

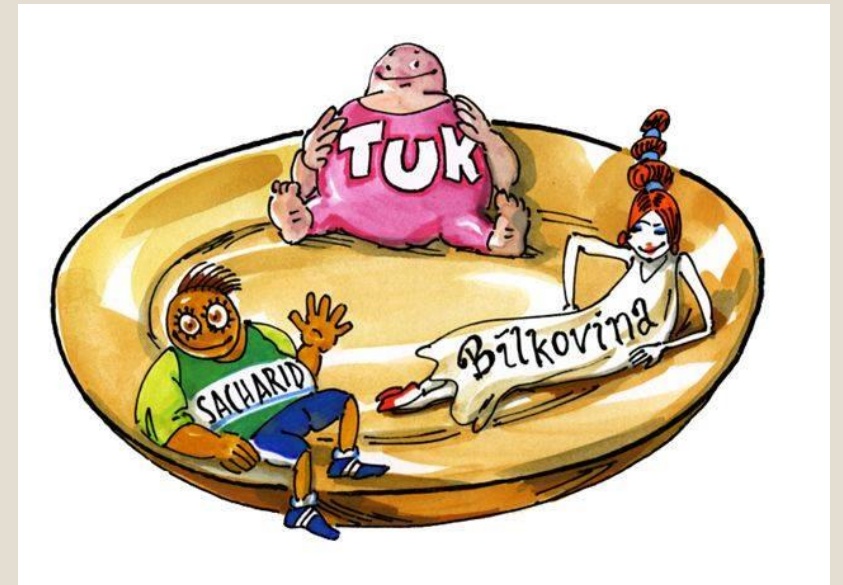


BÍLKOVINY

Bc. Michaela Příhodová

Výživa člověka

- makroživiny (hlavní živiny) – bílkoviny, tuky, sacharidy
- mikroživiny – vitaminy, minerální látky, stopové prvky
- voda
- **hlavní živiny**
 - významný zdroj energie, získaná štěpením
 - přijímáme je množství až několika stovek gramů



Hlavní živiny

TUKY

9 kcal (37 kJ)

30 %

BÍLKOVINY

4 kcal (17 kJ)

10–15 %

SACHARIDY

4 kcal (17 kJ)

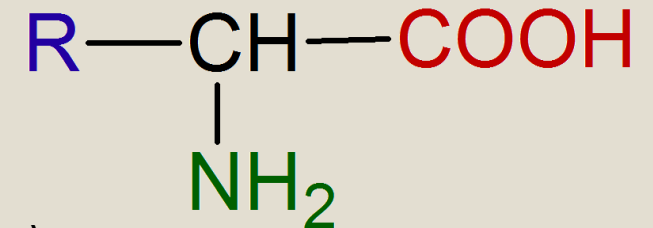
55–60 %

**hmotnostní
poměr B:T:S =
1:1:4**

**etanol = 7 kcal
(29 kJ)**

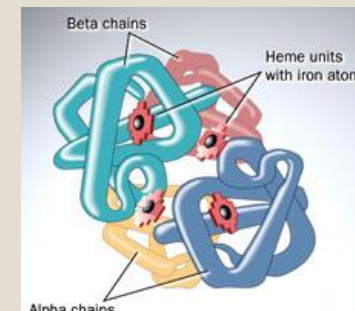
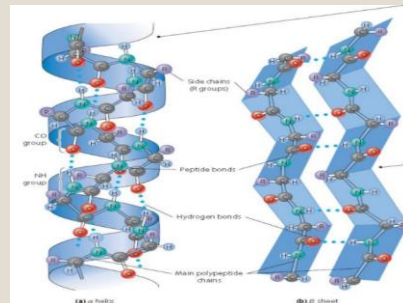
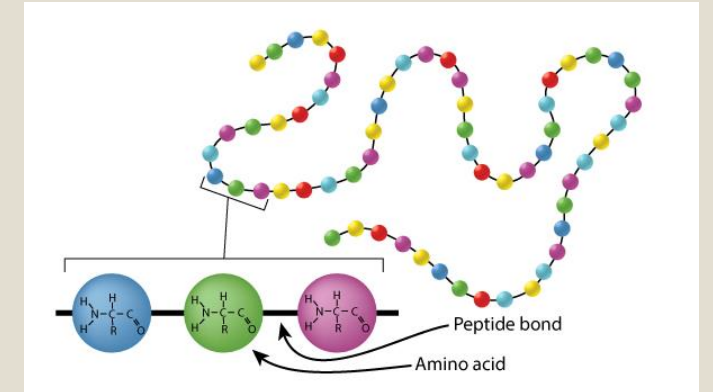
Bílkoviny

- řetězce aminokyselin
- AK = karboxylové kyseliny s primární aminoskupinou (-NH₂) navázanou na α-uhlík (výjimka – prolin – sekundární aminoskupina (-NH-) součástí pyrolidinového kruhu)
- jednotlivé AK spojeny **peptidovými vazbami** (-CO-NH-)
- bílkovina – téměř vždy více než 50 AK
- **řada funkcí v těle**
 - základní složka všech buněčných struktur (aktin, kolagen,...)
 - zásadní funkce v metabolismu (enzymy, transportní proteiny,...)
 - udržování onkotického tlaku
 - pufrační systém
 - ochrana organismu (imunoglobuliny)

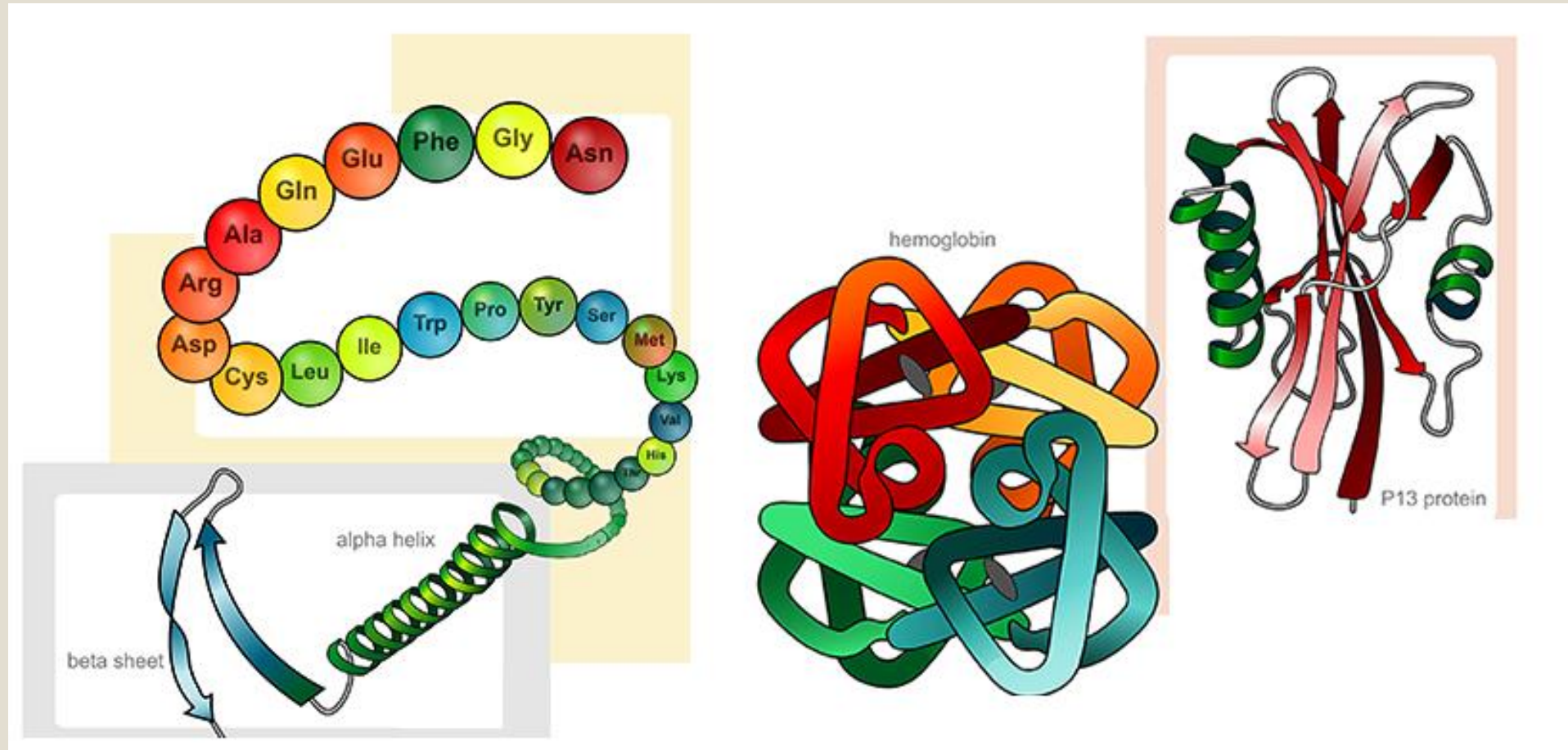


Struktura bílkovin

- **primární** – pořadí AK v řetězci proteinu
- **sekundární** – prostorové uspořádání hlavního peptidového řetězce, vznik H můstků mezi skupinami peptidové vazby (nepřihlíží se k uspořádání postranních řetězců)
 - α -helix – šroubovice
 - β -skládaný list – hřebenovitá struktura
- **terciární** – prostorové uspořádání všech atomů proteinu (včetně postranních řetězců)
- **kvarterní** – molekuly proteinů složené z několika nezávislých polypeptidových řetězců (podjednotek)



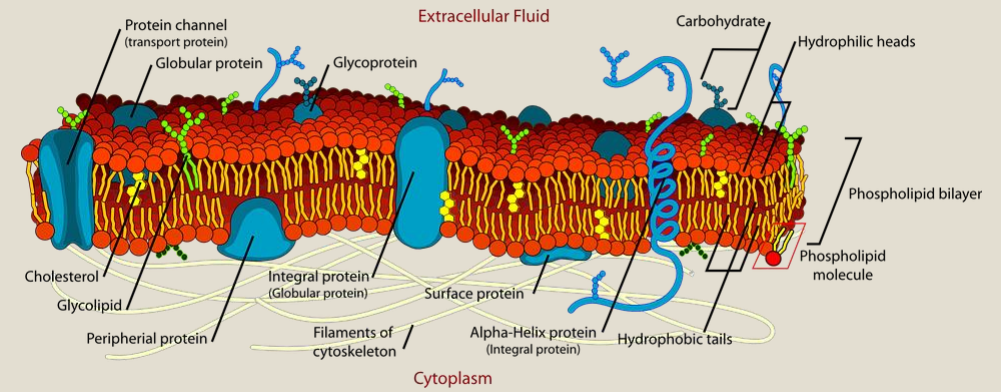
Struktura bílkovin



<https://byjus.com/chemistry/protein-structure-and-levels-of-protein/>

Klasifikace bílkovin

- **globulární** – většinou rozpustné ve vodě
 - hemoglobin, myoglobin, albumin, imunoglobuliny
- **fibrilární** (vláknité) – vlákna (fibrily), většinou nerozpustné ve vodě
 - keratin, kolagen, elastin, aktin, myozin
- **membránové** – složka membrán (stabilizace, biologické funkce: transport látek, přenos signálu, vazba antigenů,...)
 - glukosové transportéry, acetylcholinový receptor, Na⁺/K⁺ ATPasa



Aminokyseliny

- **esenciálních** (nezbytné, tělo si je neumí vyrobit) = leucin, isoleucin, valin, lysin, methionin, fenylalanin, tryptofan, treonin, histidin
- **semiesenciální** = *histidin*, arginin, tyrosin – patologické situace → některé neesenciální AK se nemohou dobře syntetizovat, stávají se podmíněně esenciálními (tyrosin při fenylketonurii)
- **neesenciální** = glycin, kys. glutamová, glutamin, serin, alanin, tyrosin, cystein, prolin, hydroxyprolin, kys. asparagová, asparagin

- **20 základních aminokyselin**

Esenciální aminokyseliny

leucin, isoleucin, valin

- rozvětvené AK (BCAA = branched chain amino acids)
- sportovní výživa (nejčastější doplněk stravy)
- esenciální aminokyseliny
- 35% svalových bílkovin tvoří AK s rozvětveným řetězcem → novotvorba svalové tkáně
- málo vychytávány z krevního řečiště, metabolismus mimo játra → pokračují krví až k periferiím (svaly a mozek)
- ideální zdroj pro výstavbu nové svalové tkáně a regeneraci stávající

Esenciální aminokyseliny

- **methionin** – sírná AK, donor methylu (CH_3 -) v biochemických reakcích
- **fenylalanin** – aromatická AK, přeměna na tyrosin, onemocnění fenylketonurie
- **tryptofan** – aromatická AK, prekurzor serotoninu, melatoninu
- **histidin** – vznik histaminu (mediátor zánětu)
- **lysin**
- **treonin**



Které AK jsou **esenciální**?

- leucin, glycin, kys. glutamová, isoleucin, glutamin, alanin, valin, lysin, tyrozin, cystein, prolin, methionin, hydroxyprolin, fenylalanin, kys. asparagová, asparagin, tryptofan, treonin, histidin

Které AK jsou **esenciální**?

- leucin, **glycin**, **kys. glutamová**, isoleucin, **glutamin**, alanin, valin, lysin, **tyrozin**, **cystein**, prolin, methionin, **hydroxyprolin**, fenylalanin, **kys. asparagová**, **asparagin**, tryptofan, treonin, histidin

Opakování

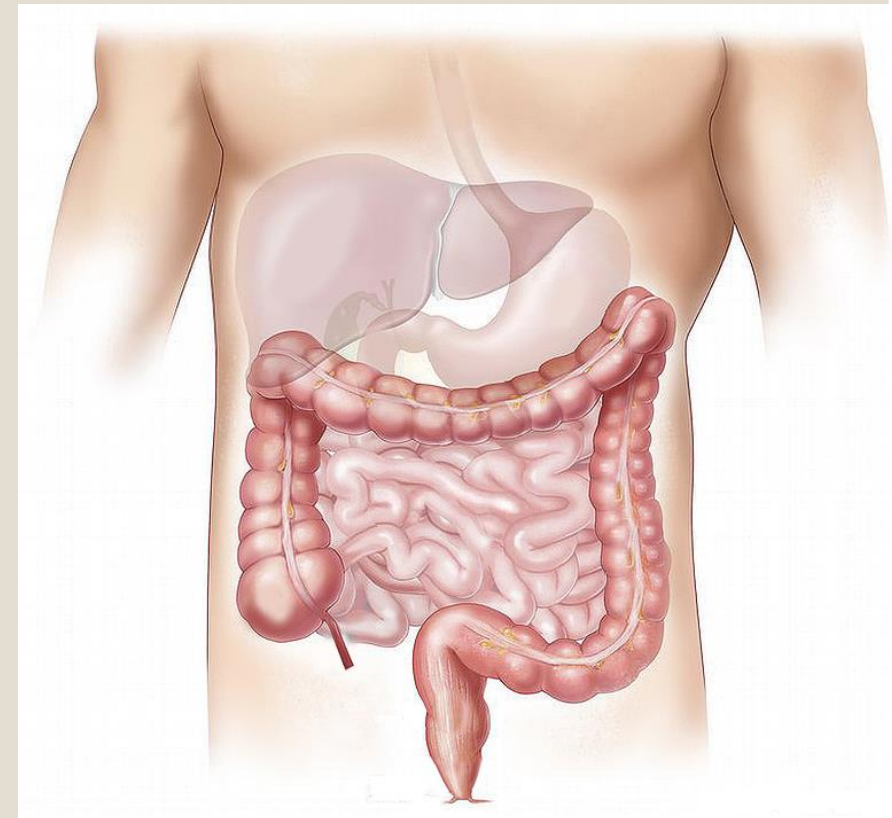
- **Co patří mezi makroživiny?**
- **Co patří mezi mikroživiny?**
- **Jaké funkce mají bílkoviny v těle?**
- **Jakou rozlišujeme strukturu bílkovin?**
- **Jaké máme esenciální aminokyseliny?**

Opakování

- **Co patří mezi makroživiny?**
 - bílkoviny, tuky, sacharidy
- **Co patří mezi mikroživiny?**
 - vitaminy, minerální látky, stopové prvky
- **Jaké funkce mají bílkoviny v těle?**
 - základní složka všech buněčných struktur, zásadní funkce v metabolismu, udržování onkotického tlaku, pufrční systém, ochrana organismu
- **Jakou rozlišujeme strukturu bílkovin?**
 - primární, sekundární, terciární, kvartérní
- **Jaké máme esenciální aminokyseliny?**
 - leucin, isoleucin, valin, lysin, methionin, fenylalanin, tryptofan, treonin, histidin

Trávení a vstřebávání

- organismus neumí B využít v přijaté formě – nejprve trávení – rozložení B na AK působením enzymů (proteasy)
- proteolýza
 - žaludeční šťávy (pepsin, HCl)
 - pankreatické šťávy (trypsin, chymotrypsin, elastasa, karboxypeptidasa)
 - tenké střevo (aminopeptidasy)
- vstřebání v tenkém střevě



Dusíková bilance

- bílkoviny – hlavní zdroj dusíku (N)
- N tvoří 12-18 % tělesné hmotnosti člověka (výstavba a obnova tkání)
- N vylučován močí (močovina)
- **dusíková bilance = množství N přijatého do organismu potravou – množství N vyloučeného**
 - N přijatý potravou → proteiny v průměru 16 % N → přijaté proteiny (g) * 0,16 (g/24 hod)
 - N vyloučený močí → množství vyloučené močoviny (močovina 84 % vyloučeného N)
→ **koncentrace močoviny (mmol/l) * diuréza (l) * $\frac{100}{84}$ * 0,028 + 1**
(+1 = ztráty stolicí a potem, 0,028 = 1 mmol močoviny obsahuje 0,028 g N)
- **vyrovnaná** – přijatý N = vyloučený N (zdravý dospělý)
- **pozitivní** – přijatý N > vyloučený N (růst, rekonvalescence)
- **negativní** – přijatý N < vyloučený N (nežádoucí – B zdroj E – infekce, úrazy, popáleniny, operace, hladovění,...)

Bílkoviny

- **živočišné** – maso (včetně ryb), mléko, vejce (lépe odpovídají potřebám našeho organismu)
- **rostlinné** – obiloviny, luštěniny
- optimální poměr 1:1



Z výživového hlediska

- **plnohodnotné** – mléčné a vaječné B (všechny E AK v množství potřebném pro člověka)
- **téměř plnohodnotné** – svalová bílkovina (některé E AK jsou mírně nedostatečné)
- **nepplnohodnotné** – rostlinné B (některé E AK jsou nedostatečně zastoupeny)

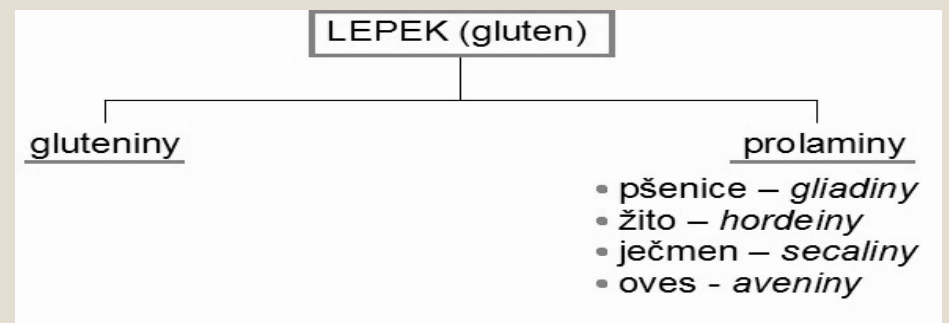
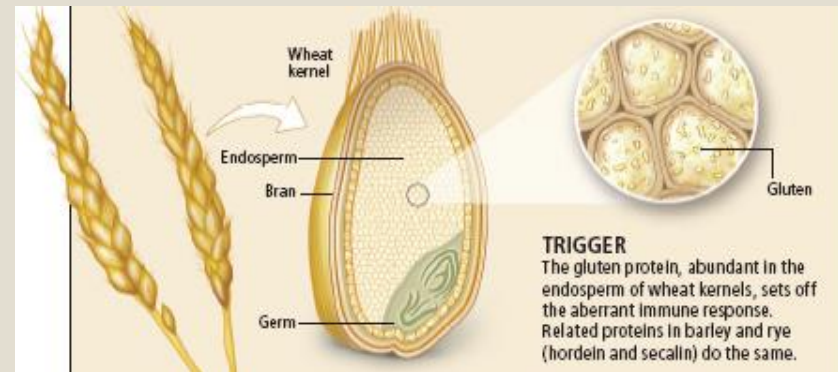
Lepek (rostlinné bílkoviny)

= gluten

- bílkovinná část obilného zrna (vnitřní část obilky) některých obilovin

⇒ **pšenice a její kultivary, žito, žitovec, ječmen, oves**

- směs ve vodě nerozpustných proteinů
 - gluteniny + prolaminy (40 – 50 %) – odlišná toxicita

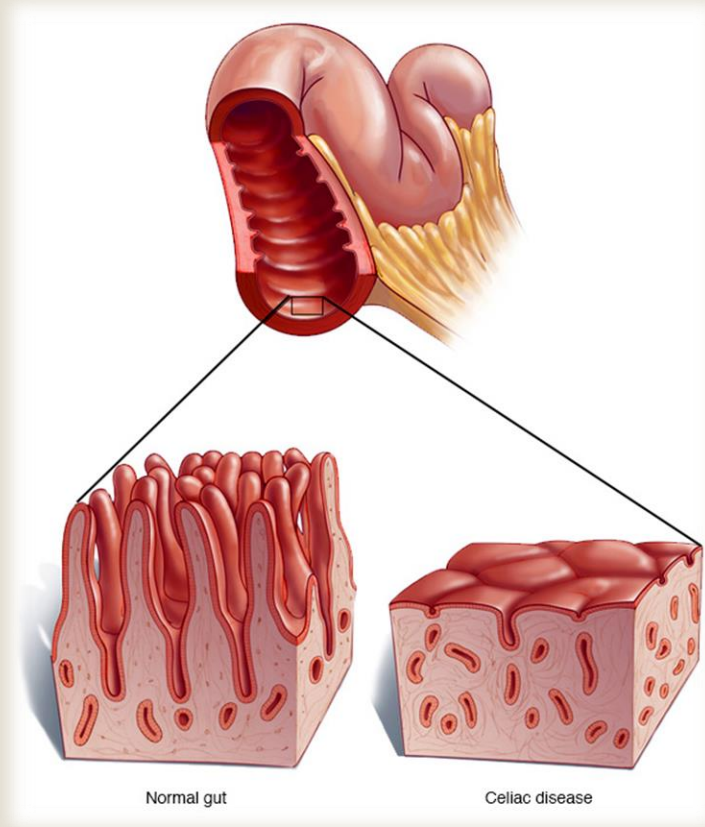


Lepek

- **Prolaminy** – zodpovědné za rozvoj celiakie
 - gliadiny (pšenice)
 - hordeiny (žito)
 - sekaliny (ječmen)
 - aveniny (oves) – obsahují středně vysoký obsah glutaminu a nízký obsah prolinu
- Z pohledu celiakie jsou významné tzv. **toxické sekvence AMK**
 - prolin-serin-prolin-glutamin
 - glutamin-glutamin-glutamin-prolin

Autoimunitní onemocnění – celiakie

- celoživotní onemocnění
- onemocnění vyvolané konzumací lepku u predisponovaných jedinců
- přítomnost specifických protilátek (proti tkáňové transglutamináze typu 2, endomyziu, deaminovaným gliadinovým peptidům)
- zánět sliznice tenkého střeva → atrofii klků nebo hyperplazii krypt (snížená schopnost trávení a vstřebávání živin)
- léčba – celoživotně přísná bezlepková dieta



Kvalita bílkovin

- dána zastoupením všech 9 E AK, vhodný poměr, stravitelnost
- **skutečná stravitelnost** – relativní množství N absorbovaného z potravy k přijatému N
- **biologická hodnota** – relativní množství N pro syntézu proteinů z absorbovaného N
- čistá využitelnost bílkovin – skutečná stravitelnost * biologická hodnota
- **aminokyselinové skóre vztahované na stravitelnost proteinů** – množství limitující AK v testované bílkovině vzhledem ke stejné AK v referenční bílkovině

(= **PDCAAS** = protein digestibility-corrected amino acid score)

Limitující AK

= esenciální aminokyselina, které je v proteinu nejméně vzhledem k jejímu zastoupení v referenčním proteinu

- **referenční protein** – idealizovaný protein, obsah všech esenciálních AK, vaječný bílek, proteiny kravského mléka
- obiloviny – lysin, luštěniny – methionin

Kvalita proteinů v některých potravinách*

Zdroj proteinů	BV (%)	Stravitelnost (%)	PDCAAS (%)
Vejce	100	97	100
Syrovátka	100	100	100
Sója	74	86	92
Mléko (kasein)	80	99	100
Hovězí maso	80	70–80	92
Fazole	49	78	68
Pšeničná mouka (celozrná)	54	86	40

Seminář biochemie

Výživová doporučení (DACH)

Bílkoviny

A. Doporučený příjem

Věk	Bílkoviny g/kg ¹ /den		Bílkoviny g/den		g/MJ ² (hustota živin)	
	m	ž	m	ž	m	ž
Kojenci						
0-≤ 1 měsíc	2,7		12	12	6,0	6,3
1 měsíc	2,0		10	10	5,0	5,3
2-3 měsíce	1,5		10	10	5,0	5,3
4-5 měsíců	1,3		10	10	3,3	3,4
6-11 měsíců	1,1		10	10	3,3	3,4
Děti						
1-3 roky	1,0		14	13	3,0	3,0
4-6 let	0,9		18	17	2,8	2,9
7-9 let	0,9		24	24	3,0	3,4
10-12 let	0,9		34	35	3,6	4,1
13-14 let	0,9		46	45	4,1	4,8
Dospívající a dospělí						
15-18 let	0,9	0,8	60	46	5,7	5,4
19-24 let			59	48	5,6	5,9
25-50 let	0,8		59	47	5,8	6,0
51-64 let	0,8		58	46	6,3	6,2
≥ 65 let	0,8		54	44	6,5	6,4
Těhotné				58		6,3
Kojící³				63		5,8

¹ Vztaheno na referenční tělesnou hmotnost

² Přepočteno na mladistvé a dospělé s převážně sedavou činností (hodnota PAL 1,4)

³ Cca 2 g proteinu jako přídavek na 100 g mateřského mléka

Výživová doporučení dle DACH

Výživová doporučení (EFSA)

- dospělí – 0,83 g/kg tělesné hmotnosti
- kojenci, děti, adolescenti – 0,83–1,31 g/kg tělesné hmotnosti
- těhotné ženy – navíc +1 g první trimestr, +9 g druhý trimestr, + 28 g třetí trimestr

Výživová doporučení

- 0,8 g/kg (DACH), 9-11 % CEP, obecně 15 %
- potřeba bílkovin vyšší u dětí v období růstu, těhotné a kojící ženy
- nedostatek – poruchy tělesného a duševního vývoje, snížení imunity...
- za bezpečnou hranici se považuje až 30 % energetického příjmu (kapacita trávicího traktu a schopnost jater zpracovat přijatý dusík z AK)

ZDROJE BÍLKOVIN V POTRAVĚ



- <https://indianexpress.com/article/lifestyle/health/diet-diary-why-some-proteins-are-hard-to-digest-5126862/>

Zdroje bílkovin

MASO A VEJCE	VE 100 g POTRAVINY
kuřecí prsa	23 g
krůtí prsa	23 g
maso hovězí libové	20 g
maso vepřové libové	20 g
celé vejce	13 g
bílek	11 g

Zdroje bílkovin

MLÉČNÉ VÝROBKY	VE 100 g POTRAVINY
tvaroh tvrdý	25 g
tvaroh bez tuku	13 g
tvaroh polotučný	11 g
jogurt bílý polotučný	5 g
podmáslí	3,5 g
mléko polotučné	3,3 g
kefír	3 g

Zdroje bílkovin

MLÉČNÉ VÝROBKY	VE 100 g POTRAVINY
Olomoucké tvarůžky	30 g
eidam 30%	30 g
mozzarella	18 g
Balkánský sýr	15 g
cottage	12 g

Zdroje bílkovin

LUŠTĚNINY	VE 100 g POTRAVINY
sója	34 g
čočka	24 g
fazole	22 g
hrách	20 g
cizrna	19 g

Seřadte zdroje bílkovin

- tvaroh tvrdý
- mléko polotučné
- cottage
- kuřecí prsa
- sója
- Olomoucké tvarůžky
- mozzarella
- celé vejce
- tvaroh polotučný
- jogurt bílý polotučný

Seřadte zdroje bílkovin

POTRAVINA	VE 100 g POTRAVINY
sója	34 g
Olomoucké tvarůžky	30 g
tvaroh tvrdý	25 g
kuřecí prsa	23 g
mozzarella	18 g
celé vejce	13 g
cottage	12 g
tvaroh polotučný	11 g
jogurt bílý polotučný	5 g
mléko polotučné	3,3 g

Nedostatek bílkovin

- **MARASMUS** = nedostatečný příjem energie
 - nedostatek stravy, živin
 - snížené množství tuku v těle, svalová atrofie, extrémně nízkou hmotnost
- **KWASHIORKOR** = proteinová malnutrice
 - „nemoc staršího dítěte po narození mladšího dítěte“ v rozvojových zemích
 - otoky, svalová atrofie, nižší celková hmotnost



Nadbytek bílkovin

- nezjištěny pozitivní fyziologické účinky
 - horní hranice příjmu 2 g/kg/den
 - vysoký příjem B často spojen s vysokým příjmem T, cholesterolu, purinů
 - zatížení ledvin (zvýšená glomerulární filtrace, zvýšená exkrece vápníku)
 - zatížení jater
-
- vysokoproteinové diety?
 - Atkinsova dieta (nízká hladina inzulínu po jídle, tvorba ketoláttek)

Bílkoviny a vegetariánství/veganství

- pečlivé sestavení jídelníčku pro pokrytí potřeby E AK u dospělých
(při veganství u dětí prakticky nelze)
- **vegetariánství** – příjem kvalitních mléčných a vaječných proteinů
- **veganství** – vhodná kombinace komplementárních zdrojů bílkovin
- POZOR –rostoucí organismus, nemocní v katabolismu, těhotenství

Výživová tvrzení

ZDROJ BÍLKOVIN

- Tvrzení, že se jedná o potravinu, která je zdrojem bílkovin, a jakékoli tvrzení, které má pro spotřebitele pravděpodobně stejný význam, lze použít pouze tehdy, pokud bílkoviny představují alespoň 12 % energetické hodnoty potraviny.

S VYSOKÝM OBSAHEM BÍLKOVIN

- Tvrzení, že se jedná o potravinu s vysokým obsahem bílkovin, a jakékoli tvrzení, které má pro spotřebitele pravděpodobně stejný význam, lze použít pouze tehdy, pokud bílkoviny představují alespoň 20 % energetické hodnoty potraviny.

Zdravotní tvrzení

- Bílkoviny přispívají k růstu svalové hmoty.
- Bílkoviny přispívají k udržení svalové hmoty.
- Bílkoviny přispívají k udržení normálního stavu kostí.

- Tvrzení smí být použito pouze u potravin, které jsou přinejmenším zdrojem bílkovin podle vymezení v tvrzení ZDROJ BÍLKOVIN na seznamu v příloze nařízení (ES) č. 1924/2006.

Otázky

- **Jaké máme esenciální AK?**
- **Jaké látky a enzymy se podílejí na štěpení bílkovin?**
- **Jaká máme výživová tvrzení spojená s bílkovinami?**
- **Jaká zdravotní tvrzení se pojí s bílkovinami?**

Otázky

- **Jaké máme esenciální AK?**
 - leucin, isoleucin, valin, lysin, methionin, fenylalanin, tryptofan, treonin, histidin
- **Jaké látky a enzymy se podílejí na štěpení bílkovin?**
 - žaludeční šťávy (pepsin, HCl), pankreatické šťávy (trypsin, chymotrypsin, elastasa, karboxypeptidasa), aminopeptidasy v tenkém střevě
- **Jaká máme výživová tvrzení spojená s bílkovinami?**
 - zdroj bílkovin, s vysokým obsahem bílkovin
- **Jaká zdravotní tvrzení se pojí s bílkovinami?**
 - bílkoviny přispívají k růstu svalové hmoty
 - bílkoviny přispívají k udržení svalové hmoty
 - bílkoviny přispívají k udržení normálního stavu kostí

Shrnutí

- B jsou řetězce aminokyselin
- rozlišujeme primární, sekundární, terciární, kvartérní strukturu
- rozlišujeme AK
 - **esenciálních** (leucin, isoleucin, valin, lysin, methionin, fenylalanin, tryptofan, treonin, histidin)
 - **semiesenciální** (arginin, tyrosin)
 - **neesenciální**
- leucin, isoleucin, valin jsou rozvětvené AK (BCAA)

TUKY

9 kcal (37 kJ)
30 %

BÍLKOVINY

4 kcal (17 kJ)
10–15 %

SACHARIDY

4 kcal (17 kJ)
55–60 %

Shrnutí

- organismus neumí B využít v přijaté formě – nejprve trávení – rozložení B na AK
- bílkoviny – hlavní zdroj N, N vylučován močí (močovina)
- **dusíková bilance** = množství N přijatého do organismu potravou – množství N vyloučeného
 - **vyrovnaná** – přijatý N = vyloučený N (zdravý dospělý)
 - **pozitivní** – přijatý N > vyloučený N (růst, rekonvalescence)
 - **negativní** – přijatý N < vyloučený N (nežádoucí – B zdroj E – infekce, úrazy, popáleniny, operace, hladovění,...)
- živočišné x rostlinné bílkoviny
- z výživového hlediska – plnohodnotné, téměř plnohodnotné, neplnohodnotné

Shrnutí

- kvalita bílkovin dána zastoupením všech 9 E AK (+vhodný poměr, stravitelnost)
- limitující AK = esenciální aminokyselina, které je v proteinu nejméně vzhledem k jejímu zastoupení v referenčním proteinu (obiloviny – lysin, luštěniny – methionin)
- referenční protein – idealizovaný protein, obsah všech esenciálních AK, vaječný bílek, proteiny kravského mléka
- doporučené množství 0,8 g/kg (DACH), 9-11 % CEP, obecně 15 %
- Zdravotní tvrzení vztahující se k bílkovinám:
 - bílkoviny přispívají k růstu svalové hmoty
 - bílkoviny přispívají k udržení svalové hmoty
 - bílkoviny přispívají k udržení normálního stavu kostí

DĚKUJI ZA POZORNOST



Zdroje

- LEDVINA, M.; STOKLASOVÁ, A.; CERMAN, J. *Biochemie pro studující medicíny I a II. díl, Praha: Karolinum, 2009. 546 s. ISBN 978-80-246-1415-1.*
- SPOLEČNOST, PRO VÝŽIVU. Referenční hodnoty pro příjem živin. Vyd. Výživa servis sro, 2011.
- SPOLEČNOST, PRO VÝŽIVU. *Výživa a potraviny. Praha. 2016.*
- KASPER, Heinrich; BURGHARDT, Walter. *Výživa v medicíně a dietetika. Grada, 2015.*
- <https://www.bezhladoveni.cz/bilkoviny-v-potravinach-2/>
- <https://www.stobklub.cz/seznam-potravin-bilkoviny/>
- <http://www.vyzivaspol.cz/bilkoviny-proteiny/>
- <https://www.nutridatabaze.cz/vyhledavani-potravin/podle-nutrientu/?id=3>
- <http://www.szpi.gov.cz/clanek/vyzivova-a-zdravotni-tvrzeni.aspx?q=Y2hudW09NA%3D%3D>
- www.szpi.gov.cz/soubor/voditka-tvrzeni-prilohy-2018.aspx
- <https://aktin.cz/878-bcaa-vetvene-aminokyseliny>