2010; Poráčová a kol. 2015).

Pretože bielkoviny zo živočíšnej potravy obsahujú všetky esenciálne aminokyseliny v pomere aký telo vyžaduje, nazývajú sa kompletne bielkoviny (aj bielkoviny prvej triedy). Bielkoviny z rastlinných zdrojov neobsahujú vždy všetky esenciálne aminokyseliny, a preto sa nazývajú neúplné alebo druhoradé bielkoviny (Kimáková 2009).

1.2 Rozdelenie a funkcie bielkovín

Bielkoviny plnia v živých organizmoch viaceré funkcie:

- sú stavebnými zložkami živočíšnych a rastlinných tkanív (skleproteíny),
- zúčastňujú sa na transporte rôznych zlúčenín v organizme (hemoglobín, lipoproteíny),
- regulujú priebeh dejov prebiehajúcich v organizmoch (hormóny, enzýmy),
- sú súčasťou ochranného systému v organizmoch (imunoglobulíny, protilátky),
- ako súčasť svalových vlákien sprostredkujú pohyb (myozín, aktín),

- sú schopné prenášať zmyslové informácie (rhodopsín v sietnici oka),
- plnia výživovú funkciu (sú zdrojom esenciálnych aminokyselín a dusíka) (Račay 2012).

Z výživového hľadiska sa bielkoviny delia na:

- plnohodnotné, ktoré obsahujú všetkých 8 esenciálnych aminokyselín (vajcia, mlieko),
- takmer plnohodnotné, niektoré esenciálne kyseliny sú v nich nedostatkové (mäso),
- neplnohodnotné, ide o väčšinu rastlinných bielkovín (patrí sem aj kolagén, ktorý je súčasťou kože, chrupaviek a kostí, pretože neobsahuje esenciálnu aminokyselinu tryptofán) (Kodíček 2007; Makovický a kol. 2015).

Na základe tvaru molekuly rozoznávame bielkoviny:

- globulárne, ktorých molekula má tvar oblý až guľatý (albumíny, globulíny, gluteníny),
- fibrilárne, ktorých molekula má tvar vlákien (kolagén, elastín, keratín) (Vodrážka 2007).

Podľa zloženia sa bielkoviny delia na:

- jednoduché bielkoviny- proteíny- zložené iba z aminokyselín,
- zložené bielkoviny- proteidy- s obsahom aj iných zložiek, napr. lipidov, sacharidov, kovov, nukleových kyselín.

Ďalšia klasifikácia bielkovín sa môže uskutočňovať na základe iných kritérií, napr. na základe rozpustnosti, elektroforetickej pohyblivosti a pod.

V organizme nie je možné bielkoviny nahradiť žiadnymi inými zlúčeninami, ale ako zdroj energie ich môžu nahradiť sacharidy a lipidy (Sedlák 2007).

1.2.1 *Jednoduché bielkoviny- proteíny*

Históny bielkoviny rozpustné vo vode, s väčšou relatívnou molekulovou hmotnosťou ako protamíny. Sú rozpustné v kyselinách a zásadách. Ich roztoky reagujú zásadito. Od protamínov sa odlišujú nerozpustnosťou v amoniaku a obsahom tyrozínu. Podobne ako protamíny sú viazané na nukleové kyseliny

a nachádzajú sa najmä v bunkových jadrách. Izolovali sa ako nukleohistóny z leukocytov, spermíí a z týmusu (Paulov 1973; Ledvina 2009).

Protamíny sa podľa relatívnej molekulovej hmotnosti zaraďujú medzi peptidy, avšak ich biologické vlastnosti sú typické pre bielkoviny. Zistili sa v mlieči rýb, v hlavičkách spermíí spolu s nukleovými kyselinami (salmín- v lososovi, klupeín- v sled'ovi, skombrín- v makrele).

Albumíny neutrálne bielkoviny obsahujúce všetky aminokyseliny. Sú dobre rozpustné vo vode aj za prítomnosti solí. Z roztokov ich možno vysoliť koncentrovaným síranomamónnym. Varom ich možno koagulovať v blízkosti izoelektrického bodu. Patrí sem sérumalbumín, vyskytujúci sa v krvnom sére, ovoalbumín vo vajcovom bielku a laktoalbumín v mlieku. Pri varení kravského mlieka sa vo vznikajúcej povrchovej kožke zráža teplom práve laktoalbumín s uhličitanom vápenatým. Tzv. albumínové mlieka majú vyšší obsah laktoalbumínu (napr. ženské mlieko a mlieko mäsožravcov), varom sa zráža.

Svojou povahou sem zaraďujeme aj iné bielkoviny, ktoré majú vo svojom názve priamo označenú túto povahu albumínov. Je to napr. svalová bielkovina myogén a bielkovinová časť hemoglobínu- globín(Paulov 1973; Lehotský 2012).

Globulíny v organizme živočíchov sa vyskytujú zvyčajne s albumínmi. Od albumínov sa odlišujú tým, že sú nerozpustné vo vode a rozpúšťajú sa v nej len za prítomnosti malého množstva soli. Sú rozpustné v zriedených kyselinách a zásadách. Z roztokov ich možno vylúčiť vysol'ovaním neutrálnymi sol'ami už pri polovičných koncentráciách. Globulíny sú veľmi rozšírené v živočíšnej ríši. Patria sem sérové globulíny zložené z viacerých α —, β —, γ — globulínov, vajcové ovoglobulíny, mliečne laktoglobulíny, svalové globulíny myoglobulín a myozín a bielkovina štítnej žľazy tyreoglobulín. Ku globulínom zaraďujeme aj fibrinogén z krvnej plazmy, Benceho -Jonesovu bielkovinu, ktorá sa vyskytuje v moči chorých pri nádore pľuzmocytom.

Z jednoduchých bielkovín sem patria aj typické štrukturálne bielkoviny označované ako skleroproteíny alebo protenoidy, niekedy aj albuminoidy. Všetky tieto bielkoviny sú nerozpustné vo vode a v neutrálnych rozpúšťadlách. Predstavujú lineárne proteíny a zaraďujeme sem keratíny, elastíny, kolagény, skeletíny. Tieto bielkoviny sa bežnými tráviacimi enzýmami nerozkladajú na aminokyseliny a preto ako potrava pre živočíchy je bezcenná (Michael 2013).

Kolagénysú skleroproteíny, ktoré sa nachádzajú v kolagénnych vláknach medzibunkovej hmoty spojivového tkaniva. Tieto podporné vlákna sú v tkanive kože, väziva, chrupky kostí a zubov. Vstudenej vode sú nerozpustné, štiepia

sa niektorými proteolytickými enzýmami, rozkladajú ich aj baktérie. Majú vysoký obsah prolínu, najmä hydroxyprolín. Ak kolagény necháme stáť v teplej vode a povaríme, menia sa na lepkavú a rôsolovitú želatínu. Kolagény neobsahujú niektoré dôležité aminokyseliny (tryptofán, tyrozín) a tak zo strany výživy predstavujú neplnohodnotné bielkoviny (Dobrota 2012).

Keratíny sú špecifické bielkoviny telových pokryvov v srsti, vo vlasoch, v nechtoch, perí, vlne, kopytách, v rohovitých útvaroch a pod. Vyznačujú sa vysokým obsahom síry, ktorá pochádza z aminokyseliny cysteín.

Elastíny sa nachádzajú v elastických vláknach väzív, šliach, ciev, v chrupke, v rohovke a pod. Vo vode sa nerozpúšťajú, no napučia v nej. Štiepia sa pomocou niektorých proteolytických enzýmov. Obsahujú najmä glycín, leucín a prolín. Značne odolávajú účinkom zásad a varu.

Metaproteíny sú bielkoviny odvodené od jednoduchých bielkovín. Patria sem proteány, ktoré vznikajú z globulínov krátkodobým pôsobením kyselín a niektorých enzýmov. Acidalbumíny a alkalialbumíny vznikli pôsobením kyseliny chlorovodíkovej alebo zásad na albumíny. Albumózy a peptóny vznikajú rozrušením proteolytickými enzýmami (Tomáš 2007).

1.2.2 Zložené bielkoviny – proteidy

Proteidy sú konjugované bielkoviny tvorené aminokyselinami a prostetickými skupinami. Podľa charakteru prostetickej skupiny ich rozdelujeme na niekoľko skupín.

Fosfoproteidy bielkoviny kyslej povahy, obsahujú kyselinu fosforečnú. Vyskytujú sa hlavne v mlieku a v žĺtku. Najdôležitejším fosfoproteidom je kazeín, vyskytujúci sa v mlieku. Zráža sa z mlieka skysnutého účinkami kyseliny mliečnej. Mlieka s vysokým obsahom kazeínu sa varom nezrážajú. K fosfoproteidom patrí aj vitelín, nachádzajúci sa vo vajcovom žĺtku, varom koaguluje. V slepačom žĺtku sa nachádza aj fosfoglobulín livetín (Debajoti 2010).

Lipoproteidy sú zložené bielkoviny obsahujúce prostetickú skupinu lipidy. Lipidy týmto zostúpením strácajú svoju pôvodnú vlastnosť, sú rozpustné vo vode a nerozpustné v niektorých organických rozpúšťadlách. Nachádzajú sa v cytoplazmatických útvaroch, s význačnou úlohou permeability. Patrí sem lipovitelin vo vajcovom žĺtku a tromboplastický faktor v trombocytoch. K lipoproteidom zaraďujem aj očný purpur, v krvnom sére sa vyskytujú dva sérové lipoproteidy a to α -lipoproteid a β -lipoproteid (Debajoti 2010; Dobrota 2012).

Glykoproteidy s prostetickou skupinou cukry, kde do značnej miery cukorná zložka určuje ich vlastnosti. Ak tvorí menší podiel ako 4 % hovoríme o pauroglykoproteidoch ak viac ako 4-5 % vtedy glykoproteidy voláme mukoproteidy. Zaráďujeme sem mnohé látky živočíšnych slizov, rozličné tmelové látky, niektoré hormóny, aglutinogény a pod. Patrí sem mukoid slín mucín. Z chrupiek sa izoloval chondromukoid, z kostí osteomukoid a zo šliach tendomukoid. Vo vajcovom bielku je známy ovomukoid, v sére séromukoid, vyskytujúci sa v moči pri protenínúrii. Orozomukoid tvorí osobitnú zložku γ -globulínu. Amyloid sa vyskytuje v stenách ciev, v degenerovanom tkanive pečene a obličiek. Z chemického hľadiska sem patria niektoré hormóny hypofýzy FSH, ICSH, TSH.

Chromoproteidy sú zložené bielkoviny, ktoré tvorí základná jednoduchá bielkovina globín a prostetická skupina obsahujúca nejaké organické farbivo. Je to veľmi rôznorodá skupina, do ktorej patrí krvné farbivo hemoglobín, skupina žltých enzýmov flavoproteidov, farbivo sietnice oka rodopsín (Paulov 1973; Kodíček 2007).

Metaloproteidy sú zložené proteidy, ktoré obsahujú vo svojej molekule kov meď a železo. Patria sem bielkovina feritín (komplex bielkoviny apoforitínu so železom), transferín (komplex bielkoviny aposiderofilínu so železom), ceruloplazmín v krvnom sére, hemokupreín v červených krvinkách mnohých živočíchov obsahujúci meď a respiračné pigmenty.

Nukleoproteidy najdôležitejšie zložené bielkoviny. Ich molekula tvorí jednoduchú bielkovinu histón alebo protamín a prostetická skupina kyselina nukleová. Nukleoproteidy sa vyskytujú všade, kde prebieha rozmnožovanie, syntéza bielkovín a základný proces látkovej premeny (Paulov 1973; Langmeier 2009).

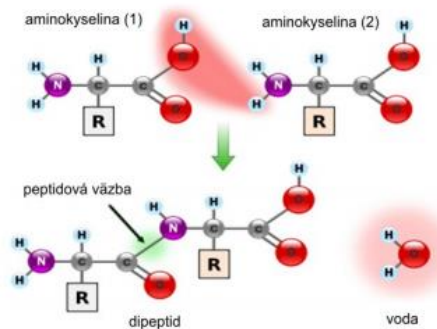
1.3 Štruktúra bielkovín

Bielkoviny je možné klasifikovať na základe ich rozpustnosti, tvaru, biologickej funkcie alebo trojrozmernej štruktúry.

V štruktúre bielkovín rozlišujeme štyri hierarchické úrovne štruktúrnej organizácie:

1. Primárna štruktúra bielkovín.
2. Sekundárna štruktúra bielkovín.
3. Terciárna štruktúra bielkovín.
4. Kvartérna štruktúra bielkovín.

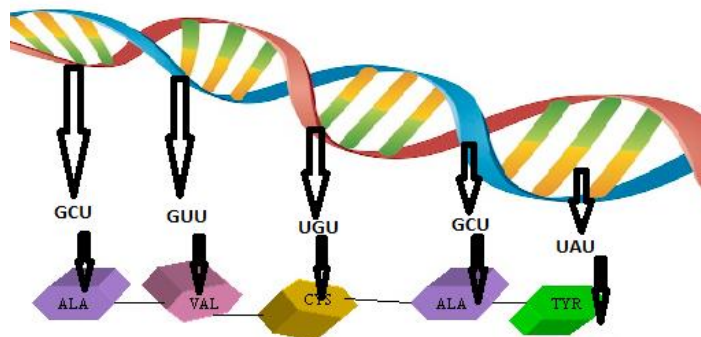
Primárna štruktúra udáva poradie – sekvenciu alebo postupnosť, aminokyselinových zvyškov v polypeptidovom reťazci. Aminokyseliny v polypeptidovom reťazci sú pospájané peptidovou väzbou. Podmieňuje vlastnosti, biochemickú funkciu a celkovú štruktúru bielkovín. Peptidová väzba vzniká medzi -NH₂ koncom jednej aminokyseliny a -COOH koncom druhej aminokyseliny. Pri reakcii sa odštiepuje voda obr.1 (Račay 2012).



Obrázok 1 Peptidová väzba
(Zdroj: Biofyzika 2008)

Peptidová väzba medzi aminokyselinami

Primárna štruktúra bielkovín je určená geneticky a je zakódovaná v DNA obr.2. Napríklad : Ala -Val – Cys – Ala – Tyr –...

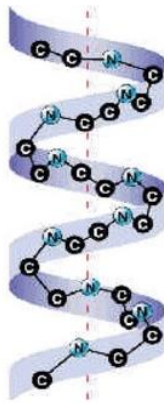


Obrázok 2 Primárna štruktúra určená poradím - sekvenciou aminokyselin
(Zdroj: Konečná 2016)

Sekundárna štruktúra je daná geometrickým usporiadaním polypeptidového reťazca bez ohľadu na charakter bočných reťazcov. Určuje geometrické usporiadanie bielkoviny. Sekundárna štruktúra je umožnená voľnou rotáciou okolo jednoduchých väzieb α uhlíkov v polypeptidovom reťazci a je stabilizovaná prítomnosťou vodíkových väzieb. Vodíková väzba vzniká medzi kyslíkom karbonylovej skupiny a vodíkom aminoskupiny peptidovej väzby (Horák a Staszková 2009).

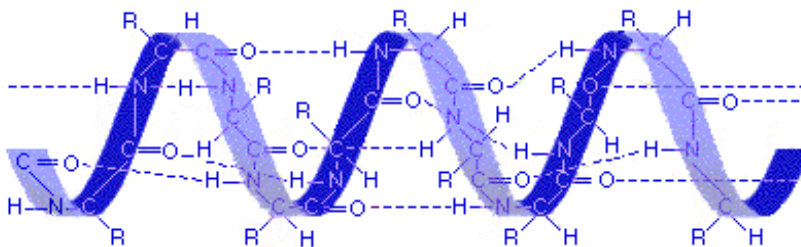
Rozlišujeme dve základné sekundárne štruktúry:

1. α - helix



Obrázok 3 Sekundárna štruktúra α - helix
(Zdroj: Szocsová 2016)

α -závitnica

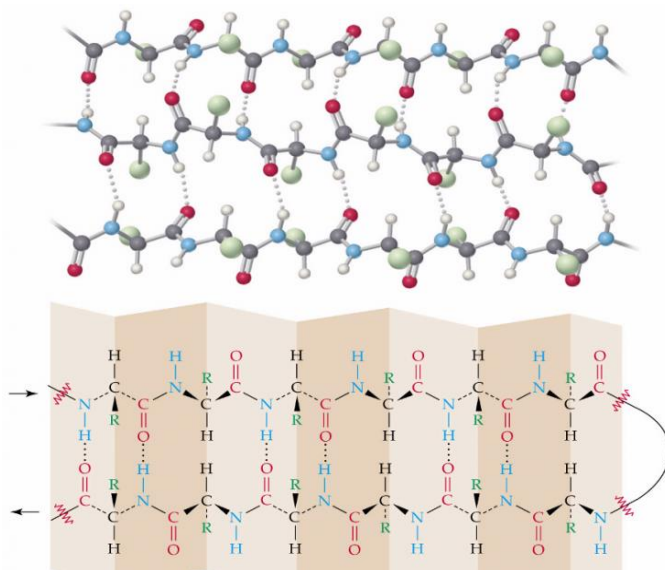


Obrázok 4 Sekundárna štruktúra bielkovín α -závitnica
(Zdroj: Szocsová 2016)

Polypeptidový reťazec je usporiadaný do pravotočivej závitnice. Postranný reťazec je situovaný smerom von zo závitnice a závitky sú stabilizované vodíkovými väzbami. Jeden závit závitnice obsahuje 3,6 aminokyselinových zvyškov. Výška jedného závitu meraná podľa osi špirály predstavuje 0,54 nm. Vzdialenosť medzi ekvivalentmi atómov susediacich zvyškov tvoriacich hlavný reťazec je 0,15 nm (Dostál 2009).

Usporiadanie polypeptidového reťazca pripomína poskladaný list papiera. Makromolekuly sú spojené pomocou vodíkových väzieb, postranné reťazce aminokyselín smerujú nad a pod rovinu skladaného listu. Usporiadanie môže byť paralelné- reťazce paralelných listov smerujú rovnakým smerom, vodíkové väzby sú od seba rovnomerne vzdialené a natáčajú sa medzi reťazce v šikmých uhloch alebo antiparalelné- susedné polypeptidové reťazce smerujú opačným smerom, sú stabilizované párami tesne zlúčených vodíkových väzieb alternujúcich s párami ďaleko od seba umiestnených vodíkových väzieb. Takmer všetky skladané listy majú skrútené reťazce zvyčajne sú pravotočivé (Murray 2003; Javorský 2004; Dostal 2009).

2. β - štruktúra (skladaný list)



Obrázok 5 Sekundárna štruktúra bielkovín β - štruktúra (skladaný list)
(Zdroj: Murray 2003)

Uzly rôznych veľkostí a tvarov sú hlavnými štrukturálnymi rysmi povrchu bielkovín. Susedné antiparalelné β -listy sú spojené vlásenkovými uzlami, ktoré sú exponované v roztoku, bohaté na polárne zvyšky aminokyselín a zvyšky nesúce náboj, ale chýba im pravidelná sekundárna štruktúra. Oblasti uzlov s rôznou primárnou štruktúrou a dĺžkou sú často miestom interakcie s ligandmi, u protilátok často tvoria miesto viažuci antigén.

Sekundárne štruktúry (α -závitnica, β - zložený list) sa môžu v globulárnych bielkovinách skladať do supersekundárneho tvaru ako je β -klúč, alebo β - α - β . Tieto supersekundárne tvary sa môžu podieľať na vytvorení väčších opakujúcich sa jednotiek (Lehotský a kol. 2012).

Terciárna štruktúra vyjadruje usporiadanie α - helixu a β - skladaného listu v priestore, spôsoby ako sa pri skladaní bielkovín môžu dostať do tesného susedstva aminokyseliny značne od seba vzdialené v primárnej štruktúre. Terciárna štruktúra je stabilizovaná hlavne disulfidovými väzbami, ale aj vodíkovými väzbami, van der Waalsovými silami a iónovými väzbami.

α - helix a β - skladaný list môžu nadobudnúť tvar:

- a) globulárny - klobkovitý tvar,
- b) fibrilárny - vláknitý tvar

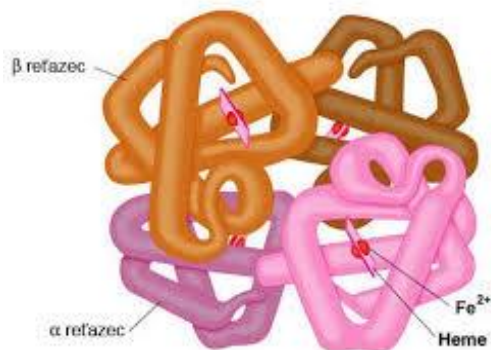
Globulárne bielkoviny (napr. veľké množstvo enzýmov) majú kompaktné zložené polypeptidové reťazce usporiadané do klobka s osovým priemerom (pomer dĺžky a šírky) menším ako 10, všeobecne neprevyšujúcim hodnotu 3-4. Vlákňité bielkoviny majú priemer dĺžok osí väčší ako 10 (Murray a kol. 2003; Dostal 2009).

Špecializované systémy kvalifikácie rozlišujú určité komplexné bielkoviny, ktoré majú veľký význam z medicínskeho hľadiska. Plazmatické lipoproteíny sa označujú buď ako „začiatok“, α_1 - α_2 . a β - lipoproteín, na základe ich elektroforetickej mobility pri pH 8,6 alebo ako chylomikróny VLDL, LDL, HDL a VHDL podľa ich správania sa pri sedimentácii v ultracentrifúge. Lipoproteíny sa môžu taktiež rozdeľovať na základe imunologického stanovenia, ktorý z apoproteínov (A, B, C, D, E, F) je prítomný. Potencionálne cenným kritériom klasifikácie je podobnosť trojrozmernej štruktúry, zisťovanej röntgenovou kryštalografiou. Napríklad bielkoviny viažuce nukleotidy zdieľajú vo svojej terciálnej štruktúre spoločnú doménu viažucu nukleotid (Benda 2006; Ledvina 2009).



Obrázok 6 Terciárna štruktúra bielkovín
(Zdroj: Voet a Voetova 2004)

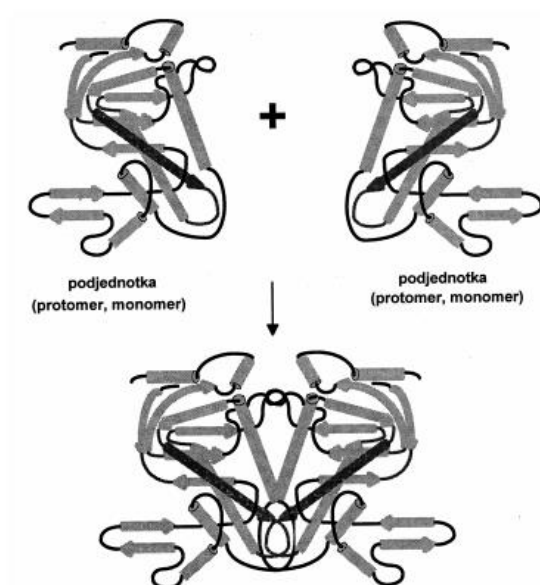
Kvartérna štruktúra bielkovín vyjadruje vzájomnú polohu viacerých polypeptidových reťazcov, tzv. podjednotiek, ktoré spolu nie sú spojené peptidovými väzbami a tvoria jednu funkčnú molekulu ako napríklad hemoglobín.



Obrázok 7 Kvartérna štruktúra bielkovín- hemoglobín
(Zdroj: Voet a Voetova 2004)

Bielkoviny zložené z dvoch alebo viacerých polypeptidových reťazcov spojené nekovalentnými silami a nadobúdajú kvartérnu štruktúru nazývame oligomery. Ich jednotlivé polypeptidové reťazce sa nazývajú protoméry, monoméry alebo podjednotky obr. 8. Sily, ktoré stabilizujú tieto agregáty sú vodíkové a elektrostatické väzby medzi zvyškami aminokyselín vyskytujúcich sa na povrchu susediacich podjednotiek. Oligomérne bielkoviny zložené z 2 alebo 4 pro-

tomérov sú označované ako diméry alebo tetraméry. V prípade identických jednotiek sa jedná o homodiméry, homotetraméry atď. U oligomérov skladajúcich sa z viac ako 4 protomérov zvyčajne v prípade regulovaných enzýmov sa môžu podjednotky líšiť v štruktúre a funkcii. Protoméry môžu voči sebe zaujať rôznu orientáciu a polohu v priestore, čo môže viesť ku zmene vlastností celého oligoméru, preto majú oligomérne bielkoviny dôležitú úlohu v intracelulárnych regulačných pochodoch (Dostal 2009; Langmeier 2009; Dobrota a kol. 2012; Murray 2012).



Obrázok 8 Vznik kvartérnej štruktúry proteínu spojením podjednotiek vodkovými väzbami vznikne dimér
(Zdroj: Javorsky 2016)

1.3.1 Denaturácia bielkovín

Denaturácia bielkovín rozloží sekundárnu, terciárnu a kvartérnu štruktúru. Činidla ako močovina alebo dodecylsulfát sodný (SDS, alebo pôsobenie mierne kyslého či zásaditého prostredia ruší vodíkové, hydrofóbne a elektrostatické väzby. Týmito činidlami je možné rozrušiť všetky úrovne biel-

kovinovej štruktúry s výnimkou primárnej štruktúry a zrušiť biologickú aktivitu (Dostál a kol. 2009).

Metabolizmus bielkovín sa v mnohom líši od metabolizmu sacharidov a lipidov. Kým sacharidy a lipidy slúžia v organizme ako zdroj energie, bielkoviny tvoria hlavný stavebný materiál buniek a tkanív a sú v tomto smere nenahradiateľné. Sú jediným zdrojom dusíka pre heterotrofný organizmus a teda aj zdrojom všetkých biologicky významných dusíkatých látok (Murray 2006).

Na rozdiel od sacharidov neexistuje v organizme skladisko bielkovín. Bielkoviny sa neustále odbúravajú a znovu sa syntetizujú. Kým všetky monosacharidy a všetky mastné kyseliny sa odbúravajú uniformným spôsobom, jednotlivé aminokyseliny majú individuálny metabolizmus. Aj syntéza bielkovín sa podstatne líši od biosyntézy sacharidov a lipidov. Tento proces je komplikovanejší a rast polypeptidového reťazce z jednotlivých aminokyselín je daný genetickým kódom.

Bielkoviny potravy sa v tráviacom trakte enzýmovo hydrolyzujú na krátke peptidy a aminokyseliny, ktoré sa resorbujú a vychytávajú tkanivami-hlavne pečeňou. Aminokyseliny sa úplným odbúraním na CO_2 , H_2O a NH_3 využívajú ako energetický zdroj, alebo slúžia pre syntézu vlastných bielkovín a tiež sa premieňajú na iné biologicky veľmi významné látky (Voet a Voetova 2004; Vodrážka 2007).

1.4 Biologická hodnota bielkovín

Výživa je charakterizovaná tzv. „biologickou hodnotou“ bielkovín, ktorá bola zavedená nemeckým fyziologickým chemikom Thomasom. Ide pri tom o percentuálny podiel prijatej bielkoviny potravou, ktorá môže byť pri vyrovnanej dusíkovej bilancii premenená na bielkovinu, potrebnú pre ľudský organizmus. U živočíšnych bielkovín má hodnoty vysoké, u rastlinných všeobecne malé. Z hľadiska výživy sú najvýhodnejšie také bielkovinové živiny, ktoré majú pri vysokej biologickej hodnote nízky obsah energie a vysoký obsah bielkoviny. To znamená pokiaľ možno najmenšiu hodnotu pomeru - obsah energie obsah bielkovín.

Biologická hodnota bielkovín závisí predovšetkým na obsahu esenciálnych aminokyselín (Nagy 2006). Ak v potrave výrazne prevládajú rastlinné bielkoviny z obilnín (obsahujú málo tryptofánu a lyzínu), vzniká nebezpečenstvo chorôb. V krajinách tretieho sveta sa vyskytuje kwashiorkor, ktorý sa rozvíja

u detí pri diéte chudobnej na proteíny i keď je primeraná na kalórie. Pri marazme je nedostatok bielkovín i kalórií v potrave (Kyselovič 2009).

Prekračovanie odporúčaného denného príjmu bielkovín (45 g u žien a 55 g u mužov) neznamena pre človeka zisk, pretože zásoby dusíka (aminokyselín a tiež proteínov vo svaloch) sa v organizme netvorí, prebytky sa v tele ľahko premieňajú na glykogén a triacylglyceroly, ktoré sú potom uchovávané. To predovšetkým platí pre triacylglyceroly, pretože ani glykogén sa v podstatnej miere neuchováva.

Aminokyseliny, ktoré sa po resorpcii cez črevnú sliznicu dostanú do vnútorného prostredia organizmu, alebo sa do neho vyplavia po štiepení vlastných proteínov, predstavujú pomerne nemennú hotovosť. Hotovosť sa v organizme využíva buď k degradácii pre získanie energie, alebo k syntéze bielkovín špecifických pre daný živočíšny druh, alebo ku konverziám na iné látky. K hotovosti aminokyselín viac prispieva degradácia vlastných proteínov, než potrava sama. Malé množstvo aminokyselín sa syntetizuje de novo z prekursorov. Na druhej strane takisto malé množstvo aminokyselín sa vylučuje močom (1-3 g/deň), stolicou a potom (Vodrážka 2007; Ledvina 2009).

Denný obrat bielkovín je vysoký až 300-400 g, t.j. 2-3 % z celkového množstva bielkovín sa denne syntetizuje i odbúrava. Biologické polčasy proteínov tela človeka (doby, za ktorú sa rozštiepi 50 % pôvodných molekúl) sa od seba značne líšia- od niekoľko minút (enzýmy, inzulín) až po stovky dní (svalové bielkoviny majú biologický polčas asi 180 dní). Niektoré štrukturálne proteíny a tiež hemoglobín majú biologický polčas veľmi dlhý. Napríklad elastín vydrží bez degradácie po celú dobu dospelosti. Za priemerný biologický polčas bunkových bielkovín sa považuje 2-8 dní. Mnoho kľúčových enzýmov metabolizmu (HMG-CoA-reduktáza, ALA-syntáza) má biologický polčas len niekoľko minút, prípadne niekoľko hodín. Krátky biologický polčas majú bielkoviny s regiónmi označovanými ako sekvencia PEST (P=Pro, E= Glu, S= Ser, T= Thr). Len dostatočný prísun bielkovín potravou umožňuje neustálu a harmonickú prestavbu telových bielkovín (Horák a Staszková 2009).

1.5 Rastlinné zdroje

Obilniny patria k najvýznamnejším zdrojom rastlinných bielkovín vo výžive človeka. Veľká časť bielkovín prechádza pri mlynskej úprave obilných zŕn do otrúb a pretože vonkajšie vrstvy zŕna sú na bielkoviny bohatšie ako vnútorné,

množstvo bielkovín v múke závisí od vymletia, t. j. biela múka má menej bielkovín ako tmavá celozrnná. Množstvo bielkovín v pšeničnej múke je približne 10 až 15 %. Medzi najdôležitejšie bielkoviny pšenice patria gliadín a gluteín, ktoré sú súčasťou lepku. Pšeničná múka je charakterizovaná silou, t. j. schopnosťou vytvoriť cesto s určitým obsahom CO₂, v určitom objeme a tvare finálneho výrobku. Sila múky je určená množstvom a vlastnosťami bielkovín a proteolytických enzýmov.

V cereálnych bielkovinách sa vyskytuje aj lyzín, tryptofán a metionín. Aminokyseliny sa ľahko zapájajú do reakcií neenzýmového hnednutia, ktoré na jednej strane zvyšuje sensorickú hodnotu, ale na druhej strane znižuje výživovú hodnotu potravín (Ferenčík 2000; Held 2006).

Strukoviny

Strukoviny sú výživnou čiastočnou alternatívou mäsa. Sušený hrach, fazuľa, šošovica – všetky obsahujú bielkoviny, i keď na rozdiel od mäsa, rýb a vajec neobsahujú ideálne množstvo všetkých esenciálnych aminokyselín, nevyhnutných na rast a udržanie zdravých svalov, tkanív a orgánov. Z týchto dôvodov by sa mala väčšina strukovín podávať spoločne s rastlinnou potravou a obilninami, napríklad ryžou alebo celozrnným chlebom. Je to riešenie, ktoré si osvojili vegetariáni na celom svete (Grofová 2007; Chrpová 2010).

Výnimku z tohto pravidla tvoria sójové bôby. Na rozdiel od väčšiny strukovín sú vzhľadom na svoj zdravo vyvážený obsah aminokyselín klasifikované ako zdroj vysoko kvalitných bielkovín. Obsahujú aj značné množstvo tukov, väčšinou nenasýtených.

Bôb

Bôb, rovnako ako ostatné strukoviny, obsahuje veľa bielkovín. Ak ho kombinujeme aj s obilninovými potravinami, napríklad ryžou a cestovinami, získame z neho rastlinné bielkoviny, ktoré dokážu úplne nahradiť aj živočíšne bielkoviny v mäse a vajciach. Ošúpaný bôb je tiež zdrojom betakaroténu, obsahuje veľa železa, niacínu, vitamín C a E, fosfor a iných dôležitých prvkov (Vojtaššáková 1999).

Fazuľa

Fazuľa v kombinácii s ryžou alebo iným druhom obilniny poskytuje kvalitné bielkoviny ľuďom, ktorí nejedia mäso. Každý, kto sa usiluje zoštíhliť, môže

z fazule načerpať dostatok bielkovín bez tuku. Obsahuje tiež draslík, fosfor, železo, zinok a kyselinu listovú.

Sójové bôby

Sója patrí medzi teplomilné rastliny. Z dôvodu dlhého vegetačného obdobia a potreby tepla sa v našich klimatických podmienkach pestujú len kríčkované odrody. Spravidla obsahuje 35 % bielkovín, 30 % škrobu, 18 % tuku s pomerne značným podielom lecitínu. Patrí medzi veľmi kvalitné suroviny. Využíva sa najmä k výrobe sójovej múky, sójových syrov, omáčok, rastlinných olejov a ďalších plnohodnotných výrobkov zo sóje. Z hľadiska bielkovín zodpovedá 1 kg sóje asi 2,5 kg teľacieho mäsa alebo 8 litrom kravského mlieka (Žák 2005).

Hrach

Hrach patrí k najrozšírenejšiemu druhu strukovín. Semená hrachu sú dôležitým zdrojom bielkovín pre výživu ľudí a zvierat. Zrelé semená obsahujú 22 - 28 % dusíkatých látok, 46 - 56 % škrobu, 5 - 7 % vlákniny, 3 % tuku a väčšie množstvo enzýmov a vitamínov A1, B1, B2. Hrach je spolu s bôbom obvyčajným považovaný za najvýznamnejšiu strukovinu pestovanú v ekologickom poľnohospodárstve.

Šošovica

Kvôli svojim skvelým nutričným hodnotám je šošovica veľmi cennou potravinou pre vegetariánov. Niektorí odborníci na výživu a lekári odporúčajú konzumovať šošovicu, ak potrebujeme znížiť hladinu cholesterolu v krvi alebo ak chceme predchádzať kardiovaskulárnym ochoreniam. Šošovica je bohatým zdrojom vápnika, železa, selénu, fosforu, zinku, vitamínov B1, B2, B6. Obsahuje 3-krát viac vápnika než obilniny a 7-krát viac železa ako špenát. Zo všetkých strukovín je šošovica najbohatšia na bielkoviny (24 - 25 %) a obsahuje najmenej tukov (0,6 %). V kombinácii s ryžou či celozrnným chlebom dodáva telu plnohodnotné bielkoviny. Obsahuje vlákninu, ktorá podporuje činnosť čriev a pomáha pri zápche. Je ľahšie stráviteľná než fazuľa, lebo obsahuje podstatne menej trieslovín (Gajdošová a Šturdík 2004).

Obilniny

Obilniny sú vysoko využiteľnou surovinou vo výžive ľudstva, výborne sa uskladňujú a majú veľkú možnosť prepravy aj na väčšie vzdialenosti. Hlavnými druhmi obilnín, ktoré sa v našich podmienkach najviac využívajú, sú pšenica,

jačmeň, raž, ovos, ryža a kukurica. Sú zdrojom bielkovín aj keď neplnohodnotných (7-19 %), z ktorých najvýznamnejšou zložkou je aminokyselina lyzín, potrebná na duševný rozvoj, rast a vývoj kostí u detí, uľahčuje absorpciu vápnika. Najnižší obsah bielkovín má ryža (7 %) a najvyšší jačmeň (12 %) a amarant (19 %) (Vojtaššáková a kol. 1999).

Pšenica

Obsah bielkovín v zrne sa pohybuje medzi 15 až 24 %, zatiaľ čo u pšenice siatej je to len asi 12 %. Čo sa týka aminokyselín, nachádzajú sa tu hlavne esenciálne - lyzín a treonín. Pri pšenici dvojzrnnej sa všeobecne zistili vyššie obsahy vitamínu A, B, C a minerálnych látok (vápnik, fosfor, horčík). Významne vyšší je predovšetkým obsah zinku. Z dietetického hľadiska je dôležité, že pšenica dvojzrná je ľahko stráviteľná, neobsahuje antinutritívne zložky, pôsobí priaznivo na tráviaci trakt a má pozitívny účinok na znižovanie obsahu cholesterolu v krvi (Gajdošová a Šturdík 2004).

Kukurica

Patrí medzi bohaté zdroje energie – je v nej veľké množstvo uhl'ohydrátov a bielkovín, 100 g kukurice pokrýva tiež takmer 50 % dennej potreby železa. Vysoký obsah mangánu pôsobí proti stresu, svalovým kŕčom a srdcovej arytmií. Železo nachádzajúce sa v kukurici pomáha proti chudokrvnosti (Žák 2005).

1.6 Živočíšne zdroje

Živočíšne bielkoviny sú pre ľudskú výživu efektívnejšie – oproti rastlinným sú lepšie stráviteľné. Navyše majú vysokú biologickú hodnotu najmä mäso, mlieko a vajcia obsahujú oveľa viac lyzínu ako rastlinné bielkoviny (Takácsová a Paveleková 2006).

Zastúpenie bielkovín závisí od druhu mäsa. V čistej chudej svalovine sa nachádza 18 až 22 % bielkovín. Bielkoviny mäsa sa rozdeľujú podľa rozpustnosti na:

- sarkoplazmatické – sú rozpustné vo vode, patria medzi plnohodnotné bielkoviny, z technologického hľadiska má najväčší význam myoglobín a hemoglobín, ktoré podmieňujú červenú farbu mäsa a krvi,

- myofibrilárne – sú rozpustné v roztokoch solí, majú vláknitý tvar molekuly, ovplyvňujú kontrakciu svalov a sú schopné viazať veľký podiel vody v mäse, spôsobujú tzv. väznosť mäsa,
- stromatické – sú rozpustné vo vode aj v roztokoch solí, sú súčasťou spojivového tkaniva a z výživového hľadiska patria medzi neplnohodnotné bielkoviny, pretože neobsahujú napr. tryptofán a takmer vôbec cysteín.

Najdôležitejšie zmeny bielkovín mäsa sú postmortálne zmeny a zmeny, ku ktorým dochádza pri solení mäsa. Postmortálne zmeny bielkovín mäsa prebiehajú v štyroch štádiách:

- *prae-rigor* (prvé štádium pred rigorom) – mäso má vysokú väznosť, nie je tuhé, neuvolňuje vodu, je vhodné na výrobu mletých mäsových výrobkov; je to tzv. „teplé mäso“ (35 až 40 °C), môže sa mraziť a tým sa uchovávajú jeho vlastnosti,
- z *rigor mortis* – nastáva u hovädzieho mäsa 3 až 6 hodín po porážke, u bravčového mäsa skôr, po 1 až 6 hodinách. Charakteristickými vlastnosťami stavu *rigor mortis* je pokles hodnoty pH, čo sa prejaví väčšou trvanlivosťou mäsa (potlačí sa vznik hnilobnej mikroflóry), ale na druhej strane sa znižuje väznosť mäsa a mäso začína tuhnúť,
- zrenie mäsa – v tomto štádiu sa uvoľní *rigor mortis*, a to sa prejaví opätovným zvýšením pH a väznosti (aj keď nie na pôvodné hodnoty), krehkosťou mäsa, zvýšením koncentrácie peptidov a aminokyselín, zvýšením rozpustnosti bielkovín a zlepšením senzorickej hodnoty,
- autolýza – nastáva pri dlhodobom skladovaní ako nežiaduci proces, pri ktorom dochádza k degradácii bielkovín a aj ďalších výživovo dôležitých látok (Sedlák 2007; Velíšek a Hajšlová 2009).

Bravčové mäso

Patrí medzi najpoužívanejšie druhy mäsa na Slovensku. Jeho chemické zloženie je veľmi variabilné a závisí od mnohých vonkajších a vnútorných faktorov. Bielkoviny sú v ňom zastúpené v množstve 9-20 %. Hlavnou plnohodnotnou bielkovinou svalového tkaniva je svalový globulínmyozín. Obsah bielkovín je porovnateľný s obsahom bielkovín v iných druhoch mäsa, avšak v obsahu esenciálnych aminokyselín nedosahuje najvyššiu kvalitu (Vojtaššáková a kol. 2007).

Hovädzie mäso

Obsahuje 18-20 % bielkovín, zatiaľ čo tel'acie obsahuje 19-22 % bielkovín. V porovnaní s hovädzím mäsom má vyšší obsah len hydina. Bielkoviny v hovädzom mäse majú aj vysokú biologickú hodnotu v porovnaní s bravčovým a baraním mäsom má hovädzie mäso vyšší obsah všetkých dôležitých aminokyselín, a to najmä lyzínu, leucínu a izoleucínu. V porovnaní s hydinovým mäsom je priaznivá bilancia v obsahu leucínu, izoleucínu, treonínu a valínu (Takáčová a Paveleková 2006).

Hydina

Hydinové mäso má prioritné postavenie v racionálnej výžive, pretože je biologicky plnohodnotné, nízkoenergetické a ľahko stráviteľné. Najbohatšie na bielkoviny je mäso moriek, mäso kurčiat a sliepok. Percentuálne zastúpenie bielkovín je vyššie v bielej svalovine než v tmavej (Vojtaššáková a kol. 2007).

Rybie mäso

Biologická hodnota rybieho mäsa je vysoká. Ryby sú zdrojom bielkovín, ktoré sa skladajú z veľkej časti z esenciálnych aminokyselín, ako sú napríklad lyzín, metionín a histidín. Rybie mäso je ľahko stráviteľné, čo zvyšuje jeho biologickú hodnotu.

Mlieko a mliečne výrobky

Mlieko je veľmi dôležitou potravinou, potrebnou pre zdravý vývin detí, ale tvorí aj nevyhnutnú zložku potravy pre dospelých. Najdôležitejšou prednosťou mlieka je, že vo veľmi priaznivom pomere a v relatívne veľkom množstve obsahuje všetky najdôležitejšie živiny. Vysoko hodnotné živočíšne bielkoviny obsiahnuté v 1l mlieka kryjú až polovicu dennej potreby bielkovín a až 20 % priemernej energetickej potreby.

V mlieku sú tri hlavné bielkoviny, a to kazeín, ktorý tvorí 80% bielkovín, laktoglobulín a laktoalbumín, ktoré sa často nazývajú srvátkové. Sú ľahko stráviteľné, ale veľmi citlivé na teplo, a preto sa pasterizáciou ničí množstvo aminokyselínových reťazcov.

Mlieko a mliečne výrobky obsahujú viacero dôležitých enzýmov ako imunoglobulín, ktorý funguje ako obranný mechanizmus pred vírusmi a bakteriálnymi toxínmi. Znižuje taktiež prejavy astmatických ochorení (Tkáčiková a Mydlárová Blaščáková 2015).

Mlieko obsahuje proteíny viažuce kovy, napríklad laktoferín. Ten je schopný viazať a vstrebať železo. Taktiež obsahujú lyzozým a laktoperoxidázu ničiace baktérie a mikróby.

Medzi najstaršie potravinárske výrobky patria syry. Obsahujú predovšetkým mliečnu bielkovinu kazeín a mliečny tuk. Syry obsahujú veľké množstvo vápnika, minerálnych látok, vitamínov a plnohodnotných bielkovín.

Zdravotne ideálna spotreba je 220 kg mlieka a mliečnych výrobkov na osobu ročne. V štátoch s vyspelou ekonomikou spotrebuje jeden občan ročne v priemere 25kg kyslomliečnych výrobkov. U nás je to 3,4 kg (Šnirc a kol. 2015).

Vajcia

Výživová hodnota vajec je veľmi vysoká. Bielok i žĺtok obsahujú veľké množstvo kvalitných bielkovín (13 %) ktorých biologická hodnota sa vyrovná hodnote mäsa a mlieka. Vajcia obsahujú všetky aminokyseliny, ktoré sú pre výživu človeka dôležité, pričom pomer týchto aminokyselín vo vajecných bielkovinách je zo všetkých potravín najpriaznivejší. V menších množstvách sú zastúpené cysteín, arginín, histidín a tyrozín. Okrem bielkovín sa vo vajciach nachádzajú aj esenciálne mastné kyseliny, takmer všetky vitamíny (okrem C), železo, fosfor a draslík. Ich negatívom je najmä vysoký obsah cholesterolu v žĺtku. Z dietetického hľadiska ho treba vylúčiť pri ochoreniach žlčníka, pečene, pankreasu alebo redukčnej diéte (Grofová 2007).