

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny



bílkoviny



bílkoviny
peptidy
aminokyseliny



aminokyseliny

Proteolýza

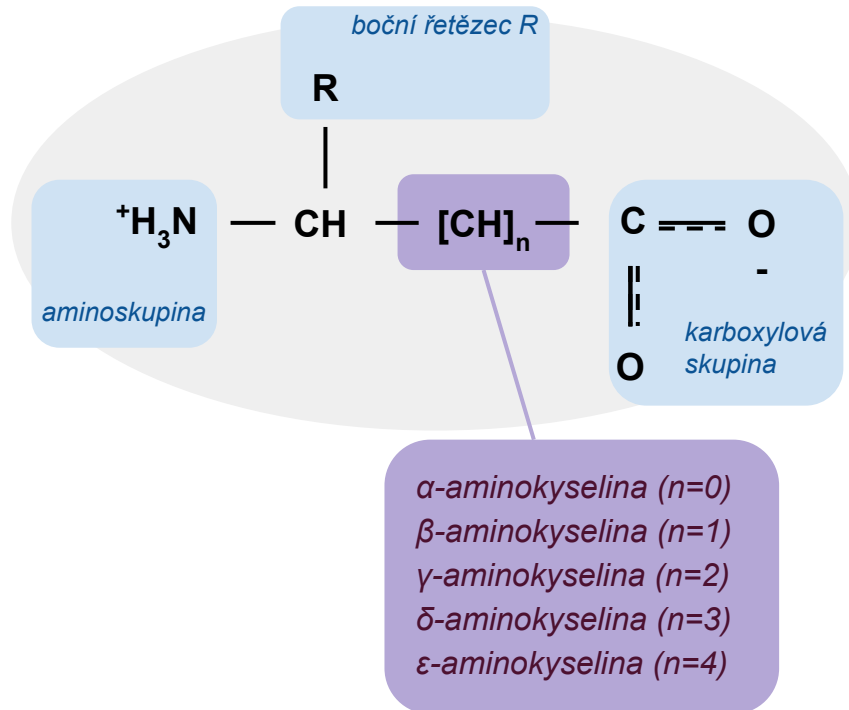
~99 % aminokyselin v potravinách vázáno v bílkovinách a peptidech.

Více volných AMK tam, kde proběhl rozklad bílkovin (sýry, hydrolyzáty, víno, ...)

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

aminokyseliny	základní stavební jednotky v přírodě stovky
peptidy	2–100 AMK spojených peptidovou vazbou štěpné produkty, často vykazují biologické účinky
bílkoviny	biopolymery; >100 AMK, (mohou obsahovat další sloučeniny) složka rostlinných i živočišných buněk, potravin rostliny a mikroorganismy syntetizují ze základních substrátů, živočiškové musejí přijímat (hlavní živina) ovlivňují organoleptické vlastnosti potravin

aminokyseliny: struktura



V molekule AMK obsažena alespoň jednou:

- **karboxylová skupina** $-\text{COOH}$
- **aminoskupina** $-\text{NH}_2$,
 - případně **sekundární aminoskupina** $-\text{NH}-$ (piperidin, pyrrolidin), dříve **iminokyseliny**

v bílkovinách výhradně **α -aminokyseliny**,
tzn. aminoskupina na druhém uhlíku: C_α

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

aminokyseliny podle výskytu:

- AMK nacházející se ve všech organismech:
proteinogenní, kódované, základní
22 sloučenin, 21 v potravinách
 - **v bílkovinách**
 - v peptidech
 - volné
- AMK jen v některých organismech:
(nejsou složkami bílkovin)
 - v peptidech
 - volné

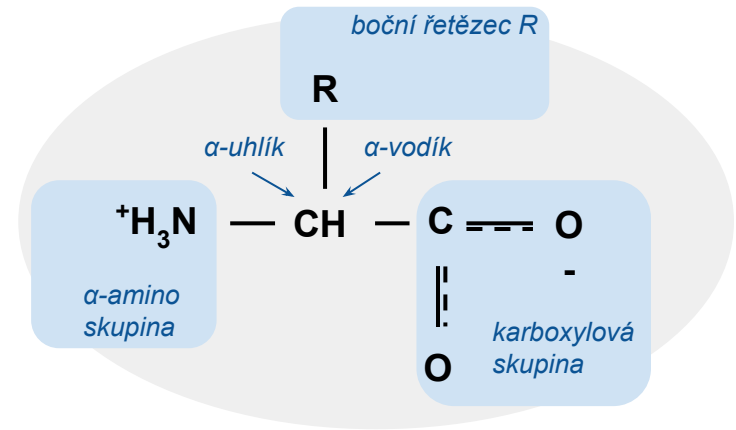
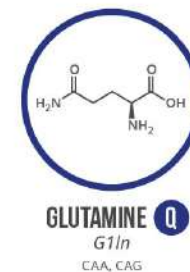
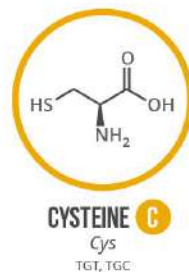
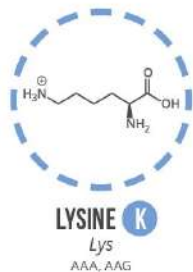
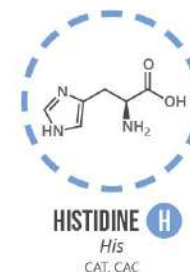
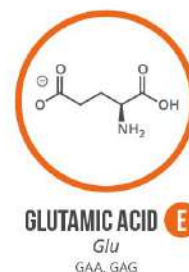
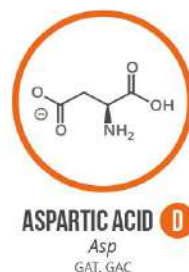
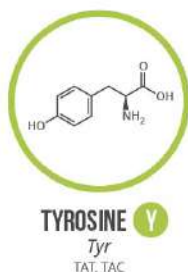
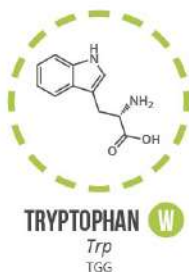
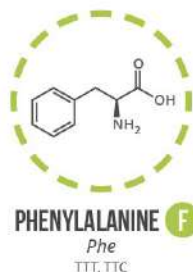
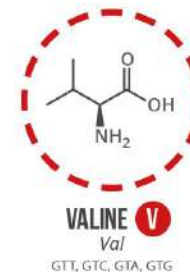
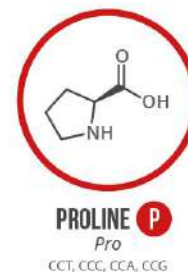
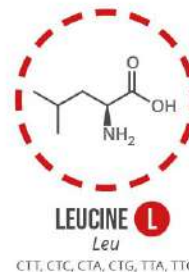
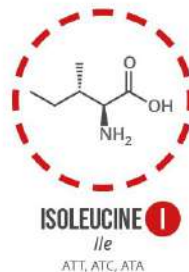
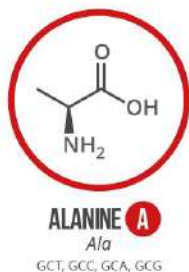
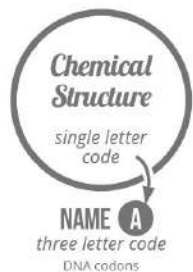
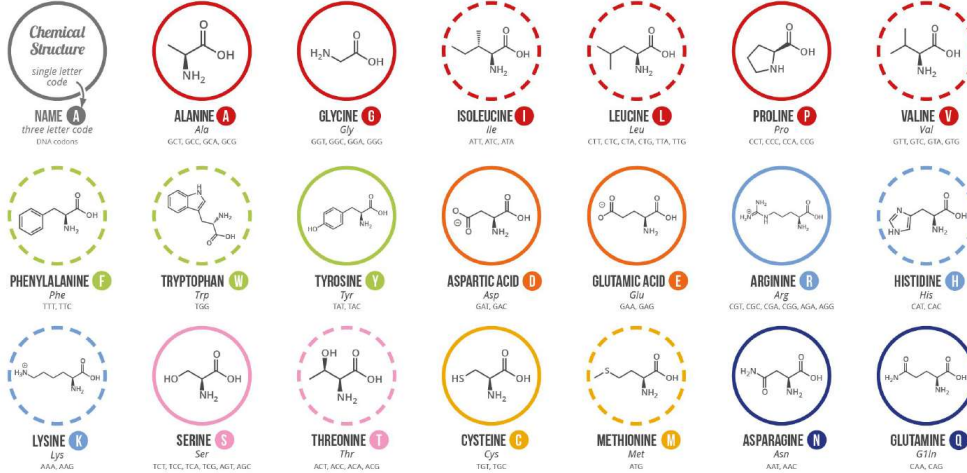


Chart Key: ● ALIPHATIC ● AROMATIC ● ACIDIC ● BASIC ● HYDROXYLIC ● ● SULFUR-CONTAINING ● AMIDIC ○ NON-ESSENTIAL ○ ESSENTIAL



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

Chart Key: ● ALIPHATIC ● AROMATIC ● ACIDIC ● BASIC ● HYDROXYLIC ● SULFUR-CONTAINING ● AMIDIC ○ NON-ESSENTIAL ○ ESSENTIAL



Jednopísmenné kódy pro šetření místa

Margaret Oakley Dayhoff (1925-1983)

pionýrka bioinformatiky, zavedla jednopísmenné zkratky pro úsporu úložných dat prvních počítačů


lidský gen kóduje 20 AMK

triviální názvy často dle prvního zdroje (*asparagus*, *tyros* = sýr)

různé klasifikace

- **biochemie** dle polarity
 - hydrofobní
 - hydrofilní (neutrální, kyselé, zásadité)
- **dle výživy člověka**
 - esenciální
His, Leu, Ile, Lys, Met, Phe, Thr, Trp, Val
 - poloesenciální
Arg, Gly, Cys, Tyr, Pro, Glu
 - neesenciální

Aminokyseliny nemohou být skladovány v těle jako škrob nebo tuk ⇒ je třeba je průběžně přijímat v dietě (jinak přerušeni proteosyntézy)



[článek o tyrosinových
krystalech ve Výživa a Potraviny](#)

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

tvorba neesenciálních aminokyselin

prekurzor	reakce	produkt: neesenciální kyseliny
2-oxoglutarová kyselina + NH_4^+ (z citrátového cyklu)	reduktivní aminace	→ Glu (tato reakce probíhá ve všech živých organismech) ... Glu → Gln, Pro, Arg, Citrullin, Ornitin
oxaloctová kyselina (z citrátového cyklu)	transaminace	Asp → Asn
pyrohroznová kyselina (z glykolýzy)	transaminace	Ala
3-fosfoglycerová kyselina (meziprodukt glykolýzy)		Ser → Gly, Cys, Sec (selenocystein)

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

esenciální, neesenciální a poloesenciální AMK

kategorie	aminokyselina
esenciální AMK org. nedokáže vytvářet <i>de novo</i>	valin, leucin, isoleucin, fenylalanin (→tyrosin), tryptofan, lysin, methionin, threonin, histidin
poloesenciální AMK v období rychlého růstu dětí, případně v nemoci	arginin (dále Gly, Cys, Tyr, Pro, Glu)
neesenciální AMK	ostatní



„**Esenciální**“ **ne**znamená **důležitější**; naopak – organismy ztratily schopnost vytvářet si aminokyseliny, kterých mají v přirozené potravě dostatek. U různých organismů se esenciální aminokyseliny liší.

octomilky (*Drosophila*) si umí – narozdíl od lidí – syntetizovat Arg, Met a His, přestože jejich syntéza je energeticky náročná.

Tyto AMK jsou obsaženy v ovoci jen v malé míře – vyskytují se hlavně v živočišné stravě.

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny: esenciální aminokyseliny

Limitující aminokyselina

= ta, které je v dané potravíně obsaženo relativně nejméně (vztaženo na denní potřebu)

- určuje výživovou hodnotu bílkoviny
- omezuje (*limituje*) proteosyntézu organismu
- nemůže to být neesenciální amk
- potraviny o ni možno obohacovat
- často lysin (cereálie) nebo methionin (luštěniny)

evoluční motivace esenciality určitých amk:
zbytečně náročný aparát pro vlastní tvorbu

Rubnerův zákon limitní aminokyseliny

Využití aminokyselin z přijatých bílkovin závisí na obsahu nejméně zastoupené esenciální aminokyseliny. Z přijatých aminokyselin se jich do vlastních proteinů zabuduje jen tolik, kolik odpovídá množství nejméně zastoupené esenciální aminokyseliny. Protože aminokyseliny se v organismu neskladují, ostatní aminokyseliny jsou rozloženy, a to i tehdy, když v organismu panuje celkový nedostatek bílkovin.

bílkovina z:	limitující aminokyselina
slepičí vejce	–
brambory	Met
sója	Met
fazole	Met
pšenice	Lys, Thr
rýže	Lys, Tyr
kukuřice	Lys, Trp
luštěniny obecně	Met
hovězí maso	Phe, Tyr
kravské mléko	sírné amk. + Ile

Rostlinné zdroje mají často nízký obsah limitujících aminokyselin; např. veganská dieta vyžaduje pestré kombinování potravin (např. cereálie/luštěniny) a celkově zvýšený příjem bílkovin.

Extrémně jednostranná strava → proteinová podvýživa (kwashiokor)

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

esenciální aminokyseliny

Valin

živočišné a rostlinné bílkoviny	5 – 7 %
bílkoviny vajec a mléka	7 – 8 %
elastiny (strukturní bílkoviny)	16 %

Leucin

ve všech běžných bílkovinách	7 – 10 %
pšeničné bílkoviny	7 %
kukuřičné bílkoviny	13 %

Isoleucin

bílkoviny vajec a mléka	6 – 7 %
bílkoviny masa a obilovin	4 – 5 %

Threonin

živočišné bílkoviny (maso, mléko, vejce)	5 %
bílkoviny cereálií	3 %

Methionin

živočišné bílkoviny	2 – 4 %
rostlinné bílkoviny (v luštěninách limitující AA)	1 – 2 %

Lysin

živočišné bílkoviny	7 – 9 %
bílkoviny ryb a korýšů	10 – 11 %
rostlinné bílkoviny (limitující AA)	2 – 4 %

Fenylalanin

běžné bílkoviny	4 – 5 %
-----------------	---------

Tryptofan

živočišné bílkoviny (mimo histony a kolageny – může sloužit jako ukazatel kvality masa)	1 – 2 %
bílkoviny cereálií	< 1 %

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

21. aminokyselina

Selenocystein

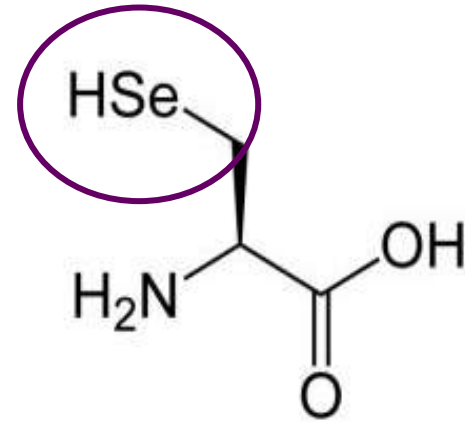
Se-Cys, Sec

21. proteinogenní aminokyselina, objevena až 1986
kódována stop-kodonem UGA
zabudovává se však jen do vybraných proteinů

35 známých bílkovin, redoxní aktivita -
lepší redoxní činidlo než Cys ⇒ aktivní místo enzymů
selenoproteiny tvoří 0,1 % lidských proteinů,
např.: savčí **glutathionperoxidasa**

hlavní forma Se v proteinech

rostliny Se-proteiny nevytváří, pouze
nízkomolekulární látky



15 VA EA N Nitrogen 14,007	16 VIA 6A O Oxygen 15,999	17 VIIA 7A F Fluorine 18,998
15 P Phosphorus 30,974	16 S Sulfur 32,065	17 Cl Chlorine 35,453
33 As Arsenic 74,922	34 Se Selenium 78,971	35 Br Bromine 79,904
51 Sb Antimony 121,758	52 Te Tellurium 127,6	53 I Iodine 126,904
83 Bi Bismuth 208,980	84 Po Polonium [209,982]	85 At Astatine 209,987

Selen

vzácný chalkogen, spolu s O a S
(kterou s Te doprovází)

výroba [fotočlánků](#), [barvení skla](#)

sloučeniny selenu jsou toxické, ale několik
desítek mikrogramů denně esenciální

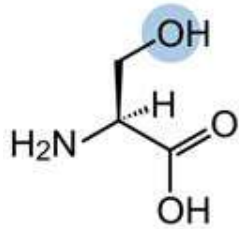
nedostatek ⇒ řada poruch (ateroskleróza,
anémie, ICHS, neurologické p., karcinomy)

V oblastech s nízkým výskytem selenu je
zvýšené riziko nádorových onemocnění
(např. Čína → *keshanská nemoc*
(*kardiomyopatie*)), přebytek však také
rizikový

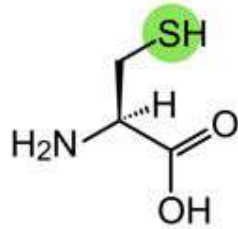
aminokyseliny, peptidy a bílkoviny | 21. aminokyselina selenocystein

Jak se selenocystein objeví v proteinu?

Selenocystein je v genu kódován stop-kodonem UGA. (na takové místo se váže tRNA pro serin, který, pouze navázaný na takto kódovanou tRNA^{Sec}, je měněn enzymem selenocystein-syntáza. Nejde o posttranslační modifikaci ale *kotranslační modifikaci* ještě na tRNA).



Serin



Cystein



Selenocystein

Co na to stop-kodon?

Funkce stop-kodonu je oklamána signální sekvencí (přepisuje se do mRNA, ale nepřekládá do proteinů).

Co když není dost selenu?

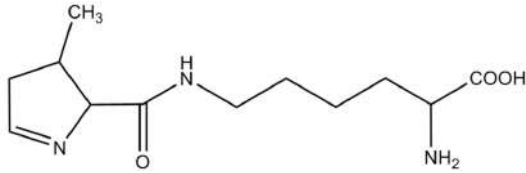
Nízký příjem selenu v potravě by mohl pozastavit proteosyntézu. Existuje posloupnost: tvorba méně důležitých bílkovin se zastaví jako první (stop-kodon v takovém případě ukončuje tvorbu bílkoviny).

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

22. aminokyselina

Pyrolysin

Pyl



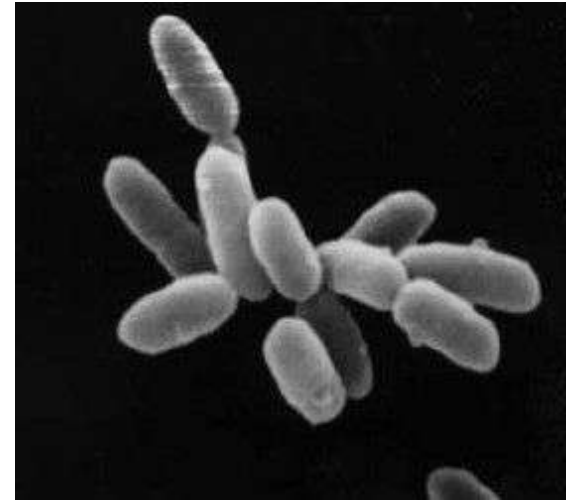
22. proteinogenní aminokyselina
objevena 2002

produkují *Archea* (skupina prastarých prokaryotických jednobuněčných organismů),
extremofilové produkující metan

extremofilové zdrojem užitečných enzymů, schopných fungovat v
drsných podmínkách, např.:

- DNA polymeráza pro PCR
- potravinářství: amyláza, galaktosidáza a pululanáza
(nad T_{var} si zachovávají fci → výroba bezlaktos. sýrů)

Methanobrevibacter smithii, metanogenní archeon, je součástí
normální lidské mikrobioty v tlustém střevě.



archea Holobacterium



vrstvy termofilních archeí v Yellowstonském parku

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

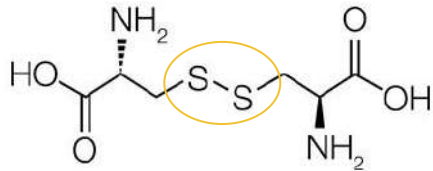
modifikované a další AMK

posttranslační modifikace v již syntetizovaném řetězci

= deriváty základních kódovaných kyselin (nejsou kódovány)

L-Cystin

Cys-Cys



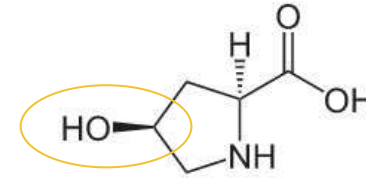
disulfidický můstek
struktura bílkovin

-ovomukoid, laktoglobulin (2), keratin
(vlasy ± 5 hm. %)

hydroxyprolin

3-hydroxyprolin

4-hydroxyprolin

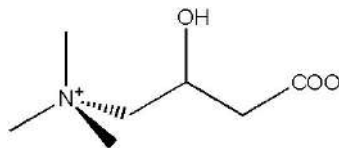


hydroxylací prolinu v peptidovém řetězci
strukturní složka kolagenu, želatiny (>10 %)

Indikuje nekvalitní suroviny v masných výrobcích
(opačně může posloužit 3-methylhistidin v aktinu –
význam není jasný, může ale posloužit jako ukazatel
kvalitní suroviny v masných výrobcích)

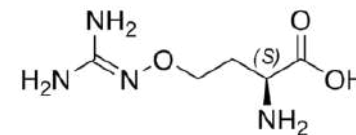
další, nebílkovinné aminokyseliny:
stovky, často volné nebo v peptidech

sekundární metabolity



karnitin

(Lys) uplatnění při transportu mastných kyselin



kanavanin - jedovatá amk - víkev ptačí

analog Arg, inhibitor proteinové syntézy bakterie, houby a rostliny



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny
obsah AMK: maso a pšenice

Aminokyselina	Obsah v bílkovině v %		
	Hovězí sval*	Hovězí kolagen**	Bílkoviny pšenice***
Gly	5,0	<u>31,10</u>	2,8
Ala	4,0	11,0	2,0
Ser	5,4	3,8	4,0
Thr	5,3	2,0	2,3
Pro	6,0	<u>11,8</u>	<u>11,5</u>
Hypro	<u>0,0</u>	<u>10,1</u>	<u>0,0</u>
Val	5,8	2,1	2,6
Ileu	6,3	1,2	3,1
Leu	8,0	2,8	6,2
Phe	4,5	1,6	2,9
Tyr	3,1	0,3	1,1
Trp	1,2	<u>0,0</u>	1,0
Cys (+CySSCy)	1,1	<u>0,0</u>	2,3
Met	<u>3,2</u>	0,5	<u>1,6</u>
Asp(+ AspNH ₂)	6,0	5,0	3,7
Glu(+GluNH ₂)	<u>15,4</u>	7,6	<u>34,6</u>
Arg	7,2	4,9	2,9
His	1,9	0,6	2,0
Lys	<u>7,6</u>	2,6	1,9
Hyllys	<u>0,0</u>	<u>0,6</u>	<u>0,0</u>

*aktin, myosin aj.

**kolagen

***glutenin, gliadin - lepek

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

AMK: fyziologie a výživa

zásobování AMK **dostatečné** při:

pestrá strava,
10 až 15 % energetického příjmu z bílkovin,
poměr rostlinných a živočišných ~ 1:1

možnosti **suplementace**:

v některých zemích běžné obohacování potravin esenciálními amk:

Lys	častá limitující aminokyselina pro nízký obsah v rostlinných bílkovinách (zejm. obilovinách)
Met, Cys	limitující v luštěninách, masné a mléčné bílkovině
Thr	nízký obsah v pšeničné a žitné bílkovině
Trp	relativně málo v mléce, kukuřici, rýži

(Asie: Lys+Thr→rýže, Lys→chléb, Met→sójové v.)

problematická může být **nekonvenční strava**: veganská, makrobiotická (děti),
příp. rozvojové země: kwashiorkor - nedostatek bílkovin

krmiva užitkových zvířat: běžně suplementovány (0,05–0,2 %)



symptomy spojené s nedostatkem bílkovin (kwashiorkor)

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny organoleptické vlastnosti aminokyselin

sladké

Gly*, Ala, Thr,
Pro, Hyp

kyselé

Asp, Glu

hořké

Leu, Ile, Phe,
Tyr, Trp

indiferentní

ostatní

**glykós (řecky) = sladký*

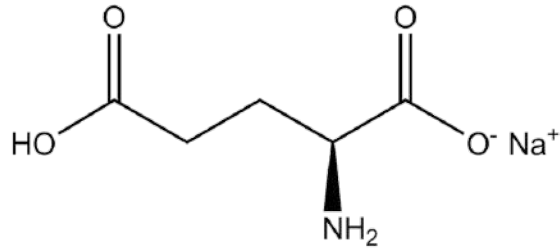
některé amk náhradní sladidla (6-chlortryptofan, sladivost 100, ale zdravotní rizika)

zejména u potravin po proteolýze (sýry, maso, ryby)

kořenících přípravky (sójovka, polévkové koření)

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny
organoleptické vlastnosti - chuť *umami*

umami



glutamát sodný - nositel chuti umami

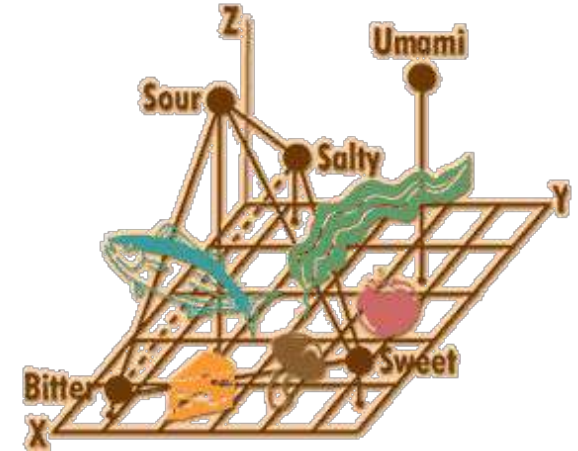
„pátá chuť“

přísady bohaté na umami:

- sójová omáčka,
- parmezán,
- mořské řasy,
- rajčata



japonské Dashi
hustý vývar z řas čepelatek a rybích vloček



mapa chutí podle “Research institute of Umami taste”



KIKUNAE IKEDA



1864 – 1936 (jap), objevitel páté chuti *umami*

Pozoroval výraznější chuť svojí *dashi* po přidání mořské řasy.
1908 izoloval z mořských řas hnědé krystalky glutamátu, později vymyslel způsob jeho umělé přípravy a výroby ze sóji a pšenice.
Z MSG se brzy stal běžný doplněk asijských a dalších kuchyň.

Lidé si vyvinuli cit pro glutamát, jelikož je signálem přítomnosti proteinů.

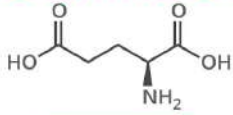


[prizma](#) 

MSG

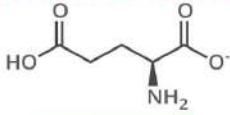
"CHINESE RESTAURANT SYNDROME"

The claim that MSG ingestion at dietary levels can cause headaches, nausea, heart palpitations, sweating, chest pains, and flushing. Originally it was linked to MSG in Chinese food.



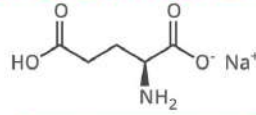
GLUTAMIC ACID

Naturally occurring amino acid



GLUTAMATE

Deprotonated form of glutamic acid

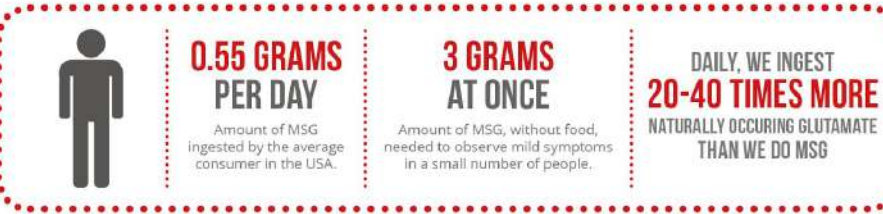


MONOSODIUM GLUTAMATE (MSG)

Sodium salt of glutamic acid

There is **NO CHEMICAL DIFFERENCE** between naturally occurring glutamate ions and the glutamate ions present in MSG. They're both treated exactly the same by our bodies.

GLUTAMATE GIVES FOODS AN 'UMAMI' FLAVOUR. FOODS WHICH NATURALLY CONTAIN FREE GLUTAMATE INCLUDE:



SCIENTIFIC EVIDENCE
Double blinded studies haven't found any links to supposed symptoms at normal dietary levels of MSG.



NEUROTOXICITY?
Tests that suggested neurotoxicity in mice used extremely high doses, and primate results weren't replicable.



FLAWED METHODS?
Relevance of studies looking at ingestion of MSG in isolation are questionable; we always consume it with food.



ANECDOTAL?
Many criticisms of MSG contain anecdotal accounts, without scientific evidence to back them up.



INJECTION VS. ORAL
Studies that look at the effects of injected MSG may have less relevance, as normally we ingest it orally.

DECADES OF RESEARCH HAVE CONCLUDED:

THERE IS NO CLEAR EVIDENCE LINKING DIETARY LEVELS OF MSG TO UNPLEASANT SYMPTOMS

MSG monosodiumglutamate
glutamát sodný, E621

„Chinese restaurant syndrom“

- Robert Ho Man Kwok nepodložená spekulace, + zjištění dr. Olneyho, že aplikace nepřiměřené dávky (4 g/kg) poškozuje myšší mozek.

úvodní nepříliš vhodné pokusy:

- Olney: vysoké dávky primátům - nepodařilo se zreplikovat
- 70. léta: 11 subjektů dostávalo 150 g MSG denně bez negativních účinků
- studie 71 lidí MSG vs. placebo, jedna hlášená reakce na placebo ⇒ psychologický faktor?

MSG stejná molekula jako přirozená AMK
vysoký obsah mají sušená rajčata, houby, sýry

Česká legislativa umožňuje přidávání MSG do potravin a nápojů v množství do 10 g/kg nebo 10 g/l.
(Ne pro děti mladší 3 let.)

→ **nezasloužená reputace**

ADOPTED: 21 June 2017

doi: 10.2903/j.efsa.2017.4910

Re-evaluation of glutamic acid (E 620), sodium glutamate (E 621), potassium glutamate (E 622), calcium glutamate (E 623), ammonium glutamate (E 624) and magnesium glutamate (E 625) as food additives

EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS), Alicja Mortensen, Fernando Aguilar, Riccardo Crebelli, Alessandro Di Domenico, Birgit Dusemund, Maria Jose Frutos, Pierre Galtier, David Gott, Ursula Gundert-Remy, Jean-Charles Leblanc, Oliver Lindtner, Peter Moldeus, Pasquale Mosesso, Dominique Parent-Massin, Agneta Oskarsson, Ivan Stankovic, Ine Waalkens-Berendsen, Rudolf Antonius Woutersen, Matthew Wright, Maged Younes, Polly Boon, Dimitrios Chrysafidis, Rainer Gürtler, Paul Tobback, Andrea Altieri, Ana Maria Rincon and Claude Lambré

Abstract

The EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS) provides a scientific opinion re-evaluating the safety of glutamic acid–glutamates (E 620–625) when used as food additives. Glutamate is absorbed in the intestine and it is presystemically metabolised in the gut wall. No adverse effects were observed in the available short-term, subchronic, chronic, reproductive and developmental studies. The only effect observed was increased kidney weight and increased spleen weight; however, the increase in organ weight was not accompanied by adverse histopathological findings and, therefore, the increase in organ weight was not considered as an adverse effect. The Panel considered that glutamic acid–glutamates (E 620–625) did not raise concern with regards to genotoxicity. From a neurodevelopmental toxicity study, a no observed adverse effect level (NOAEL) of 3,200 mg monosodium glutamate/kg body weight (bw) per day could be identified. The Panel assessed the suitability of human data to be used for the derivation of a health-based guidance value. Although effects on humans were identified human data were not suitable due to the lack of dose–response data from which a dose without effect could be identified. Based on the NOAEL of 3,200 mg monosodium glutamate/kg bw per day from the neurodevelopmental toxicity study and applying the default uncertainty factor of 100, the Panel derived a group acceptable daily intake (ADI) of 30 mg/kg bw per day, expressed as glutamic acid, for glutamic acid and glutamates (E 620–625). The Panel noted that the exposure to glutamic acid and glutamates (E 620–625) exceeded not only the proposed ADI, but also doses associated with adverse effects in humans for some population groups.

© 2017 European Food Safety Authority. *EFSA Journal* published by John Wiley and Sons Ltd on behalf of European Food Safety Authority.



obsahy glutamové kyseliny v ingrediencích:

parmazán: 10 %

těstoviny: 5 %

hovězí: 4 %

rajčata: 2 %

⇒ porce může obsahovat přes 10 g k. glutamové



×



×



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny
peptidy

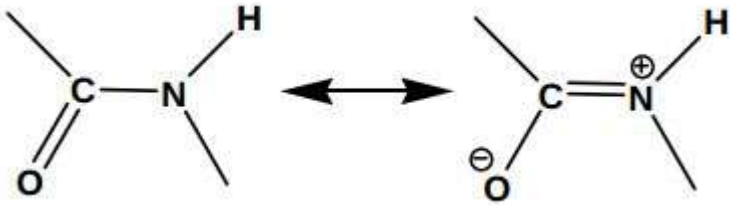
Peptidy

- biologicky aktivní molekuly
- zahrnují některé hormony, antibiotika i toxiny
- některé mají výraznou chuť



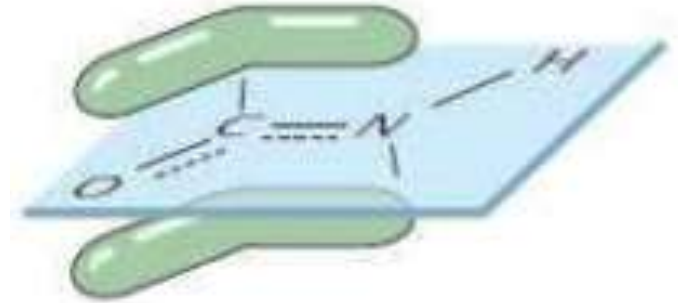
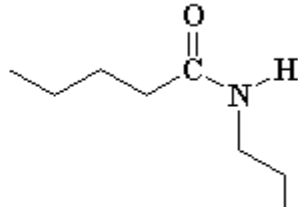
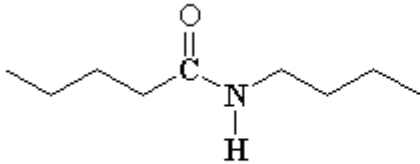
aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

peptidy - peptidová vazba



Peptidová vazba má částečně dvojný charakter → **planární**

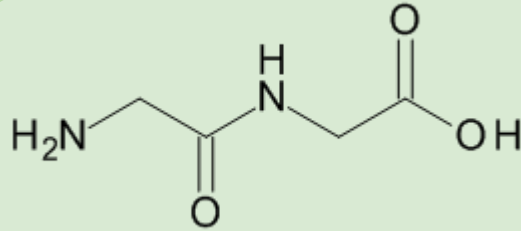
⇒ konformery **trans** (přirodní) a **cis**



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

názvosloví

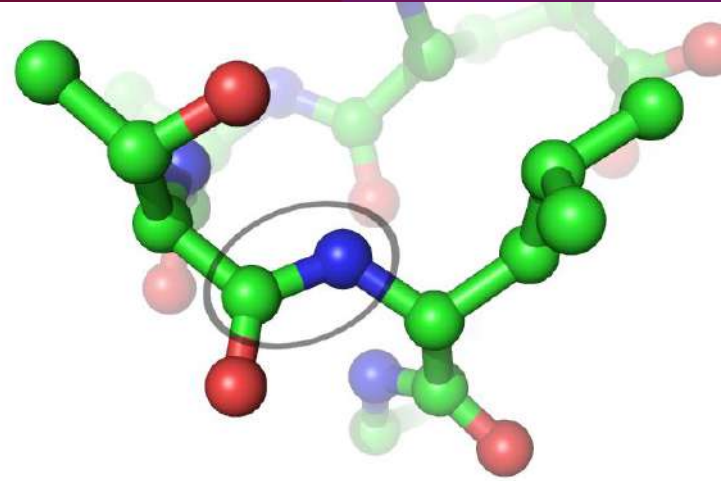
z hlediska názvosloví jde o *acylované aminokyseliny*
v praxi označovány třípísmennými kódy



glycylglycin

Gly-Gly

GG



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

klasifikace peptidů

počet vázaných AMK

- oligopeptidy (2 až 10)
- polypeptidy (11 až 100)

typ řetězce

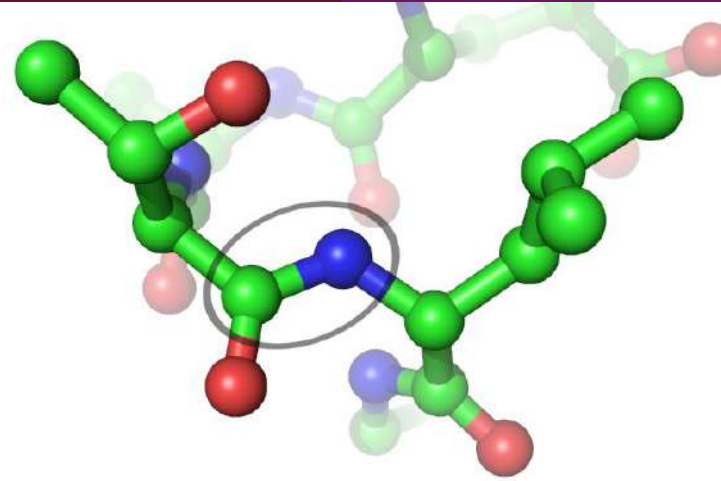
- lineární
- cyklické

druh vazeb

- homodetní (pouze peptidové vazby)
- heterodetní (i další vazby; disulfidové -S-S-
esterové depsipeptidy -CO-O-R)

další vázané složky

- homeomerní (jen AMK)
- heteromerní ~ peptoidy (i jiné sloučeniny:
nukleopeptidy, fosfopeptidy, lipopeptidy,
chromopeptidy, glykopeptidy, metalopeptidy)



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

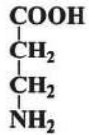
netypické peptidové vazby

vázány mohou být i přes distální skupiny

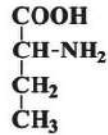
γ -karboxylová sk. kyseliny glutamové \rightarrow γ -peptidová vazba

poměrně často i D-aminokyseliny

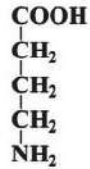
také méně obvyklé aminokyseliny



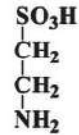
β -alanin



α -aminomáselná



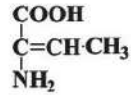
γ -aminomáselná



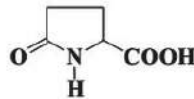
taurin



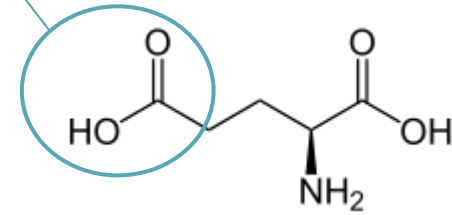
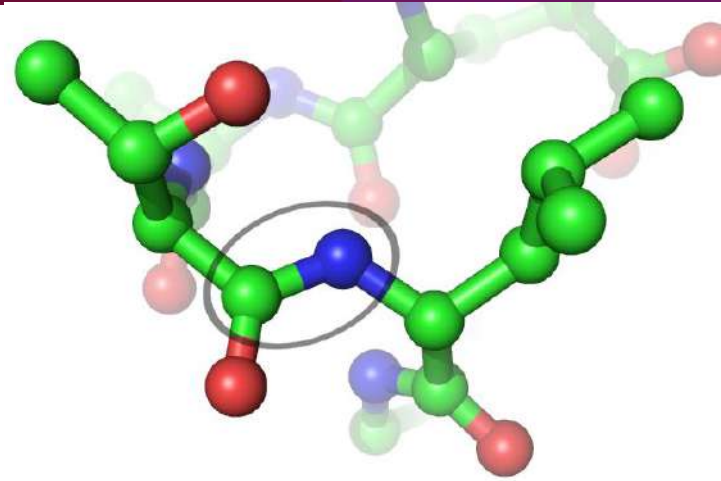
2-aminoakrylová
(dehydroalanin)



(E)-2-aminokrotonová
(dehydrobutyryn)

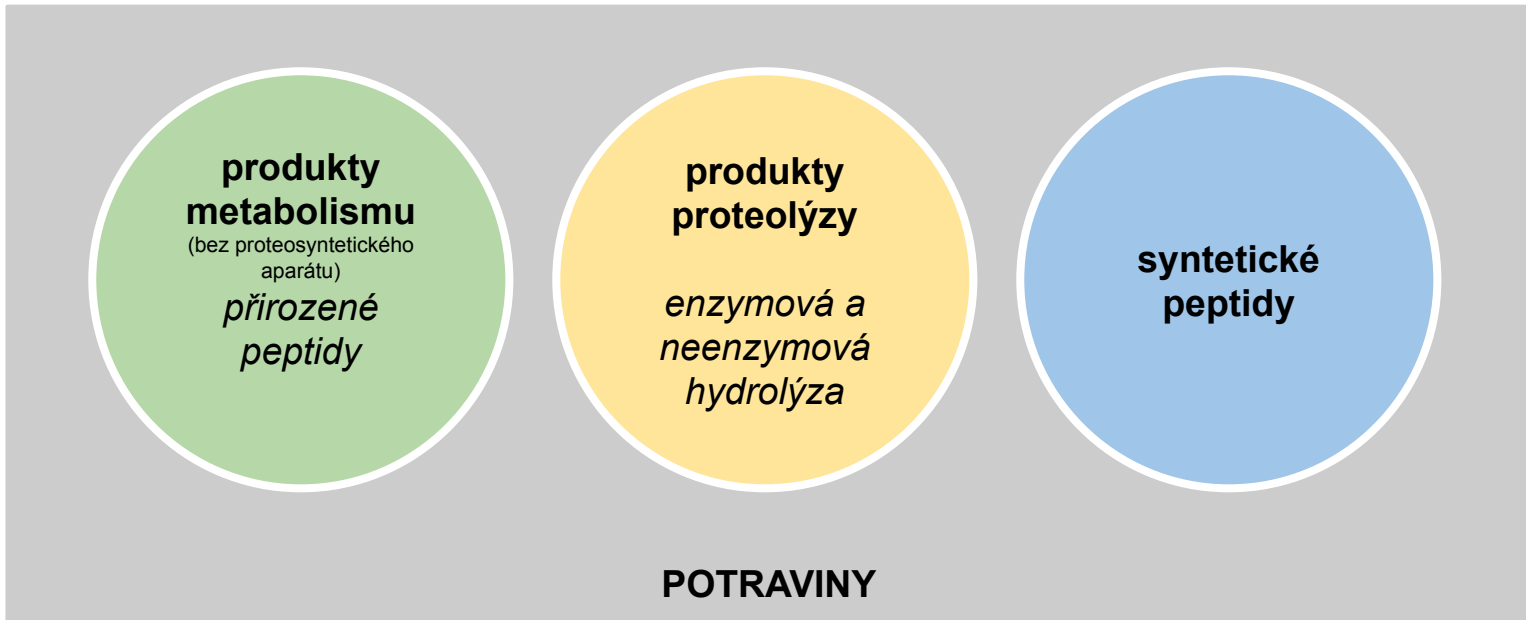


pyroglutamová



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

výskyt peptidů v potravinách



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

výskyt peptidů

produkty
metabolismu

přirozené
peptidy

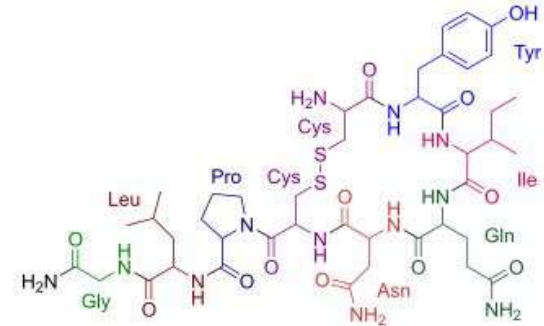
biologické vlastnosti: **v organismech řada fcí;**

hormony (lineární peptidy sekretin, insulin, thyroliberin, ghrelin, cyklické peptidy oxytocin a antidiuretický hormon vasopresin)

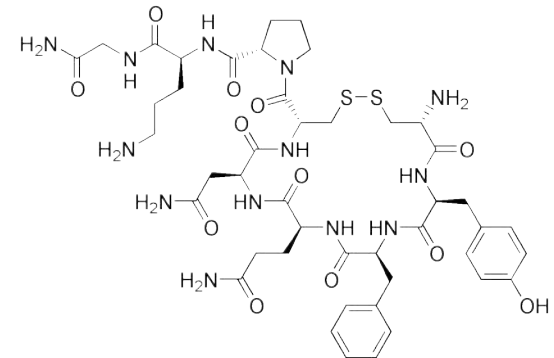
antibiotika (bakteriociny – zejm. lantibiotika, jako je nisin, gramicidin, polymyxin, bacitracin)

toxiny (botulotoxiny, toxiny vyšších hub, hmyzu, včel, pavouků, ...)

některé mají výrazné organoleptické vlastnosti



oxytocin, „hormon lásky“, je nonapeptid



příbuzný nonapeptid vasopresin, též označovaný jako *antidiuretický hormon*

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

výskyt peptidů v potravinách: nisin

produkty metabolismu

přirozené peptidy

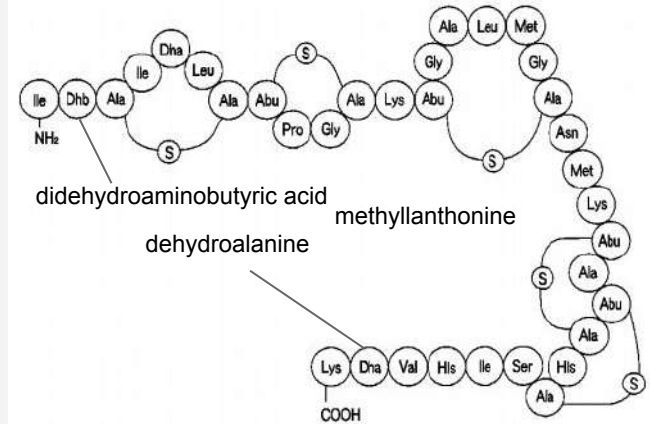
Nisin

antibiotikum (patří do lantibiotik) bakterie *Lactococcus lactis* proti grampozitivním bakteriím (*Streptococcus*, *Clostridium*) E234, v mlékárenství - běžně v sýrech a kysaných výrobcích

Nisin je po konzumaci **inaktivován trypsinem** a pankreatinem, snadno tráven, **nemá proto vliv na střevní mikrobiotu**.

peptid ze 35 AMK, 5 -S-S-, netypické amk

účinný při koncentracích ~ppb, v praxi se používá ~ppm, Do potravin bývá přidáván v množstvích 2–5 mg/kg do konzerv málo kyselých potravin (zelenina, dětská výživa aj.)



nisin - peptidická antibiotika s neobvyklými amk [lanthionin](#) nebo metyllanthionin a s bakteriocidními účinky: **lantibiotika**

Potraviny, které toto "Éčko" obsahují



Tavený sýr light natur



Tavený sýr roztíratelný



Bleu tavený sýr



Camembert tavený sýr



Emmental tavený sýr

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

výskyt peptidů v potravinách: botulotoxiny

produkty
metabolismu

přirozené
peptidy

Botulotoxiny (klobásový jed)

bakterie *Clostridium botulinum*

peptid z 19 AMK

neurotoxin (poškození CNS až smrt)

Nalezeny ve většině potravin

Rizikové potraviny: balené do fólií, konzerv – bez přístupu vzduchu

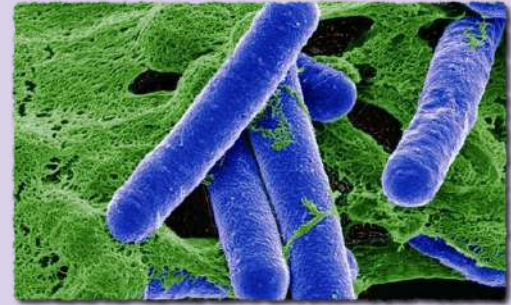
Ošetření: >3 min 120 °C (nebo opakovaná nižší teplota)

pH < 4.5

sůl, dusitany (E249 a 250), dusičnany (E251 a 252)

skladování < 3 °C

využití: kosmetika (botox)



tyčinkovité bakterie *Clostridium botulinum*

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

výskyt peptidů: peptidy ve včelím jedu

produkty
metabolismu

přirozené
peptidy

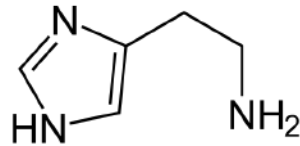


velkou část hmyzích jedů tvoří peptidy

Peptid **Melittin** má schopnost rozkládat buněčné membrány - účinná složka jedu (způsobuje bolest).

Peptid **Apamin** proniká skrze hematoencefalickou bariéru do mozku.

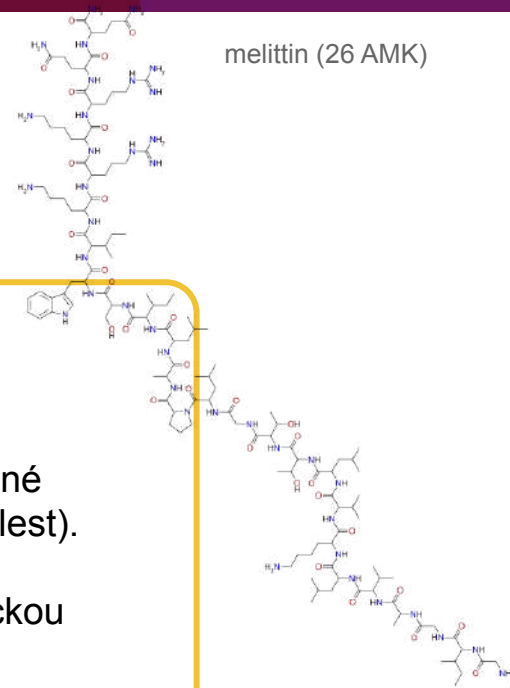
Nejmenší známý neurotoxický peptid (18 amk).
Systémový účinek skrze CNS: šok, chvění, ...



další účinné složky:

V rozkladu napomáhají enzymy
(hyaluronidasa, fosfolipasa)

histamin - způsobuje zánět (proti němu antihistaminika)



melittin (26 AMK)

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

výskyt peptidů v potravinách: glutathion

produkty
metabolismu

přirozené
peptidy

Glutathion

tripeptid, obsažený v rostlinách i živočiších

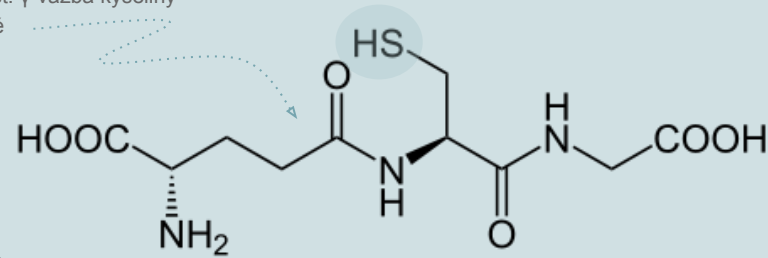
formy: redukovaná G-SH a oxidovaná G-S-S-G
⇒ důležitý redoxní systém, **antioxidační** působení
ochrana buněk před peroxidy aj.,
kofaktor enzymů (glutathion peroxidáza)

v mase: 300–1500 mg/kg

v mouce: 10–15 mg/kg

(jelikož jde o důležitý antioxidant, občas je snaha
o jeho suplementaci, ale biodostupnost je omezena trávením,
glutathion ale není esenciální)

zajímavost: γ -vazba kyseliny
glutamové



γ -glutamyl-L-cysteinylglycine



princip antioxidačního působení glutathionu

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

výskyt peptidů v potravinách: glutathion

produkty
metabolismu

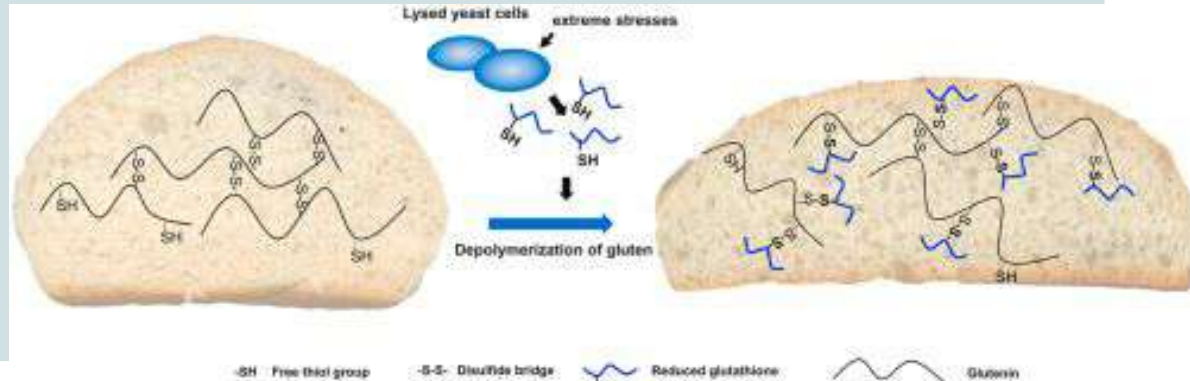
přirozené
peptidy

Glutathion

má vliv na **rheologické** vlastnosti těsta

- v kvasnicích je obsažený glutathion (navíc indukovaný stresem daným jejich výrobou)
- v těstě tento glutathion štěpí vazbu mezi proteiny lepku P-S-S-P
- s GSH vzniká P-S-S-G a P-S-H, tedy kratší řetězce (depolymerizace)
- těsto je méně elastické, chleba rychleji tvrdne

Chorleywoodský proces výroby chleba: anglický způsob pro pšenici chudou na bílkoviny, glutathion je převeden na redukovanou formu pomocí kyseliny askorbové, a neovlivňuje S-můstky lepku



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

výskyt peptidů v potravinách: další γ -glutamyl

produkty
metabolismu

přirozené
peptidy

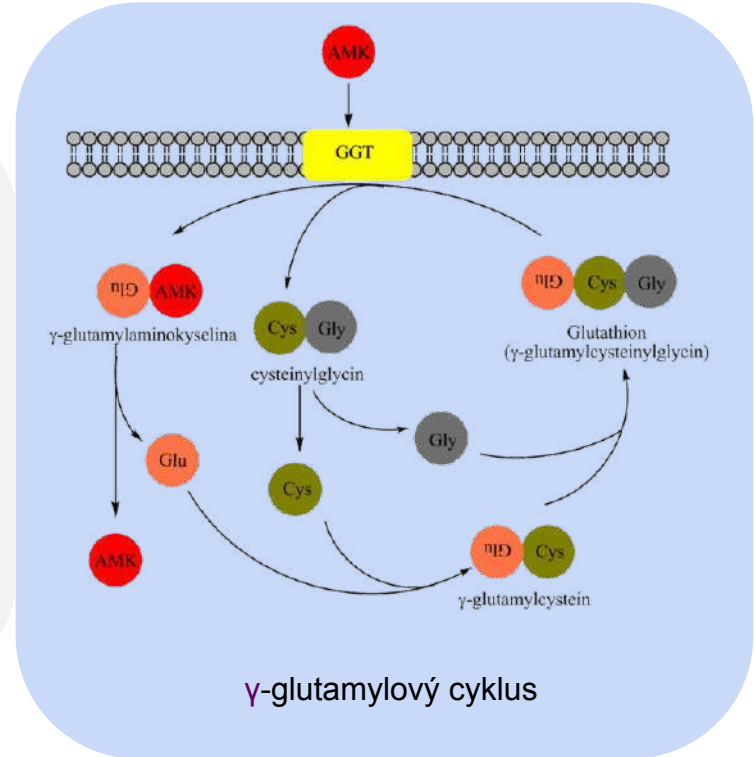
mnoho dalších γ -glutamyl-peptidů (70+)
v cibulovitých rostlinách (česnek, cibule, pórek)
i živočišných tkáních

Funkce

transportují AMK membránami (GGT, γ -glutamyltransferáza)

Fytochelatiny

(proti účinkům těžkých kovů na rostliny; dipeptidické repeticce γ -Glu-Cys)
pro česnek a brkev: zásoba N, S a dokonce i Se



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

výskyt peptidů v potravinách: histidinové dipeptidy

produkty
metabolismu

přirozené
peptidy

4 významné dipeptidy masa

karnosin, anserin, balenin, homokarnosin

biologická funkce

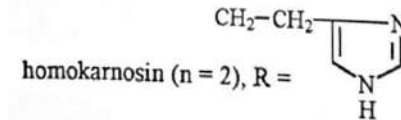
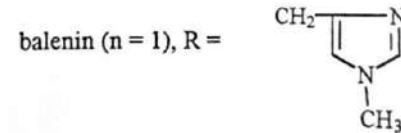
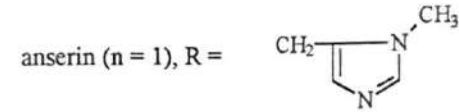
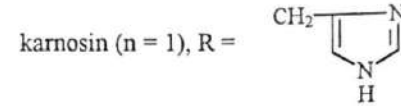
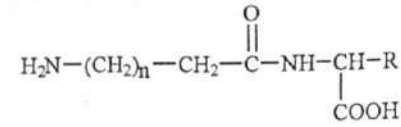
patrně kontrakce kosterního svalstva
ochrana membrán, neurotransmitery

organoleptické vlastnosti

vykazují chuť *umami*

využití

kritérium k určení původu masa v masných výrobcích
(např. kuřecí ve vepřovém), sportovní výživa kvůli β-alaninu



Maso	Obsah v mg.kg ⁻¹		
	karnosin	anserin	balenin
vepřové	1040-3380	70-160	180
hovězí	1520-3650	110-552	17
skopové	670-1898	430-1992	24
kozi	520-1030	750-2016	0
koňské	3820-4023	30-48	0
králičí	497	4536	0
kuřecí	100-1117	550-3350	
krůtí	1600-2400	6150	



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

produkty proteolýzy

produkty proteolýzy

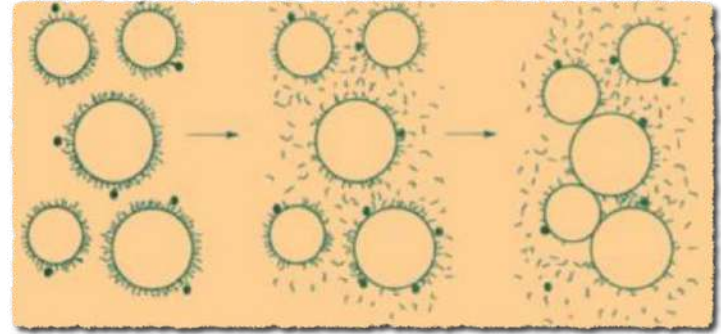
enzymová a neenzymová hydrolyza

spontánní proteolýza

- **žádoucí**
 - zrání masa → konzistence, aroma
 - výroba sýrů
 - hydrolyzáty bílkovin
- **nežádoucí**

záměrná proteolýza

- **výroba sýrů**
→ žádoucí konzistence a aroma
- **výroba sladu**
stabilizace pěny piva polypeptidy z bílkovin ječmene a kvasinek (jsou hydrofobní)
- **výroba hydrolyzátů bílkovin**
enzymové: [sójová omáčka](#)
kyselé: polévkové koření



srážení mléka - koagulace micel kaseinu



hydrolyzáty bílkovin
syrovátky, příp. kolagenu
jako doplněk stravy

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

produkty proteolýzy: hořké peptidy

hořké peptidy

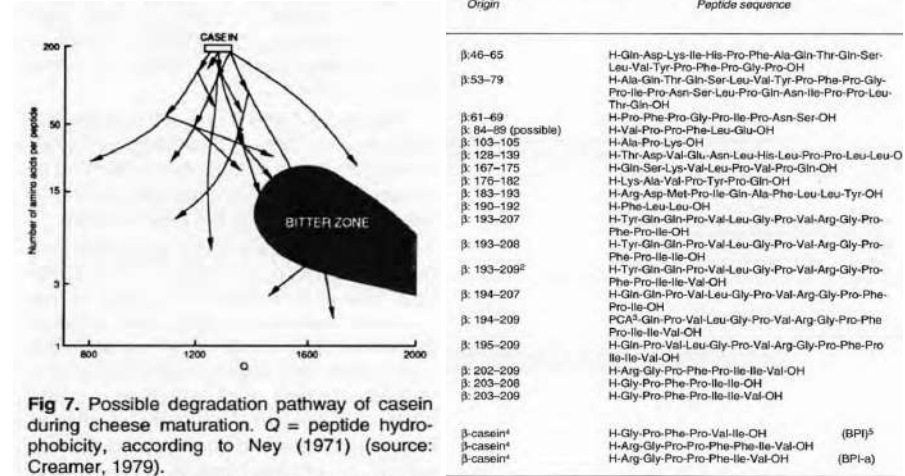
peptidy s hydrofobními AMK
(val, leu, ile, phe, tyr, trp)

typicky hořké hydrolyzáty:

- kaseinu enzymovou hydrolýzou mléčné bílkoviny závisí na: syřidle, mikrofloře, soli
- sójové bílkoviny

známo cca 45 mléčných hořkých peptidů
délka řetězce cca 2 až 23 AMK

$M_R > 6000$ nejsou hořké (neinteragují)



prevence hořké chuti

- kontrola podmínek hydrolýzy proteasy, doba trvání (za cenu méně vyzrálé chuti)
- maskování polyfosfáty, glycin, želatina, u sýrů příchutě (paprika...)
- odstranění endopeptidázy (\rightarrow plasteiny), bakteriální proteolýza

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

produkty proteolýzy: hořké peptidy

hořké peptidy

Plasteinová reakce

některé endopeptidázy vytvářejí spojováním peptidů **delší řetězce**, které již neinteragují s chuťovými pohárky.

→ **plasteiny**

možnost inkorporace esenc. AMK: Met

nebo hydrolýza hořkých peptidů:

Brevibacterium linens využívané v sýrařství – přednostně hydrolyzují hořké peptidy.
(Stejně bakterie na lidské kůži způsobují např. zápach nohou)



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

organoleptické vlastnosti peptidů

hořké peptidy

většina přírodních i syntetických
podpořena hydrofobními amk

slané peptidy

hydrochloridy některých
dipeptidů

možnost omezení příjmu sodíku
(žádoucí, ale velice omezené)

sladké peptidy

dipeptidy od L-Asp

aspartam, neotam, alitam

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

syntetické peptidy

syntetické peptidy

některé slanou chuť

hydrochloridy některých dipeptidů

syntetické dipeptidy – mnohá úspěšná **sladidla**

Aspartam

1965, objeven náhodou ~ špatnou lab.praxí
(N-L- α -aspartyl-L-fenylalanin 1-methylester)

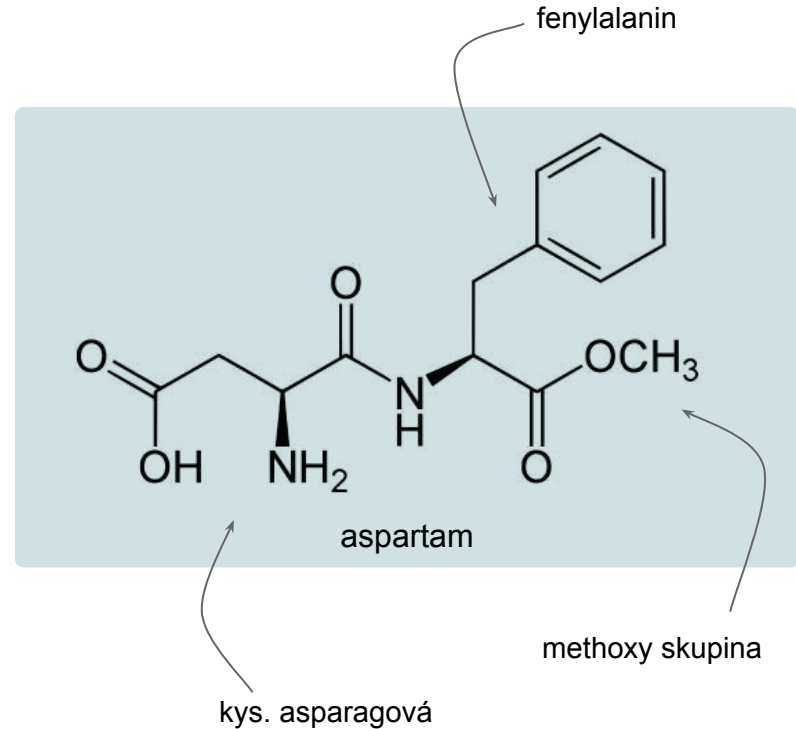
používán až od 80. let

E951

rozšířené sladidlo (200x sacharosa)

nestálý při nízkém pH a vysoké teplotě \Rightarrow nevhodný pro pečení

nekariogenní (nevyvolává kazy)



v těle zpracován jako ostatní bílkoviny; tráven rychle a úplně (v krvi se po požití neobjevuje) \Rightarrow jakékoli účinky v těle způsobeny jeho složkami (Asp, Phe, methanol)

Aspartam (E951)

informační chaos a konspirační teorie ⇒
nezasloužená špatná pověst

EFSA (naposledy [2013](#)) opakovaně potvrzuje bezpečnost aspartamu i jeho přijatelný denní příjem (ADI 40 mg/kg bw/day)

SCIENTIFIC OPINION

Scientific Opinion on the re-evaluation of aspartame (E 951) as a food additive¹

EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS)^{2, 3}

European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy

concluded that aspartame **was not of safety concern** at the current aspartame exposure estimates or at the ADI of 40 mg/kg bw/day. Therefore, there was no reason to revise the ADI of aspartame. Current exposures to aspartame - and its degradation product DKP - were below their respective ADIs. The ADI is not applicable to PKU patients.

14 July 2023, 2min read

Aspartame classified as possible carcinogen but acceptable daily intake remains unchanged

Despite the recent 'possibly carcinogenic' classification of aspartame by IARC, the acceptable daily intake of consumption remains equivalent to about 10 half-litre cans of artificially sweetened soft drinks for a person weighing 70kg. UICC advises a healthy and balanced diet and active lifestyle to mitigate cancer risk.



2023: aspartam klasifikován jako pravděpodobný karcinogen, přípustný příjem nezměněn. Ani složení Pepsi.

Soda companies have nothing to fear from the WHO's warnings about aspartame

The WHO declared aspartame a possible carcinogen that's safe to use in limited quantities.

by Ananya Whittechara
Published July 14, 2023



Pepsi nahradila aspartam (2015/04) na základě preferencí (obav) spotřebitelů

CNN Money international Markets Economy Companies Tech Autos

Diet Pepsi brings aspartame back

by Jackie Wattles @jackiewattles
June 28, 2016, 10:36 AM ET

2016: Pepsi vrací aspartam zpět (nespokojenost trhu)

Aspartam (E951)

Obavy z aspartamu

v historii nařčen z mnoha nežádoucích efektů
(karcinogenita, bolesti hlavy, toxicita)

Osud aspartamu v těle:

štěpení na tři základní složky:

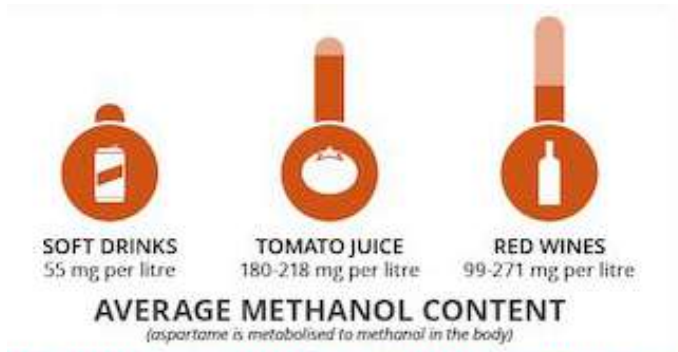
- kyselina asparagová
- fenylalanin
- methanol

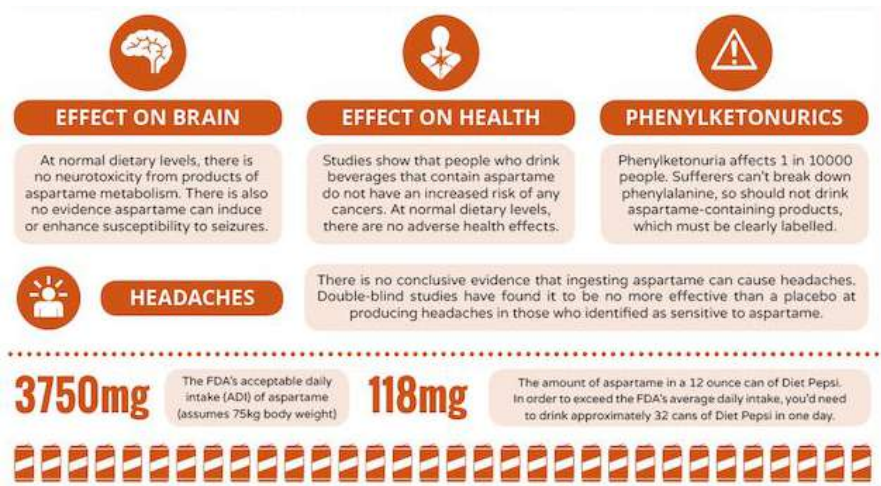
co methanol?

- z litru slazeného nápoje vznikne asi 50 mg MeOH
porovnání: metanol se vyskytuje ve většině alkoholických nápojů, ale také v ovo/zel šťávách, jsme mu vystaveni denně

co fenylalanin?

- nepopíratelné riziko pro fenylketonuriky (1/10000)
→ výrobky musí být označeny





Aspartam (E951)

zdravotní hledisko

sepsáno 500+ studií → nejvíce prozkoumané aditivum

jaké jsou poznatky o karcinogenitě aspartamu?

- *in vivo* ani *in vitro* studie neprokazují karcinogenní vliv aspartamu ani produktů jeho rozkladu

často zmiňovaná bolest hlavy

- provedena řada studií s výsledky od žádného vlivu až po to, že jistá část populace může být vnímavější a tedy náchylnější na bolest hlavy způsobenou aspartamem, avšak EFSA spojitost nenachází

Podle všech významných orgánů je bezpečný,

EFSA* stanovuje ADI** 40 mg/kg

(a zdůrazňuje, že populace této hodnoty nedosahuje)

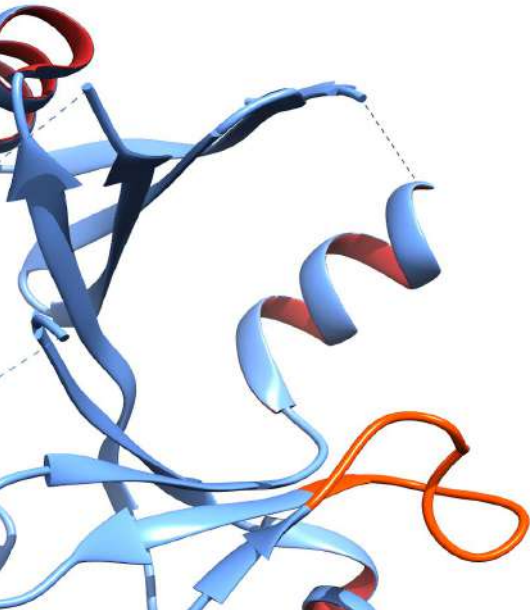
*EFSA: European Food Safety Authority / Evropský úřad pro bezpečnost potravin

**ADI: Acceptable daily intake / akceptovatelný denní příjem

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

bílkoviny

nerozvětvené polymery: 100+ jednotek AMK
vznik: proteosyntéza
mol.hmotnost: 10 000 až miliony Da
vysoce organizovaná struktura →



STRUKTURNÍ PRVKY BÍLKOVIN

- peptidová vazba
- další vazby
 - disulfidové
 - esterové
 - amidové
- další složky než amk:
 - voda
 - anorganické ionty
 - organické sloučeniny (lipidy, cukry, NK, ...)

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny klasifikace bílkovin

*bílkoviny tvoří většinu (suché)
hmotnosti živých organismů*

bílkoviny podle funkcí

- **strukturní**
stavební složky buněk, kolagen
- **katalytické**
enzymy, hormony
- **transportní**
přenos sloučenin, myoglobin
- **pohybové**
svalové proteiny, aktin, myosin
- **obranné**
protilátky, imunoglobuliny, lektiny
- **zásobní**
ferritin
- **senzorické**
rhodopsin
- **regulační**
histony, hormony
- **výživové**
zdroj esenciálních AMK, dusíku a hmoty
k výstavbě a obnově tkání

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

bílkoviny v potravinách

hlavní živiny

po hydrolyze na AMK stavební materiál i zdroj energie

bílkoviny v potravinách

- živočišné tkáně (*post mortem*)
- rostlinná pletiva (odumírající)

nepůvodní stav bílkovin v potravinách

- biologické **funkce omezeny**
- určitá **aktivita enzymů**
 - vlastní + enzymy mikroorganismů
 - cizí, přidané
- částečná **denaturace**
 - nativní: přírodní, veškeré fce zachovány
 - denaturované: nefunkční, zdroj výživy
 - upravené: aditiva pro speciální účely

bílkoviny podle původu

živočišné

maso, mléko, vejce

rostlinné

obiloviny, luštěniny, olejninny, zelenina, okopaniny

netradiční

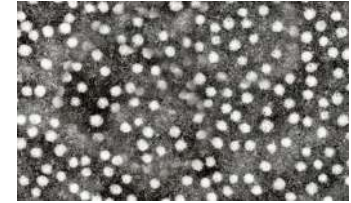
řasy, mikroorganismy

- **řasy** (*Chlorella*, *Spirulina*)
- bílkovinné **izoláty** (cca 90 % sušiny)
- kvasinky (*Candida*)
- bakterie
- bílkovinné koncentráty (cca 50 % sušiny)

bílkoviny podle struktury
(přítomnost nebílkovinné složky)

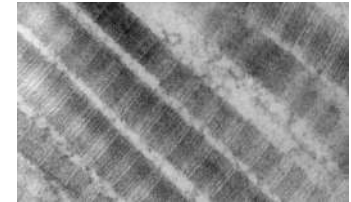
■ **jednoduché** obsahují pouze aminokyseliny sféroproteiny

- **globulární**
(albuminy, globuliny)
=rozpustné



globulární protein (globulin)

- **fibrilární (vláknité)**
skleroproteiny (kolageny, keratiny)
=nerozpustné



fibrilární protein (kolagen)

■ **složené, konjugované** obsahují další, nebílkovinnový podíl

- nukleoproteiny
- lipoproteiny
- glykoproteiny
- fosfoproteiny
- chromoproteiny
- metaloproteiny

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny solvatace bílkoviny

globulární bílkoviny jsou **rozpuštěné** v polárních rozpouštědlech

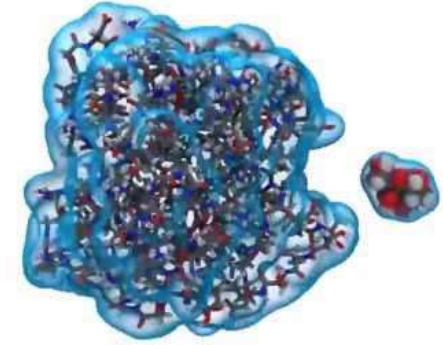
rozpuštěnost bílkoviny závisí na

- *struktury bílkoviny*
- *permitivity rozpouštědla*
- *pH (ovlivňuje celkový náboj)*
- *iontové síle (vsolování/vysolování)*
- *teplotě*

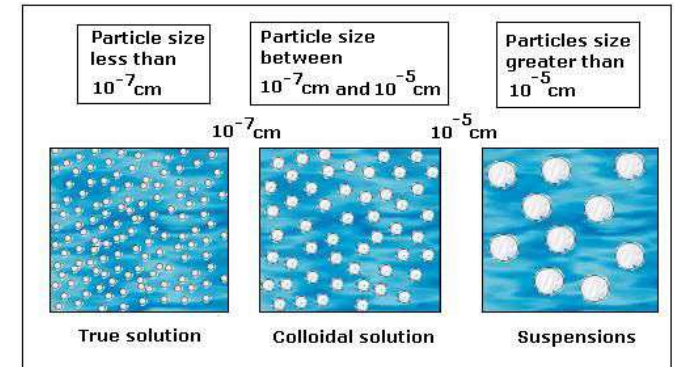
makromolekulární polyionty - **polyamfolyty** (podle pH celkově kladné nebo záporné, nejmenší náboj v oblasti izoelektrického bodu pI)

molekula bílkoviny má charakter **micely**:

- nepolární nitro,
- hydratovaný polární povrch
cca 0,2 až 0,5 gramu vody na 1 g bílkoviny
- monomolekulární hydratační vrstva
- monodisperzní i polydisperzní (dimery i větší) soustavy



koloidní disperze



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

klasifikace bílkovin

bílkoviny podle rozpustnosti

nerozpustné

fibrilární bílkoviny

kolagen, elastin, keratin
tzn. epitelové tkáně, pojivové tkáně,
chrupavky, kosti

rozpustné

albuminy

neutrální, rozp. ve vodě, vysoluje síran amonný >40 %, >75 °C koagulují (mléko: laktalbumin, vejce: ovalbumin a konalbumin, pšenice: leukosin, hrách: legumelin)

globuliny

slabě kyselé, rozpustné v solích, kys. a zás. vysoluje síran amonný >40 %, (mléko: laktoglobulin, vejce: ovaglobulin, maso: aktin a myosin, tuberin brambor)

prolaminy (~gliadiny)

nerozpustné ve vodě, rozp. v solích, kys., zás. a EtOH
obsah Pro, Gln (pšenice: gliadin, ječmen: hordein, kukuřice: zein)

lepek

gluteliny

narozdíl od prolaminů nerozp. v EtOH, teplem koagulují.
Hodně Glu.
(pšenice: glutelin, rýže: oryzenin)

protaminy

bazické, rozp. ve vodě a kys., zás. a NH_4OH , nekoagulují. Bazické amk, např. arg, his.
(mlíčí ryby; salmin lososa, skrombrin makrely)

histony

bazické, rozp. ve vodě, kys., zás., ale nerozp v NH_4OH a nekoagulují teplem. V buněčných jádrech. (krev: globin hemoglobinu)

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

struktura bílkovin

z hlediska výživy je zásadní spíše celkové aminokyselinové složení, znalost struktury však občas užitečná

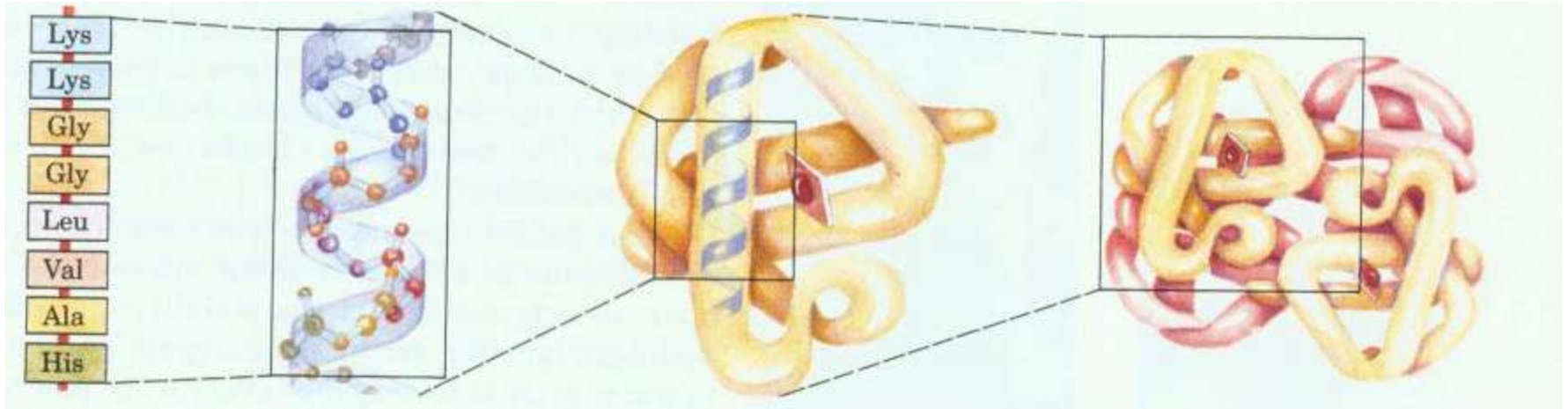
struktura: čtyři úrovně

primární

sekundární

terciární

kvarterní



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

struktura bílkovin

pravotočivý α -Helix n_m

typický helix: 3.6_{13}

=helix s 3,6 AMK na jednu obrátku a 13 atomy v kruhu uzavřeném vodíkovou vazbou

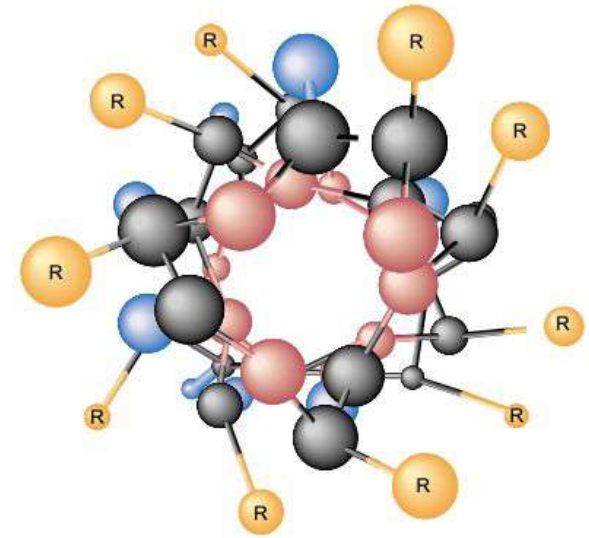
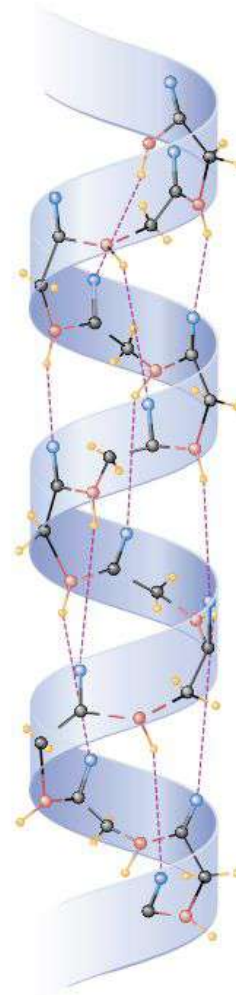
3,6 AMK/otáčka, velikost \varnothing 11 AMK

výška závitů 0,54 nm

průměrná velikost 11 AMK (~3 otočky)

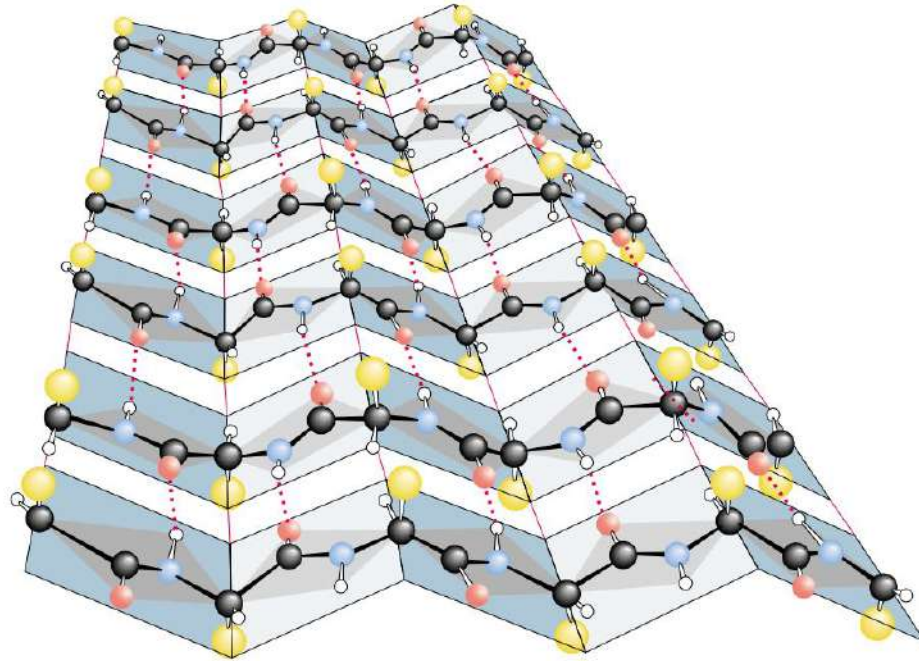
skupina C=O n -té AMK je vodíkovou vazbou vázána k $n+4$ N-H vazbě (\Rightarrow H můstek mezi 1 a 13)

zpravidla pravotočivá šroubovice
typická struktura (kolagen, myoglobin aj.)



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

struktura bílkovin



β -struktura skládaný list / β -hřeben

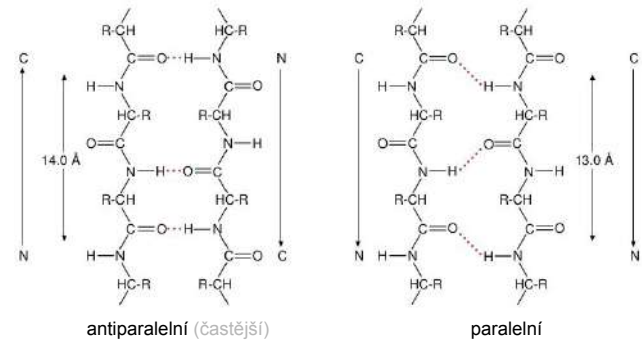
2 (anti)paralelní řetězce

H-můstky (extramolekulární)

průměrně 6 vláken, každé alespoň 15 AMK

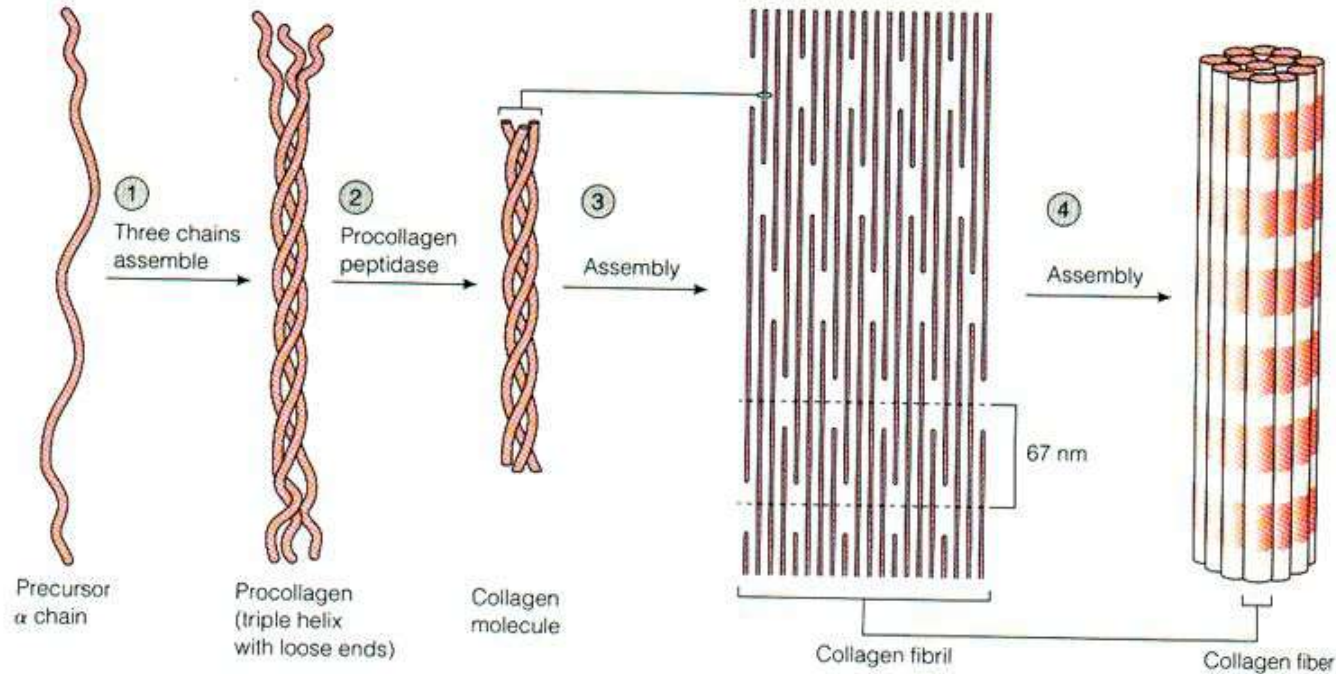
častější antiparalelní

nikdy bílkoviny s prolinem



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny struktura fibrilárních bílkovin

fibrilární bílkoviny mívají zvláštní sekundární struktury;
kolagen = trojitá šroubovice (levotočivý helix svinutý do pravotočivého superhelixu)



levotočivá šroubovice → pravotočivý superhelix → vlákno kolagenu

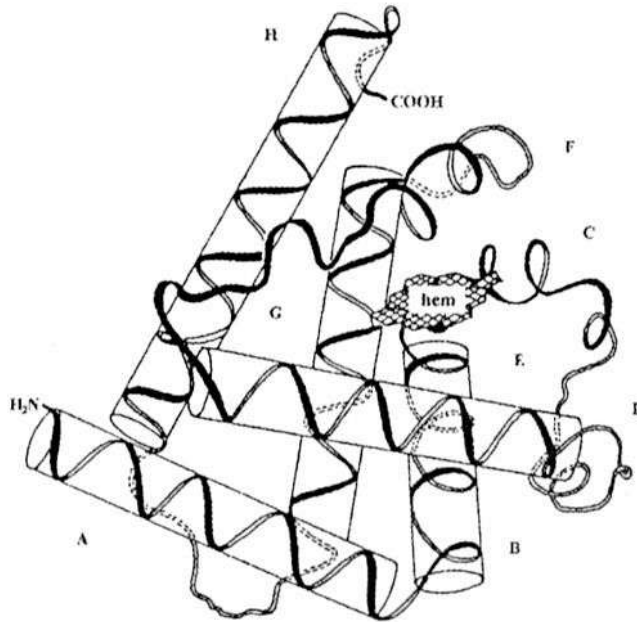
aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

terciární struktura bílkovin

Terciární struktura = celková konformace jednotlivých prvků sekundární struktury

(běžné typy sekundárních struktur tvoří asi polovinu struktury proteinů – zbytek tvoří nerepetitivní (klubková, smyčkovitá) struktura)

- kovalentní (S-S můstky), i
- nekovalentní interakce (elektrostatické interakce)



terciární struktura myoglobinu

A..H: osm α -helixů dlouhých 7–26 AMK

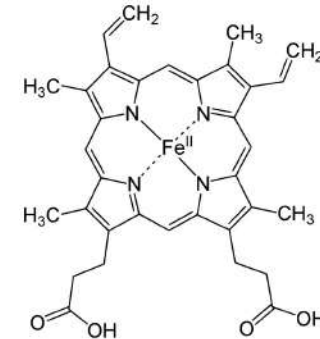
příklad: myoglobin

1 řetězec obsahující 153 AMK

80 % z nich součástí α -helixu

8 α -helixů (121 AMK)

hem s atomem Fe

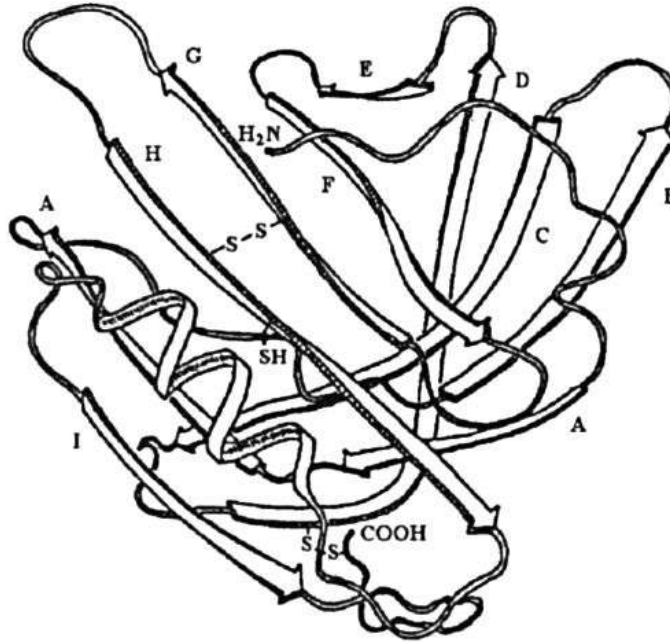


hem s atomem Fe

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny
kvartérní struktura bílkovin

spojení několika
peptidových řetězců do
komplexní struktury
⇒ **kvartérní struktura**

řetězce spojeny
kovalentními vazbami (SS
můstky) i nevazebnými
interakcemi

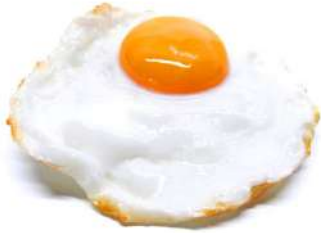


*struktura β -laktoglobulinu kravského mléka
(18 kDa, dvě podjednotky, 2*162 amk)*

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

denaturace bílkovin

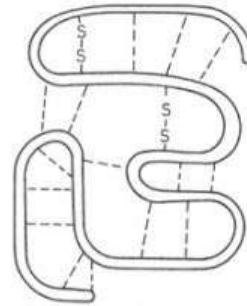
denaturace: změna prostorové struktury z původního (nativního) stavu působením chemických nebo fyzikálních vlivů.



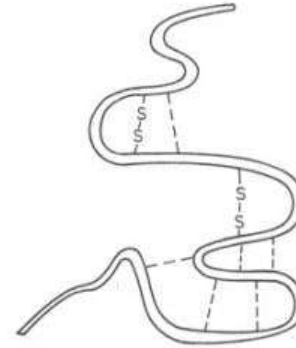
vratná (**reverzibilní**)

×

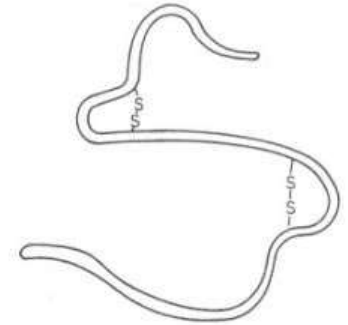
nevratná (**ireverzibilní**)



nativní protein



denaturovaný



degradovaný

Denaturaci způsobují

- fyzikální faktory
teplota (či pomalé mražení),
tlak, ultrazvuk, EM záření
- chemická činidla
soli, kyseliny, zásady,
změny pH, surfaktanty
- mechanické namáhání
(např. šlehání bílku)

Změny při denaturaci

- struktura **méně uspořádaná**
- nově **obnažené fční skupiny**
mohou interagovat s vodou ⇒
30 a 45 % vyšší vaznost (nebo
naopak při vzájemné koagulaci)
- často **koagulace** (bílkoviny
reagují navzájem)

Nutriční důsledky

- zpravidla je denaturace **žádoucí**
- denaturované bílkoviny jsou
přístupnější trávicím enzymům
(např. sirté AMK luštěnin)
- denaturace antinutričních faktorů
(inhibitory trávicích enzymů) a
toxických látek

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

bílkoviny ve výživě

význam bílkovin ve výživě

- hlavní zdroj **dusíku** ($\pm 16\%$ hm.)
- zdroj **esenciálních aminokyselin**
- hmota k výstavbě a **obnově tkání**
- zdroj **energie** (17 kJ/g)

minimální potřeba (plnohodnotné bílkoviny)	minimální doporučená potřeba	běžně doporučená dávka (ne všechny amk v ideálním množství)	děti v období rychlého růstu, kojící matky
0.5–0.6 g/kg	0.6–0.8 g/kg	0.8-1.2 g/kg	až 2.4 g/kg

► *Obsah aminokyselin v potravinách se vztahuje na 16 g dusíku (tzn. 100 g čistých bílkovin).*

plnohodnotné

obsahují esenciální aminokyseliny v optimálním poměru

například vaječná a mléčná bílkovina

téměř plnohodnotné

některé esenciální AMK mírně nedostatkové

živočišné svalové bílkoviny

neplnohodnotné

některé AMK nedostatkové

rostlinné bílkoviny, živočišné pojivové tkáně

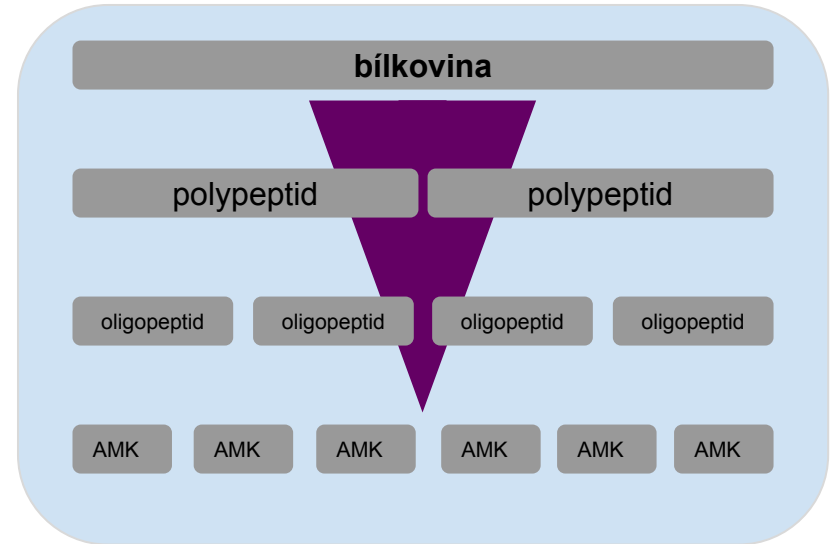
aminokyseliny, peptidy a bílkoviny osud bílkovin v organismu člověka

Organismus není schopen využít původní formu bílkovin.

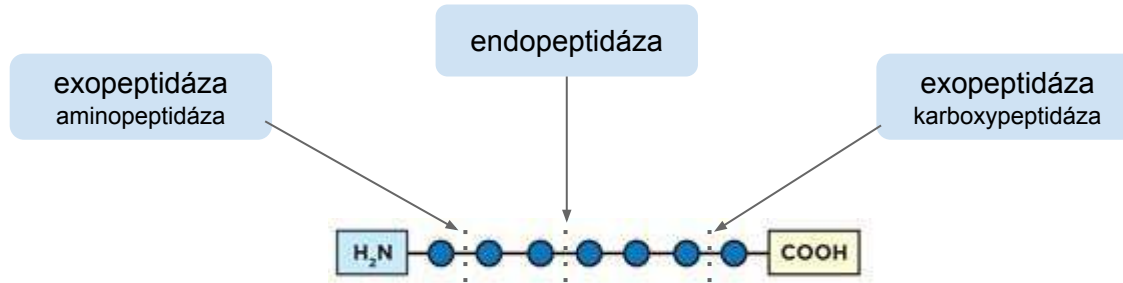
⇒ trávení bílkovin = **enzymová hydrolýza**

katalyzátory: vysoce specifické **proteasy** (proteolytické enzymy)

AMK vstřebány v tenkém střevě → do tkání, příp. jater



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny osud bílkovin v organismu člověka



proteasy jsou součástí trávicích šťáv:

žaludeční šťávy
kyselé pH

pepsin, gastricin (endo-peptidasa)
mláďata savců: rennin ~ chymosin

pankreatické šťávy
přibližně neutrální pH

sedm proteas:
trypsin, chymotrypsin A+B+C,
elastasa, karboxypeptidasa A+B

střevní šťávy
přibližně neutrální pH

amino-peptidasy, dipeptidasy

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

osud bílkovin v organismu člověka - jaterní *pool* aminokyselin

amk pool

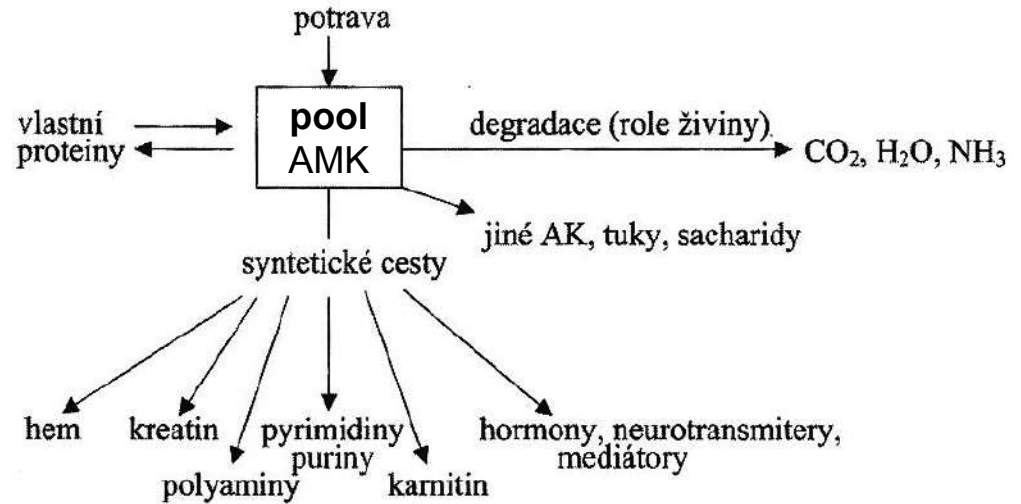
poměrně **malá zásoba v játrech**,

⇒ bílkoviny by měl člověk přijímat denně

část pro syntézu tkáňových bílkovin, se zbytkem enzymově katalyzované syntetické i rozkladné reakce

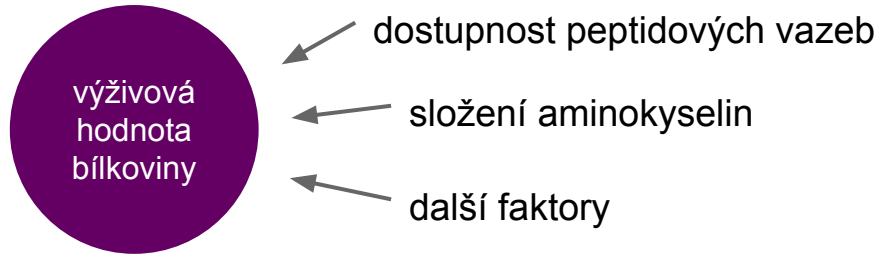
odbourání amk

- tkáňové bílkoviny odbourávají **kathepsiny** (autolýza - i při zrání masa)
- uhlíkový skelet po deaminaci do **citrátového cyklu** (→odbourání)
- dusík → amoniak → **močovina** v moči



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

výživová hodnota bílkovin



Hodnocení nutriční hodnoty bílkoviny

...dříve

biologické zkoušky na zvířatech
NPU – Net Protein Utilization

...a dnes

porovnání s **referenčním proteinem**

- aminokyselinové skóre **AAS**
- index esenciálních aminokyselin **EAAI**

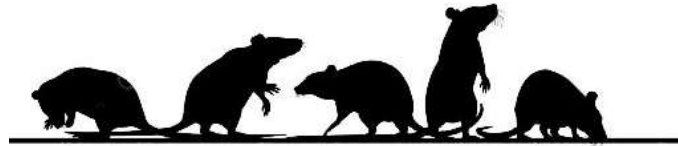
Net Protein Utilization

(čistá využitelnost bílkoviny)

= procentuálně vyjádřený zadržovaný dusík

$$NPU = \frac{100 \times \text{zadržovaný dusík}}{\text{celkový příjem dusíku}}$$

NPU: Net Protein Utilization



skupina 1

bezproteinová strava

skupina 2

strava se zkoumaným
proteinem

10 dní



rozdíl v obsahu proteinů

šetrnější alternativa

sběr odpadního
materiálu, srovnání
obsahu dusíku v něm

$$\text{NPU} = \frac{\text{Protein content Gr 2} - \text{protein content Gr 1}}{\text{Protein intake}}$$

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

výživová hodnota bílkovin: AAS, EAAI

moderní způsob: stanovuje se obsah esenciálních AMK a porovnává se s *ideálním* proteinem.

referenční protein:

- o teoreticky: fiktivní protein FAO/WHO,
- o v praxi **ovoalbumin** nebo proteiny odstředěného mléka

aminokyselinové skóre (AAS, amino acid score)

$$AAS = \frac{100 \times A_i^{VZ}}{A_i^{IP}}$$

A_i^{VZ} - obsah ve vzorku (testované bílkovině),

A_i^{IP} - obsah v ideálním proteinu.

Nejmenší obsah má **limitující AMK**, která určuje výživovou hodnotu proteinu. (Tu jedinou AAS reflektuje.)

index esenciálních aminokyselin (EAAI)

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100 \times A_1^{VZ}}{A_1^{IP}} \times \dots \times \frac{100 \times A_n^{VZ}}{A_n^{IP}}}$$

V úvahu bere všechny esenciální AMK.

složení **referenční bílkoviny** (g/100g) a denní potřeba esenciálních aminokyselin

Aminokyselina	Protein FAO/WHO	Denní potřeba (g)
valin	5,0	11-14
leucin	7,0	11-14
isoleucin	4,0	10-11
methionin a cystein	3,5	11-14
threonin	4,0	6-7
lysin	5,4	9-12
fenylalanin a tyrosin	6,1	13-14
tryptofan	1,0	3-3,5
celkem	36,0	

Since food is not available in sufficient quantity or quality in many parts of the world, increasing its biological value by addition of essential amino acids is gaining in importance. Illuminating examples are rice fortification with L-lysine and L-threonine, supplementation of bread with L-lysine and fortification of soya and peanut protein with methionine. Table 1.10 lists data about the increase in biological valence of some food proteins through the addition of amino acids. Synthetic amino acids are used also for chemically defined diets which can be completely absorbed and utilized for nutritional purposes in space travel, in pre-and post-operative states, and during therapy for maldigestion and malabsorption syndromes. The fortification of animal feed with amino acids (0.05–0.2%) is of great significance.

Table 1.10. Increasing the biological valence (PER^a) of some food proteins through the addition of amino acids

Protein from	Addition(%)					
	with out	0.2 Lys	0.4 Lys	0.4 Lys 0.2 Thr	0.4 Lys 0.07 Thr	0.4 Lys 0.07 Thr 0.2 Thr
Casein (Reference)	2.50					
Wheat flour	0.65	1.56	1.63	2.67		
Corn	0.85		1.08		2.50	2.59

^a The method is explained in the text.

The biological value of a protein is generally limited by:

- Lysine: deficient in proteins of cereals and other plants
- Methionine: deficient in proteins of bovine milk and meat
- Threonine: deficient in wheat and rye
- Tryptophan: deficient in casein, corn and rice

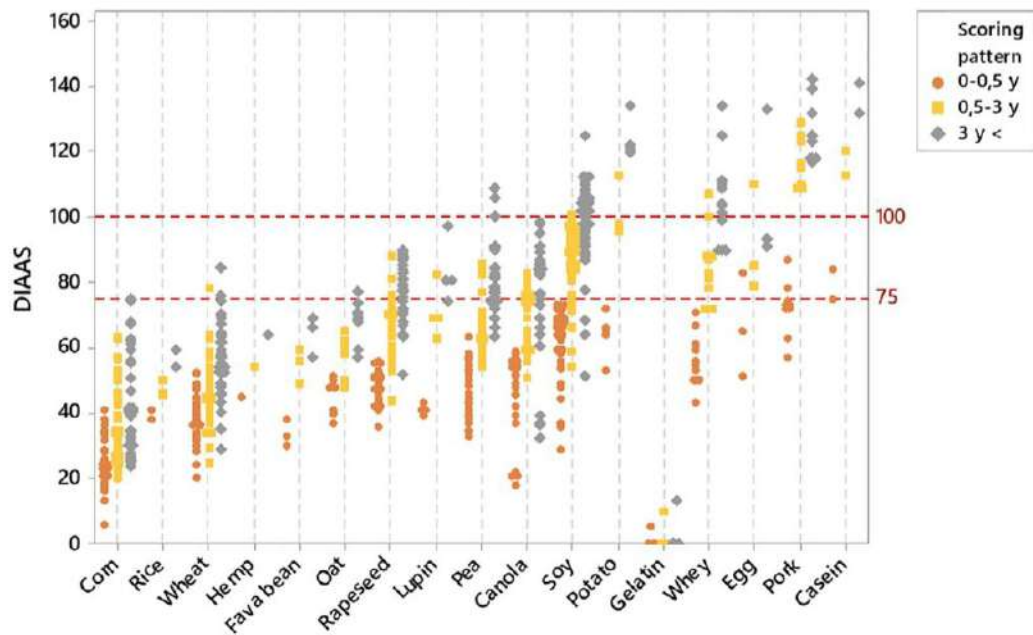
DIAAS

Digestible
Indispensable
Amino Acid Score

standard od roku 2013 (FAO)

zohledňuje

1. **zastoupení** esenciálních (v angličtině essential/indispensable) AMK
2. **vstřebatelnost** v tenkém střevě



DIAAS > 100 extrémně kvalitní protein
syrovátkový protein

DIAAS ≥75 = vysoce kvalitní protein
pšeničný a sójový bílkovinný izolát

DIAAS <75
želatina, kukuřice, fazole, ovesné
vločky, hrách, rýže

směsi (brambory, sója, hrách) dosahují
vysokých hodnot

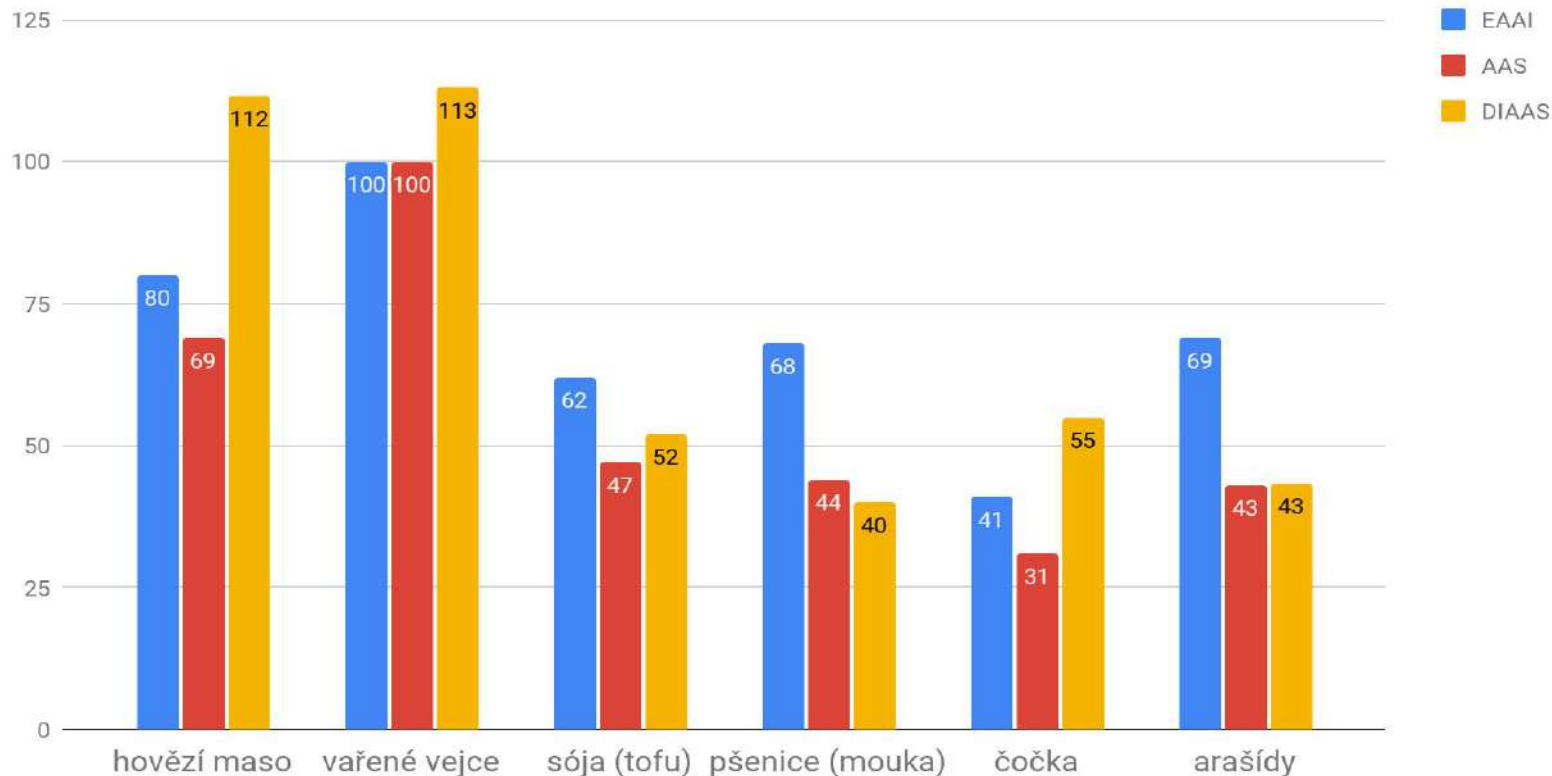
FIGURE 1 Variation in DIAAS obtained from SID and IAA data available from pig intervention studies. DIAAS calculated for each scoring pattern as defined by FAO (2013): infant (0–0.5 years), children (0.5–3 years), and children older than 3 years, adolescents, and adults

procedure called **Digestible Indispensable Amino Acid Score** (DIAAS) (FAO, 2013). DIAAS addresses the limitations of the PDCAAS method by considering the **ileal digestibility of individual amino acids (AAs)**, with the growing pig as preferred model over the rat, and by

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

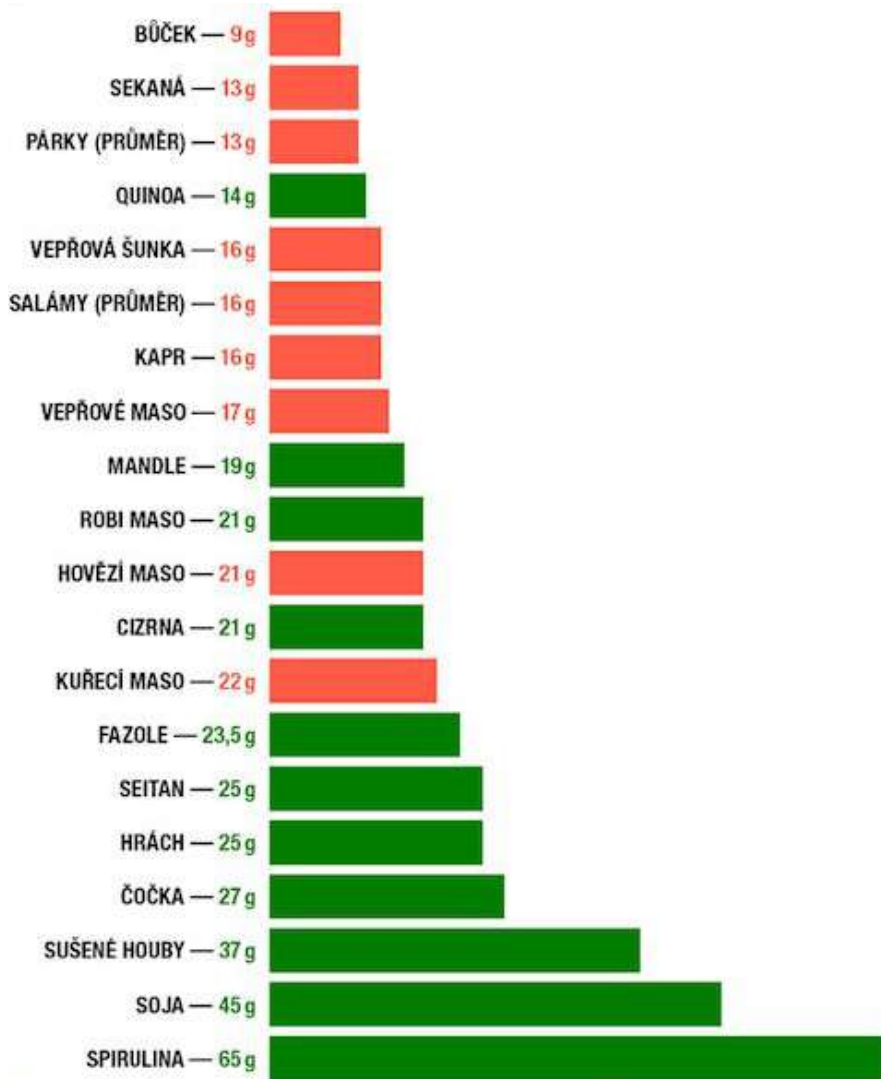
výživová hodnota bílkovin: AAS, EAAI

hodnota EAAI a AAS vybraných potravin



Při pestré stravě nemá stanovení nutriční IEAA hodnoty význam
Využívá se spíše pro krmiva - fortifikace (lys, met) pro větší výnosy
Také okrajové stravovací způsoby mohou představovat výjimku

zdroj: Velíšek (Chemie Potravin), [Rutherford et. al.](#)
zajímavost: [DIAAS vege/burgerů](#)



obsah i hodnota bílkovin se v potravinách velmi různí

bohaté zdroje
živočišné potraviny,
luštěniny, olejniny

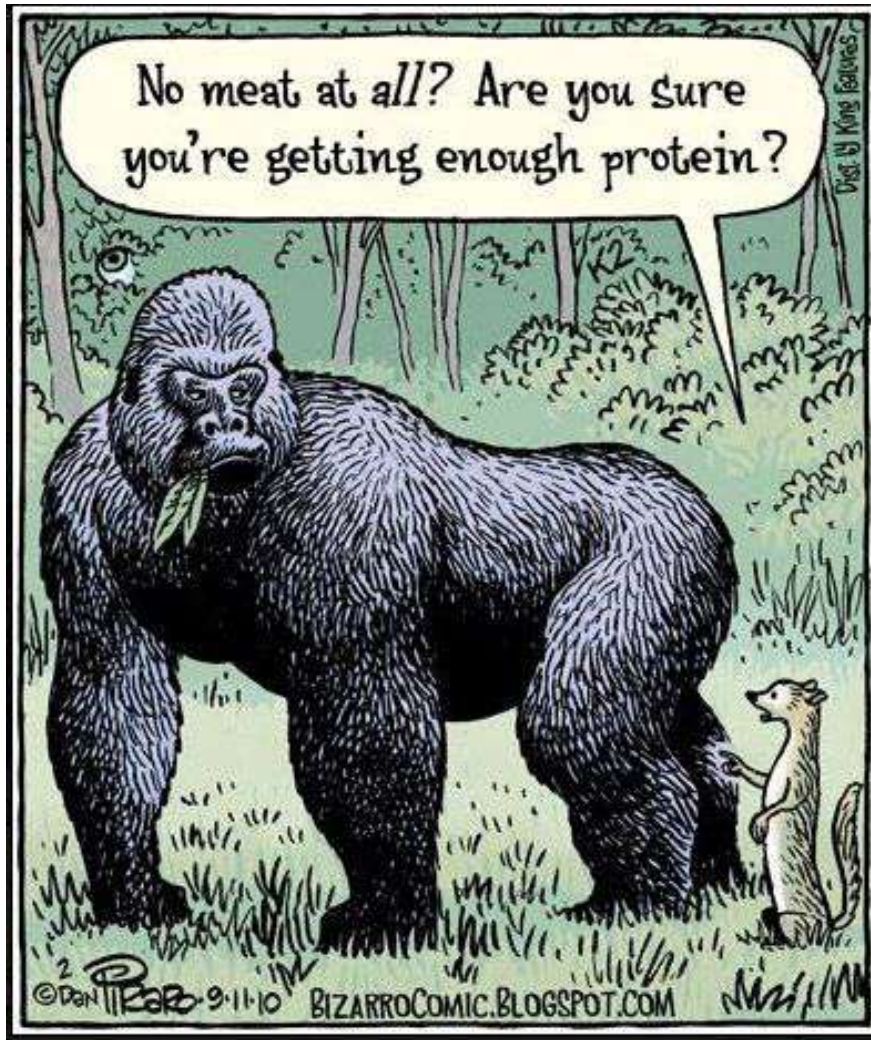
středně bohaté zdroje
obiloviny, cereálie

nízký obsah
zelenina, ovoce, okopaniny

nulový obsah
oleje, cukr, ocet

obsah bílkovin [g/100g] v některých potravinách. zdroj: nutricnitabulky

No meat at all? Are you sure
you're getting enough protein?



stanovení obsahu bílkovin na základě dusíku

Kjeldhalova metoda

univerzální, referenční metoda

1. Mineralizace

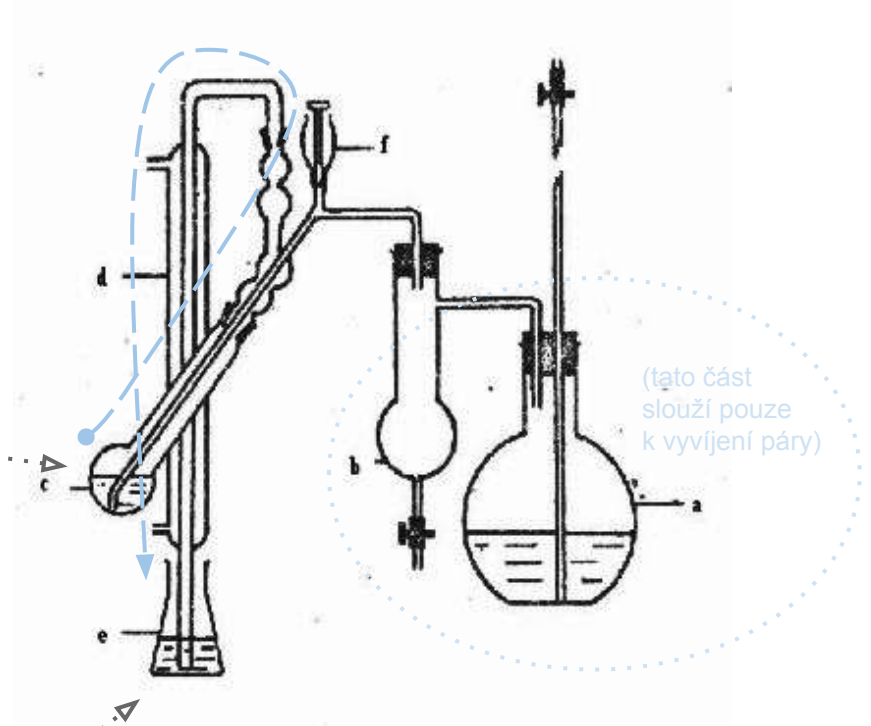
var s kyselinou sírovou a katalyzátorem
(kat.: K_2SO_4 / Se / $CuSO_4$)
340 - 390 °C po dobu 20-60 minut

2. Stanovení NH_4^+ iontu

uvolnění amoniaku z mineralizátu (NaOH)
destilace do přebytku kyseliny
titrace nadbytku kyseliny hydroxidem
(indikátor: methylčerveň)

vyhodnocení

dusík x 6,25 = bílkoviny



Obr.č.1. Schéma Kjeldahlovy aparatury:

- a – vyvíječ páry,
- b – kondenzátor,
- c – mineralizační baňka s vzorkem,
- d – chladič,
- e – předloha s kyselinou,
- f – nálevka s hydroxidem.



klasická aparatura



automatické přístroje

stanovení obsahu bílkovin na základě dusíku

Nesslerova metoda



spektrofotometrické stanovení po reakci s Nesslerovým činidlem



orientační zkouška přítomnosti bílkovin podle Nesslera

1. Mineralizace

var s kyselinou sírovou a H_2O_2

2. Vybarvení NH_4^+ soli

Nesslerovo činidlo v alkalickém prostředí



(červenohnědý produkt)

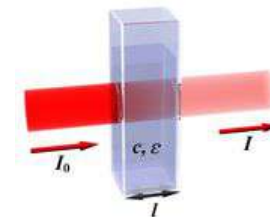
3. Stanovení

Spektrofotometrické stanovení

vlnová délka: 450 nm

Lambert-Beerův zákon

$$c = A \cdot l \cdot E$$



stanovení jednotlivých aminokyselin pomocí separačních metod

Důvody pro stanovení jednotlivých amk:

- nutriční hodnota bílkoviny
- Phe v potravinách pro fenylketonuriky
- fortifikace potravin e-amk
- stanovení Glu

po **hydrolýze** bílkovin (rozštěpení na jednotlivé aminokyseliny)

kyselá hydrolýza (např.: HCl 6molární, 110 °C, desítky hodin)

HPLC

(High Performance Liquid Chromatography, vysokoúčinná kapalinová chromatografie)

Separční metoda. Látky ve vzorku se při průchodu

kolonou dělí podle svojí afinity k sorbentu v koloně.

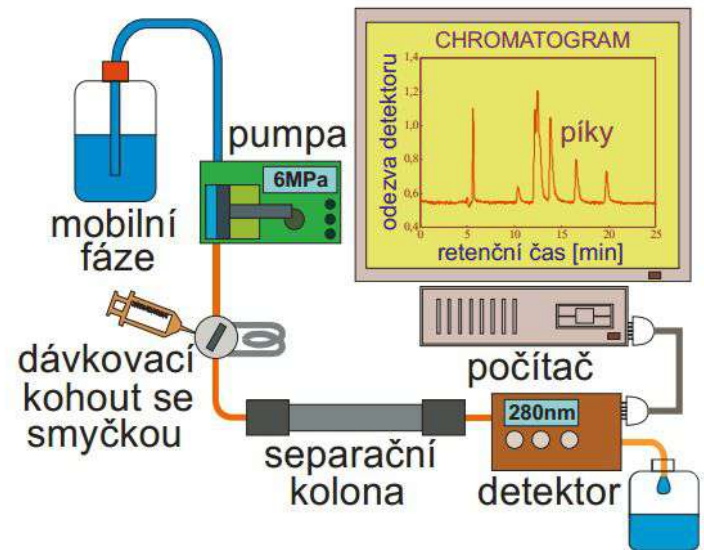
Nejčastější metoda stanovení jednotlivých aminokyselin.

čerpadlo (pumpa) zajišťuje průtok za vysokého tlaku a bez kolísání

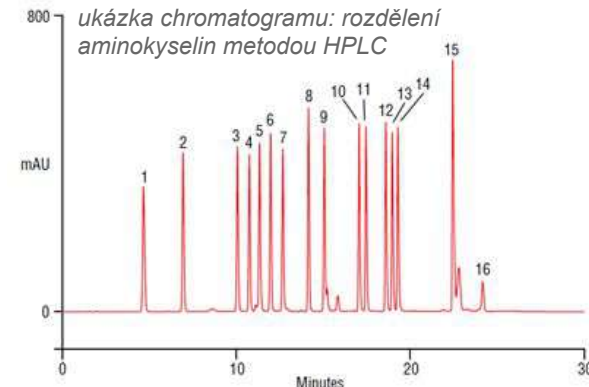
dávkovací zařízení injekční zařízení (cca 10 µl)

kolony s jemnou náplní sorbentu (délka 10–25 cm, průměr 0,5 cm)

detektor signálu: fotometrický, refraktometrický, fluorescenční, vodivostní, hmotnostní



schématický náčrt chromatografu



maso a masné výrobky

živočišné buňky: 4 hlavní druhy tkání

- epitelové (povrch těla a trávicího ústrojí)
- pojivové (chrupavky, kosti, tuková tkáň)
- **svalové** (kosterní svalstvo, omezeně orgány)
- nervové (mozek)

„maso“ = svalová tkáň (zejm. příčně pruhovaná) + podíl epitelové a pojivové tkáně, tuk, minerální látky, sacharidy.

Přibližné složení

voda > bílkoviny > tuk > minerální l. > glykogen > cukry

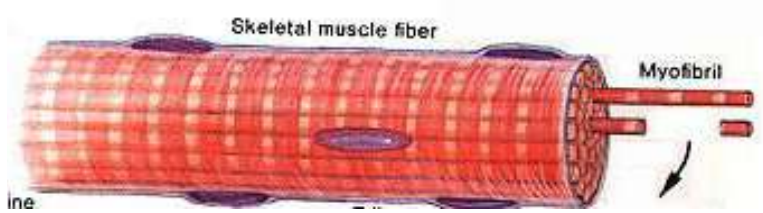
Table 12.4. Average composition of meat (%)

Meat	Cut	Moisture	Protein	Fat	Ash
Pork	Boston butt (<i>M. subscapularis</i>)	74.9	19.5	4.7	1.1
	Loin (<i>M. psoas maior</i>)	75.3	21.1	2.4	1.2
	Cutlets, chops ^a	54.5	15.2	29.4	0.8
	Ham	75	20.2	3.6	1.1
	Side cuts	60.3	17.8	21.1	0.85
Beef	Shank	76.4	21.8	0.7	1.2
	Sirloin steak ^a	74.6	22.0	2.2	1.2
Chicken ^b	Hind leg (thigh + drum stick)	73.3	20.0	5.5	1.2
	Breast	74.4	23.3	1.2	1.1

^a With adhering adipose tissue.

^b Without skin.

maso a masné výrobky



svalové vlákno – základní strukturní jednotka kosterního svalstva

svalové proteiny

(± 20 % hm. svalů)

- ▶ proteiny svalových vláken (myofibrilární proteiny)
téměř plnohodnotné
- ▶ rozpustné sarkoplasmatické proteiny
téměř plnohodnotné (sarkoplasma ~ masová šťáva)
- ▶ nerozpustné strukturní
nepřehodnotné

svalové proteiny

Protein	Podíl v %
myofibrilární proteiny	60,5
myosin	29
aktin	13
konnektin	3,7
tropomyosin	3,2
troponin (C, I, T)	3,2
aktinin (α -, β -, γ -)	2,6
myomesin, desmin aj.	5,8
sarkoplasmatické proteiny	29,0
enzymy	24,5
myoglobin	1,1
hemoglobin aj. extracelulární proteiny	3,3
strukturní proteiny, proteiny organel	10,5
kolagen	5,2
elastin	0,3
mitochondriální proteiny	5,0

maso - hlavní proteiny

svalová vlákna obklopena sarkoplasmou (masovou šťávou)
Ø 10–100 µm × 20–30 mm

stah zajišťují: **myofibrily** - svazky proteinů v sarkoplasmě

myofibrilární proteiny

myosin (470 kDa, fibrilární, ATPasová aktivita)

aktin (43,5 kDa, globulární polymer jednořetězový)

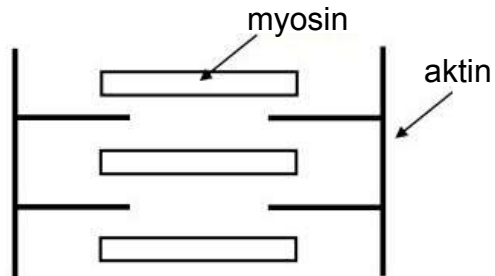
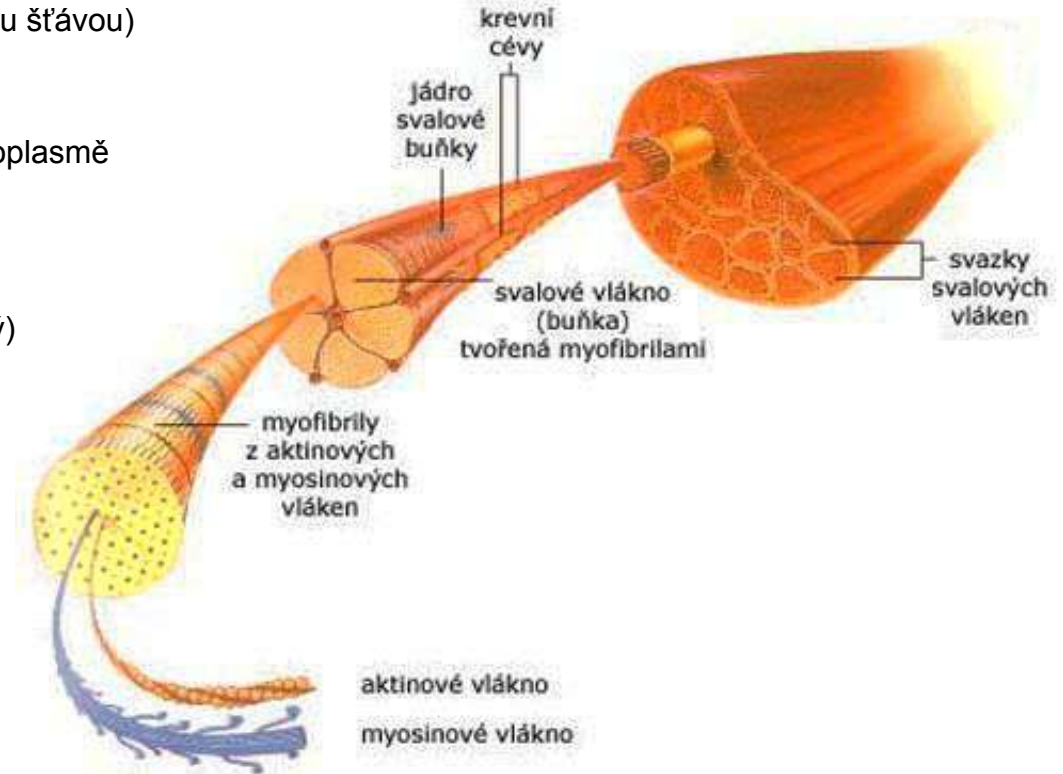
spolu asociují → aktomyosin (za účasti Ca^{2+})

disociace stojí ATP

sarkoplasmatické proteiny

1 % myoglobin v sušině (transport O_2 , barvivo)

glykolytické enzymy



Aminokyselina	Maso hovězí	Maso vepřové	Vnitřnosti vepřové	Maso skopové	Maso koňské	Maso kuřecí	Ryby
Ala	5,8	5,5	6,1	6,6	5,4	3,4	6,0
Arg	6,3	6,4	6,4	6,9	7,2	5,6	5,7
Asx	9,0	8,9	8,2	8,8	8,3	9,2	10,4
Cys	1,3	1,1	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2
Glx	15,3	14,5	11,7	14,8	12,2	15,0	14,1
Gly	4,9	5,7	6,7	5,9	4,3	5,3	4,8
His	3,4	3,3	2,6	2,7	2,8	2,6	3,5
Ile	4,8	5,1	6,1	5,0	6,5	5,3	4,8
Leu	8,1	7,6	8,3	7,7	9,5	7,4	7,7
Lys	8,9	8,1	8,5	8,2	10,0	8,0	9,1
Met	2,7	2,7	2,5	2,5	2,8	2,5	2,9
Phe	4,4	4,2	4,8	4,0	3,8	4,0	3,9
Pro	3,8	4,6	5,3	4,7	4,0	4,1	3,7
Ser	4,0	4,2	4,7	4,2	4,2	3,9	4,3
Thr	4,6	4,9	4,5	4,7	3,9	4,0	4,6
Trp	1,1	1,4	1,3	1,3	1,0	1,0	0,6
Tyr	3,6	3,6	3,4	3,3	3,7	3,3	3,7
Val	5,0	5,2	6,0	5,1	5,0	5,1	6,1
Celkem EAA ^{a)}	44,5	43,8	46,8	42,9	47,2	41,9	45,0
Celkem AA ^{b)}	97,0	96,8	98,5	97,4	95,7	91,0	97,5
EAAI (%) ^{c)}	80	81	78	81	69	79	80
AAS (%) ^{d)}	69	69	71	67	63	64	70
Limitující AA	Val	Ser	Ser	Ser	Trp	Trp	Trp

^{a)} EAA = esenciální aminokyseliny. ^{b)} AA = aminokyseliny. ^{c)} EAAI = index esenciálních aminokyselin.

^{d)} AAS = aminokyselinové skóre pro limitující aminokyselinu.

Strukturní proteiny masa

- extracelulární bílkoviny s ochrannou a podpůrnou fci
- fibrilární struktura, špatná trávitelnost (denaturací se zlepší) i složení AMK

kolageny

trojitý α -helix, **proteoglykan**, **nerozpustný**

nepřínosné (hlavně Gly, Pro, Hyp)

s věkem **stabilizace** struktury (Lys, Hyl)

mnoho variant kolagenů (savci 10)

během zrání masa hydrolyzován kathepsiny.

Po denuraci hydrolyzovatelný i pepsinem a trypsinem.

Charakteristický jev: působením tepla **smršťování**, **želatinace**

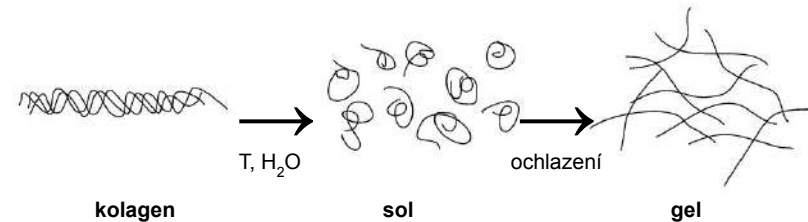
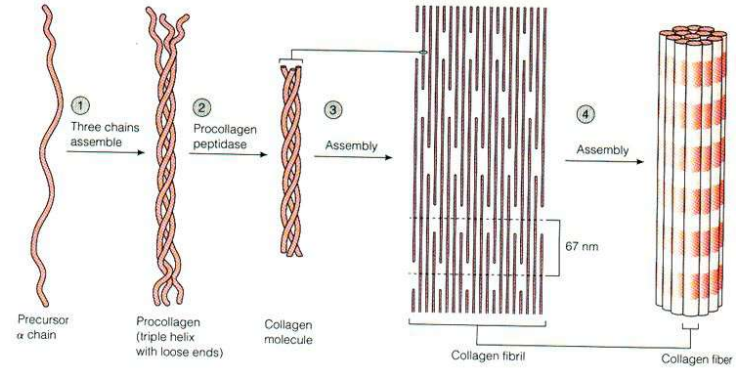
(smršťování u ryb ~ 45°C, savců ~ 60°C)

potravinářská želatina = přírodní rozpustná bílkovina,

výroba z kolagenů (kůže, kosti) po hydrolýze (vzniká i při pečení, vaření) náročné loužení (i podle počtu příčných vazeb kolagenu, tzn. věku zvířete)

využití funkční přísada – želírovací prostředek, stabilizátor textury, nosič, střívká, čiření nápojů (není aditivum – nemá E-kód)

význam zdroj glycinu a prolinu, výroba nízkoenergetických potravin

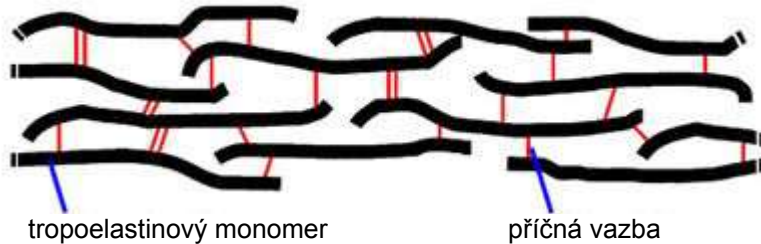


nad 90 °C porušení struktury molekuly, uvolnění jednotlivých tropokolagenů a vzniká sol rozpustné želatiny → náhodné vazby → gel

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny strukturní proteiny masa

elastiny

doprovází kolageny v namáhaných tkáních
šlachy, cévy, blány pojivových tkání
síťová struktura z tropoelastinu
(běžnými enzymy nehydrolyzovatelné)

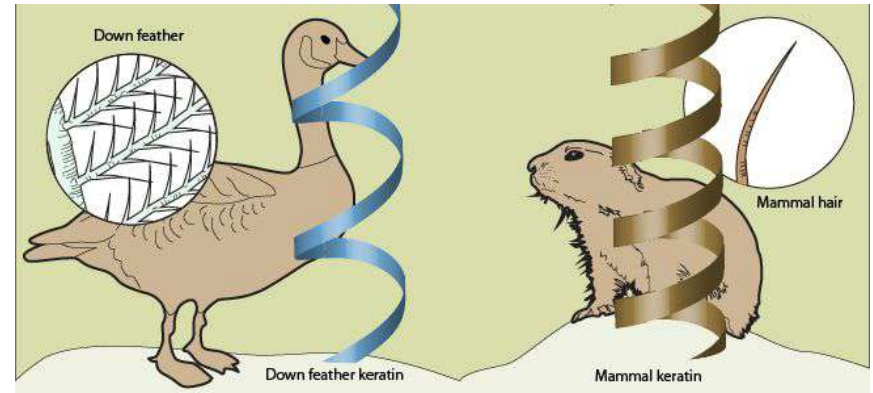


keratiny

obsaženy v epitelu (epidermis, srst, rohy, ...)
vlasový keratin

struktura: α keratiny: α -helixy: $3x \Rightarrow$ protofibrila
 $11x$ protofibrila \Rightarrow mikrofibrila
 $100+$ mikrofibril \Rightarrow makrofibrila
z makrofibril keratinové vlákno (chlupy, vlna)

potravinářský keratin - bílkovinné hydrolyzáty, lepidla



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

AMK složení bílkovin masa

Amino- kyselina	Aktin	Myosin	Kolagen	Elastin	Keratin
Ala	6,1	9,3	11,0	21,1	5,0
Arg	6,3	5,4	4,9	1,2	7,2
Asx	10,4	8,6	5,0	1,0	6,0
Cys	1,3	1,5	0,0	0,3	11,2
Glx	14,2	19,3	7,6	2,4	12,1
Gly	4,8	3,2	31,4	25,5	8,2
His	2,8	2,0	0,5	0,1	0,7
Hyl	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0
Hyp	0,0	0,0	10,1	1,5	0,0
Ile	7,2	5,3	1,2	3,7	2,8
Leu	7,9	10,0	2,8	8,6	6,9
Lys	7,3	10,4	2,6	0,5	2,3
Met	4,3	2,9	0,5	stopy	0,5
Phe	4,6	3,4	1,6	5,9	2,5
Pro	4,9	2,1	11,8	11,6	7,5
Ser	5,6	5,3	3,8	0,9	10,2
Thr	6,7	5,5	2,0	1,1	6,5
● Trp	2,0	0,5	0,0	0,0	1,2
Tyr	5,6	2,4	0,3	1,3	4,2
● Val	4,7	2,8	2,1	16,5	5,0

obsah AMK v živočišných proteinech (v gramech, vztaženo na 16 g dusíku)

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny proteiny krve

krev

5 % hm. dobytka, 8 % drůbeže, 3 % vepřů

složení:

80 % voda,

18 % bílkovin,

1 % minerální látky (vč. Fe),

0.1 % lipidy,

0.065 % cukry,

+další nízkomolekulární látky

využití

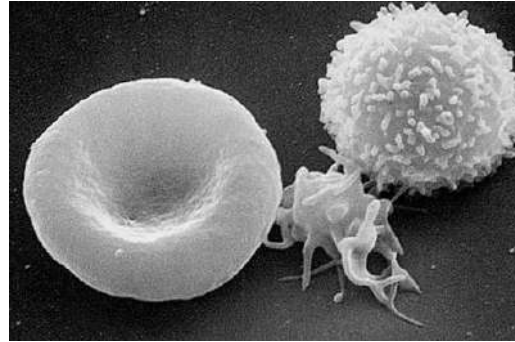
surová krev: jelita aj.

plasma: náhrada bílku

fibrin: hydrolyzát

sušená/vařená krev: krmivo

farmaceutické přípravky



červená krvinka, krevní destička, bílá krvinka



vepřová krev poživatelná, cca 1 litr, 31 Kč

Potravina

Pekařské výrobky

Moučníky a těsta

Sušenky

Masné výrobky

Jogurty

Vaječné deriváty

Bílkovinné přísady

Plazma

Fibrinogen a plazma

Odbarvený globin

Globuliny

Plazma a albumin

Plazma

Funkční vlastnosti

Tvorba pěny, želatinizace a rozpustnost

Emulgační schopnost

Rozpustnost

Emulgační schopnost, rozpustnost a želatinizace

Rozpustnost a želatinizace

Tvorba pěny

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny změny při skladování a zpracování masa

postmortální změny

- pouze anaerobní glykolýza (→ kys. mléčná)
⇒ snižování pH, inhibice enzymů
- Ca^{2+} stále asociuje aktin + myosin → aktomyosin
⇒ ztuhlost (*rigor mortis*),
-ATP nutná k uvolnění dochází
-trvání podle druhu masa (hodiny)
-odeznění během hodin (kuřata) až dnů (hovězí dobytek)

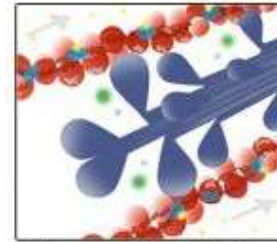
vaznost masa (schopnost vázat vodu)

- po zabití velká
- během RM malá (bílkoviny blíž pl)
- obecně lze zvýšit aditivu
- technologicky je výhodné některé maso zpracovat před r.m. (za tepla), jiné až po odeznění
- během r.m. v podstatě nelze tepelně zpracovat (tuhé, nemá žádané organoleptické vlastnosti)

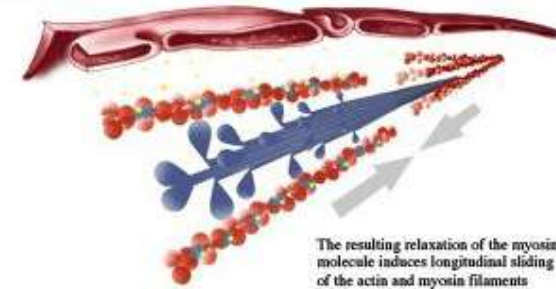
zrání masa

- štěpení aktomyosinu (proteasy)
- štěpení kolagenu (kolagenasy)
- žádoucí vlastnosti a textura

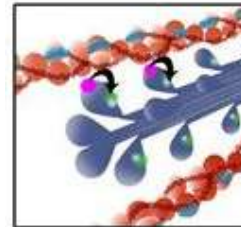
Muscle contraction after death



The energy stored by myosin is released and ADP and Pi dissociate from myosin



The resulting relaxation of the myosin molecule induces longitudinal sliding of the actin and myosin filaments



Normally, a fresh ATP replaces the ADP on the myosin. The myosin does not let go until the fresh ATP replaces the ADP.

At death, there is no source of ATP and Ca^{2+} will no longer be pumped back into the sarcoplasmic reticulum



Myosin will continue attaching to the available actin binding sites and muscle contraction will continue, a state called **Rigor Mortis**



Vanessa Ruiz © 2009

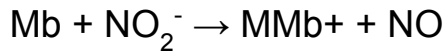
proč se klepou řízky

- narušení lysozomů
- vyplavení katepsinů
- štěpení bílkovin vč. kolagenu
- [papain](#), proteolytický enzym z papáje, se využívá k podobným účelům

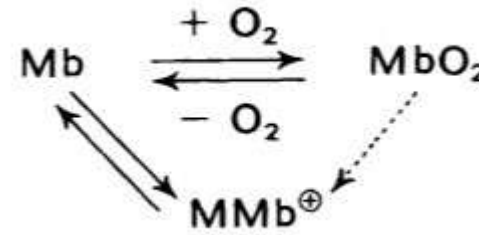
Barva masa je dána poměrem:

- **myoglobin (Mb)**
- **oxymyoglobin (MbO₂)**
třešňově červený, v prostředí kyslíku
- **metmyoglobin (MMb⁺)**
vzniká pomalou oxidací za nižšího
přístupu kyslíku

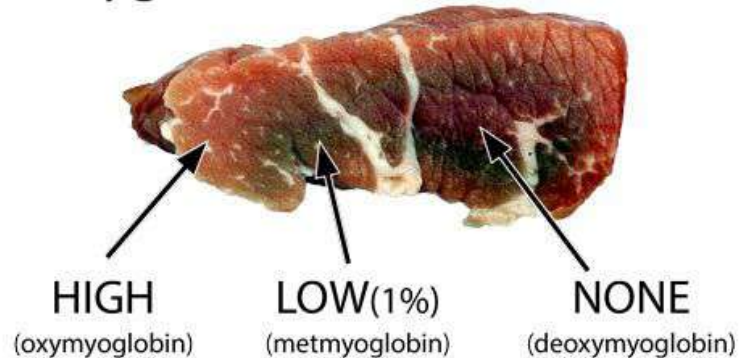
konzervace přidavkem dusitanů/dusičnanů



jejich komplex je jasně červený



Oxygen Level and Meat Color



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

tepelné zpracování masa



35 °C	asociace sarkoplasmatických bílkovin snížení vaznosti, zvýšení tuhosti
45 °C	viditelné změny, zkrácení (denaturace myosinu)
50–55 °C	denaturace aktomyosinu
55–65 °C	denaturace sarkoplasmatických bílkovin ⇒ stabilní struktury, pevný gel (i mechanické zpracování)
60–65 °C	zkracování kolagenu
80 °C	oxidace volných SH-skupin
90 °C	želatinace kolagenu, zvýšení vaznosti
100 °C	desulfurace, deaminace → H ₂ S, NH ₃ ⇒ aromatické látky, změna barvy (myoglobin se oxiduje → metmyoglobin / možná stabilizace dusitany)
150 °C	komplexní reakce (Maillardova) → vonné látky
200 °C	izomerace, příčné vazby, toxické produkty

I am thankful for laughter,
except when milk comes
out of my nose.

—Woody Allen



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

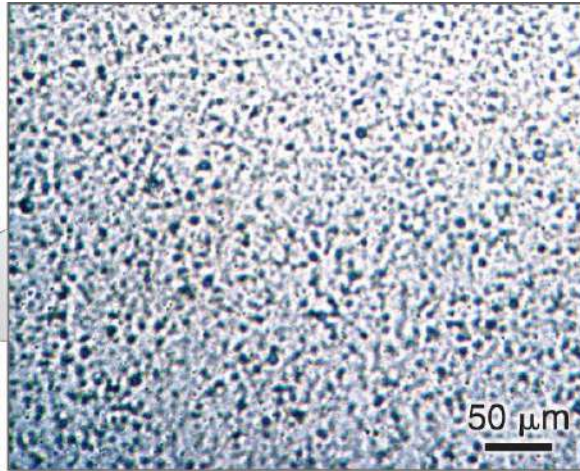
mléko a mléčné výrobky

mléko

komplexní biologická tekutina, jejíž chemické a fyzikálně-chemické vlastnosti odrážejí výživové potřeby mláďat

sekreční parenchym mléčné žlázy

1 litr mléka ~ 450 až 500 litrů krve proteklé žlázou



vyrovnaný poměr hlavních živin

bílkoviny cca 3,2 %

tuk cca 4 % (surové),

sacharidy 4–5 %

probiotika a prebiotika

minerální látky (0,12 % Ca)

vitaminy (riboflavin, v tucích rozpustné)

komplikovaný disperzní systém

globulární bílkoviny syrovátky:	koloidní disperze
kaseinové molekuly:	micelární disperze
tukové kapičky:	emulze
částice lipoproteinů:	koloidní suspenze
nízkomolekulární látky:	pravý roztok

vzhled: rozptyl a absorpce světla (tuk, kasein)

zbarvení: karoteny v tuku, žlutozelený riboflavin v roztoku

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny mléko a mléčné výrobky

složení mléka

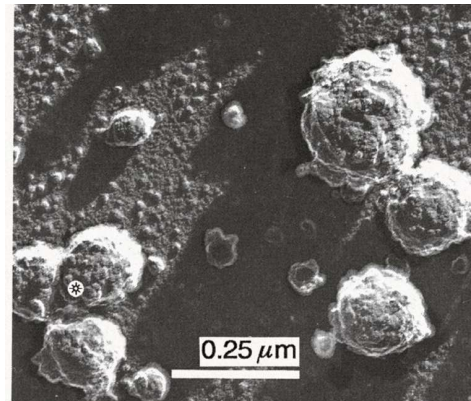
voda: 87 až 91 %

sušina: 12 až 13 %

dva hlavní typy proteinů:

- kaseiny (cca 80 %)
- syrovátkové (sérové) proteiny (cca 20 %)

složka	obsah v % v mléce			
	kravském	kozím	ovčím	lidském
proteiny celkem	3,2	3,2	4,6	0,9
kaseiny	2,6	2,6	3,9	0,4
proteiny syrovátky (séra)	0,6	0,6	0,7	0,5
tuky	3,9	4,5	7,2	4,5
sacharidy	4,6	4,3	4,8	7,1
minerální látky	0,7	0,8	0,9	0,2



mléčné proteiny pod
elektronovým mikroskopem

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny mléko a mléčné výrobky

199 AMK,
8 fosfoferinů,
s Ca²⁺ nerozp. sůl

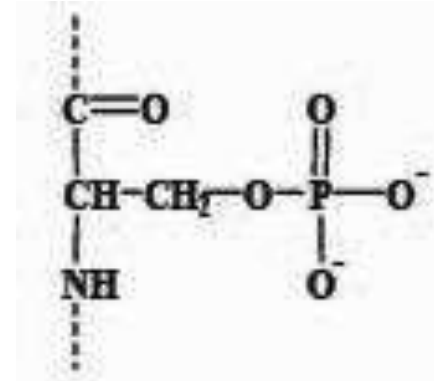
209 AMK, 5 fosfoferinů,
s Ca²⁺ omezeně rozp.sůl

produkty
degradace

vázány sacharidy, s
Ca²⁺ tvoří **rozpuštěné**
soli stabilizující α- a
β-kaseiny

Proteiny	Podíl v %	Obsah v g.dm ⁻³
kaseiny celkem	80	25,6
α _S -kasein	42	13,4
β-kasein	25	8,0
γ-kasein	4	1,3
κ-kasein	9	2,9
proteiny syrovátky celkem	20	6,4
α-laktalbumin	4	1,3
sérový albumin	1	0,3
β-laktoglobulin	9	2,9
imunoglobuliny	2	0,6
polypeptidy (proteosy, peptony)	4	1,3

fosfoproteiny
(fosfoferin)



fosfoferin vázaný v kaseinech

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

mléko: kaseiny

kaseiny jsou agregovány do komplexů

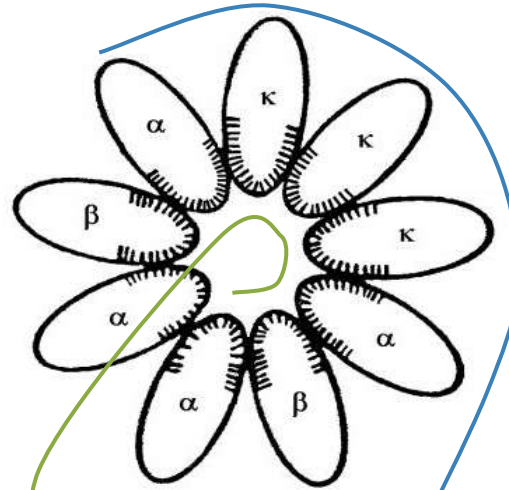
molekuly kaseinu → submicely → micely

nepolární části do centra (hydrofobní interakce)

polární části (fosfoserin) α - a β -kaseinů interagují s Ca^{2+} , oligosacharidy κ -kaseinu s vodou

micely vznikají sesíťováním submicel
~ 20 000 molekul kaseinů

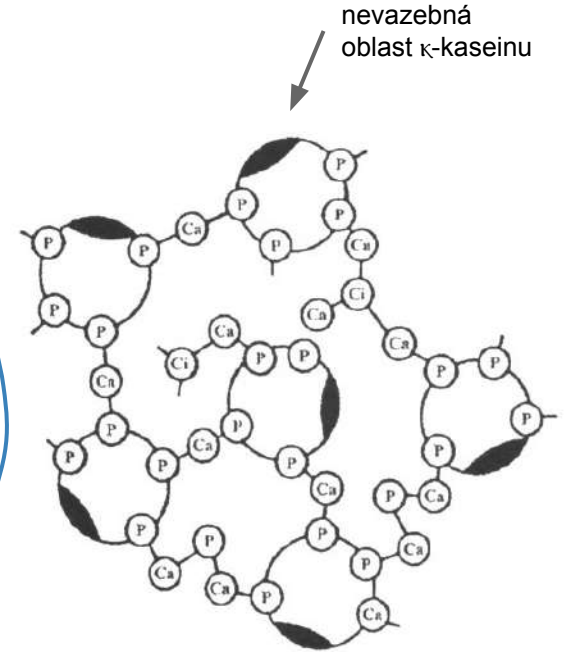
- 93 % kaseiny
- 3 % Ca^{2+} ionty
- 3 % fosfáty
- 2 % fosfoserin
- 0,4 % citrát
- <0,5 % další ionty



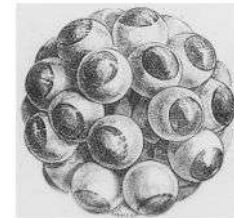
příčný řez submicelou

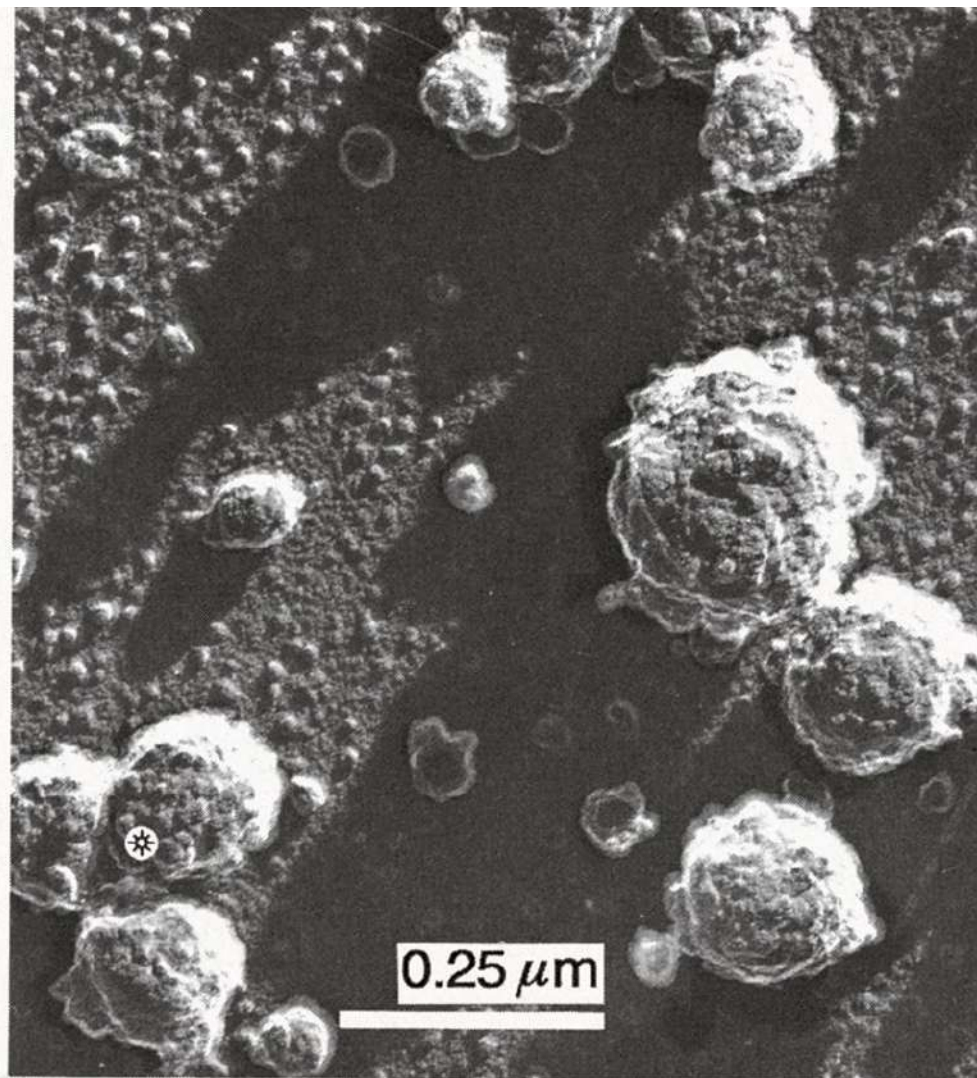
hydrofobní části jednotlivých molekul jsou orientovány dovnitř submicely

polární části (fosfoserinové zbytky α a β kaseinů, oligosacharidy κ kaseinu) interagují s vápníkem a vodou



vzájemné **spojení submicel do micel** prostřednictvím fosfátu P, iontů Ca^{2+} a citrátu
V 1 ml mléka je $1 \cdot 10^{12}$ micel.





velikost micel 50-300 nm,
nejčastěji ~ cca 150 nm
v 10 ml mléka 10^{12} micel

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

mléko: proteiny syrovátky

hlavní bílkoviny syrovátky:

β -laktoglobulin (cca 50 % bílkovin syrovátky)
záhřevem, $>pH$ a s nadbytkem Ca^{2+} nevratně denaturuje

α -laktalbumin (cca 30 % bílkovin syrovátky)
optimální složení AMK (plnohodnotné bílkoviny)

minoritní:

sérový albumin -

laktoferin - transport Fe (také antioxidační účinek)

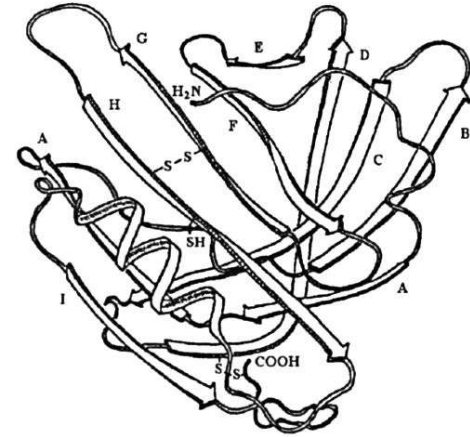
imunoglobuliny - vysokomolekulární globulární glykoproteiny:
biologicky účinné - protilátky, posilující imunitu krátce po porodu

syrovátka ve výživě

Dříve sušená syrovátka (odpad z výroby sýrů) hlavně krmivo. Před 50 lety pro lidskou výživu jen 5 % vznikající syrovátky.

V současnosti trendy potravina – zejména kvůli obsahu bílkovin.

Náhrada sušeného mléka, možnost obohacování řady potravin (nápoje, pečivo, pomazánky). Výroba syrovátkových sýrů (riccota).



β -laktoglobulin kravského mléka



imunoglobulin

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny mléko: tepelné zpracování

shlukování tukových globulí v syrovém mléce (smetana): fce proteinu **makroglobulin**
ohřev $>100\text{ }^{\circ}\text{C}$ deaktivuje tuto fci

bílkoviny syrovátky **termolabilní**

kaseiny prakticky nedenaturují

laktóza: reaguje s bílkovinami za ztrát lysinu (spíš při nešetrném sušení)

Tepelné ošetření mléka

72–74 °C (20–40 s) 85 C, 15 s	denaturuje 50–90 % bílkovin syrovátky inaktivace většiny enzymů
$> 75\text{ }^{\circ}\text{C}$	redukce -S-S- degradace methioninu eliminace sulfanu → vařivá příchut'
sterilizace 140 °C (4 s)	100 % denaturace bílkovin syrovátky, → lepší trávitelnost
UHT ultra high temperature nepřímý záhřev 135–140 °C (6–10 s) přímá pára 140–150 °C (2–4 s)	nepřežijí bakterie ani spory



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny
zkažené mléko

po tepelném ošetření v mléce stále přítomny bakterie



důsledky

snížení pH (mléko i chutná kysele)

→ shlukování kaseinových micel

stejný princip má výroba sýrů

jogurty a cottage sýr: částečné srážení kaseinů



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny mléko: srážení a proteolýza kaseinů

pH mléka: 6,5

při pH <4,6 **srážení kaseinů**, vzniká **tvoroh a syrovátka**

MO: kontaminující, ale i kulturní druhy (*Streptococcus*, *Lactobacillus*)

částečné srážení kaseinů ⇒ jogurty, cottage
(bakterie *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*),

asociace kaseinů → jogurtová gelová textura

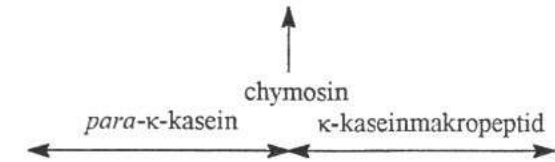
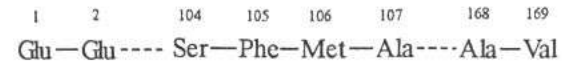


výroba tvrdých sýrů

působením **bakterií** pH ~ 5,5

přídavek **proteolytického enzymu** - např. *rennin*, neboli *chymosin* (dříve hlavně ze žaludků sajících telat), v současnosti mikrobiální původ

→ hydrolyza κ -kaseinu ve **specifické poloze**
⇒ dva peptidové řetězce



micel ←hydrofobní

hydrofilní → syrovátka

mezi micelami silné vazby pomocí Ca → vysrážení sýřeniny (kaseinů)

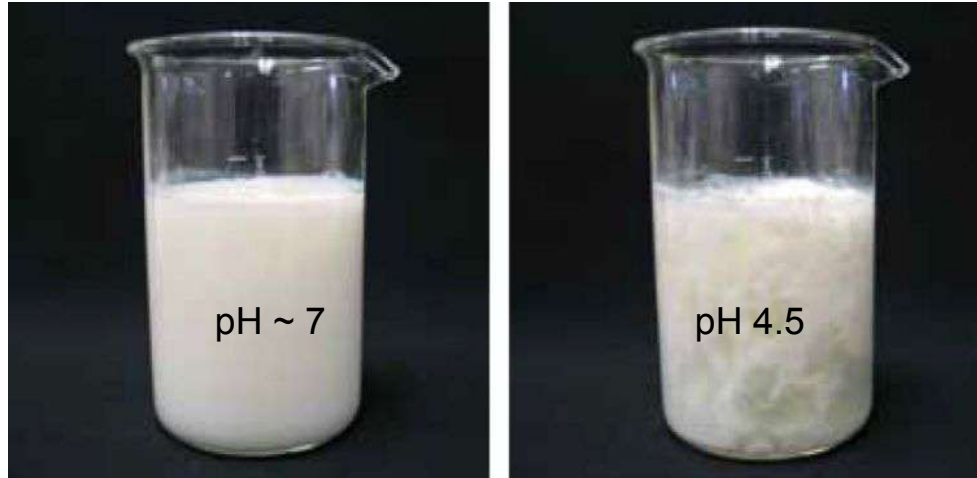
nasolení, odstranění syrovátky zraje

→ částečná proteolýza

→ částečná lipolýza

⇒ žádoucí textura, chuť a vůně

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny
mléko: srážení a proteolýza kaseinů



vysrážení mléka kyselinami → sraženina *kyselého* kaseinu
rozpuštěním v zásadách → **kaseináty** (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+})
1 kg kaseinátů z 30 l mléka

využití v potravinářství: vážou vodu, emulgátory (nejsou klasifikovaná aditiva)
bílkovina s pomalým vstřebáváním (kulturisti)



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

vápník a mléko

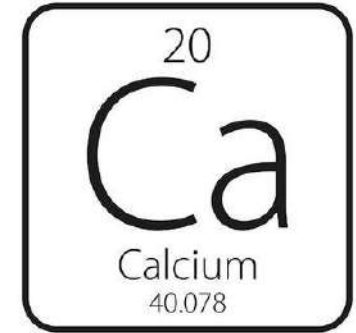
Ca patří mezi prvky s nejvyšším potřebným příjmem
tvoří cca 1,5 % těl. hmotnosti (kosti, zuby, činnost nervů, srážlivost)

příjem však bývá často nízký

vstřebání (průměrně 5–15 %) lepší z živočišných zdrojů
(mléko ~30 %), z některých rostlinných zdrojů omezeno
(antinutriční látky – špenát 5 % kvůli kys. šťavelové)



Calcium Metal



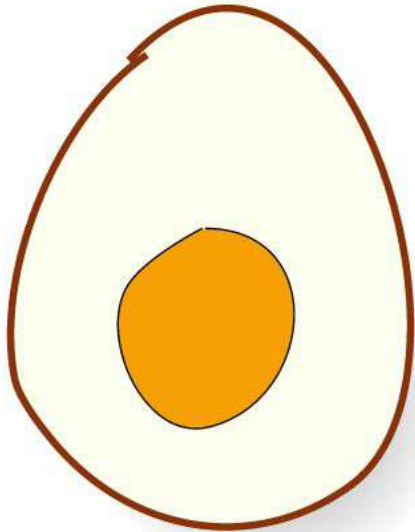
obsah Ca v potravinách

[nutridatabáze: potraviny dle obsahu Ca](#)

potravina	přibližný obsah Ca (mg/100 g)
mák	1 300
sýr (eidam)	700 (tučnější) – 900 (méně tučný)
sardinky	420
mandle	250
mléko	122
tvářoh	110
špenát	100
chléb	100

Skupina	Optimální denní příjem vápníku (mg/den)
Děti 1- 5 let	800
Děti 6- 10 let	800–1 200
Dospívající 11- 24 let	1200–1500
Muži 25-65 let	1000
Muži nad 65 let	1200–1500
Ženy 25-50 let	1000
Ženy nad 50 let	1200–1500
Ženy těhotné a kojící	1 200 – 1500

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny vejce



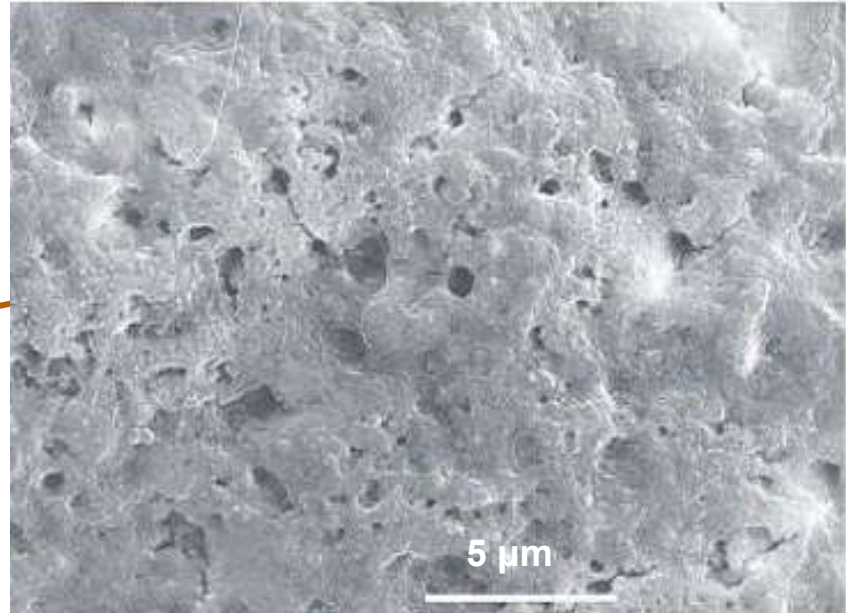
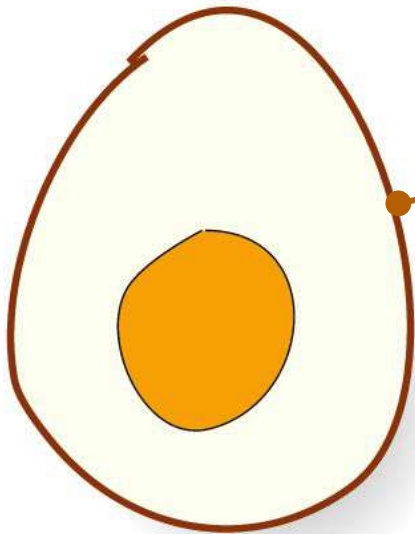
cca 13 % bílkovin - bohatý zdroj
průměrná hmotnost slepičího vejce ~ 58 g (M)
53 % proteiny bílku, 47 % žloutku

složka	obsah v %		
	skořápka	bílek	žloutek
proteiny celkem	3,3 ¹⁾	10,6	16,6
tuk	-	0,03	32,6
sacharidy	-	0,9	1,0
minerální látky	95,1 ²⁾	0,6	1,1
voda	1,6	87,9	48,7
% celkové hmotnosti	10,3	56,9	32,8

¹⁾komplex proteinů s mukopolysacharidy v poměru 50:1

²⁾CaCO₃ s malým množstvím MgCO₃ a fosfátů

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny
vejce - skořápka

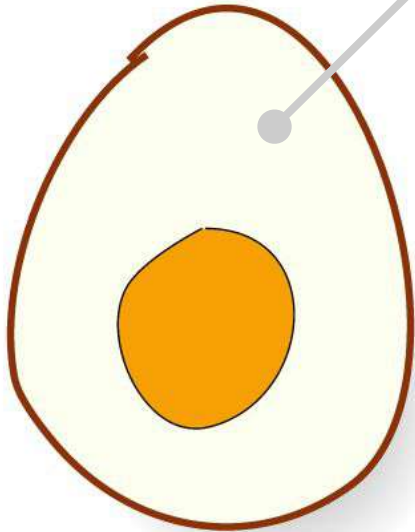


póry na skořápce

uhličitan vápenatý, porózní (cca 9000 pórů) - propustná pro plyny

zbarvení různými pigmenty (hnědá: protoporfyrin)
nemá vliv na nutriční hodnotu vejce

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny
vejce - bílek a žloutek



bílek

90 % vody

10 % pestrá škála bílkovin

ovalbumin: živiny pro zárodek

konalbumin (ovotransferin): váží železo (brání rozkladu)

ovomucin (ovokumoid): zásluha na gelovité textuře, resp. vzhledu

40+ různých bílkovin, některé biologicky aktivní:

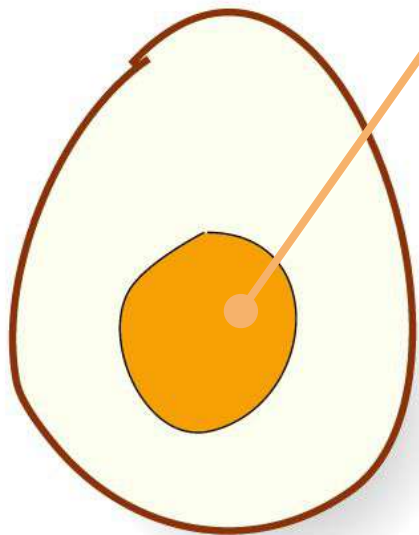
- enzymy
lysozym (antimikrobní)
- inhibitory
ovoinhibitor - inh.proteasy
- složky enzymů
avidin - váže biotin
flavoprotein - váže riboflavin

hlavní složka: **ovalbumin A**

44.5 kDa, koagulace 57.5 °C,

obsahuje: cukry, fosfoserin a SH sk.

proteiny	podíl v %
proteiny bílku celkem	100
ovalbumin	54
konalbumin (ovotransferrin)	12
ovomukoid	11
lysozym (globulin G₁)	3,5
globulin G₂	4
globulin G₃	4
ovomucin	1,5
ovomakroglobulin	0,5
ovoinhibitor	0,1
avidin	0,1



žloutek

emulze o/v - tukové kapénky (narozdíl od bílku),
obs. kys. olejovou, palmitovou, linoleovou, cholesterol
v tucích rozpustné vitaminy A, D, E, K

$\frac{1}{3}$ bílkoviny, $\frac{2}{3}$ tuk

obsahuje:

- kapky (lipoproteiny, 20 μm)
- granule (proteiny, HDL i LDL, 1 μm)
- plasma (LDL)

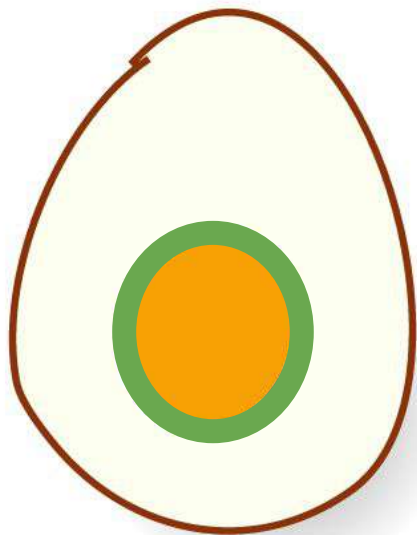
barva: lutein + zeaxanthin (karotenoidy) ovlivněná stravou (např i měsíčkem lékařským)



proteiny	podíl v %
proteiny žloutku celkem	100
lipovitellin (HDL ¹⁾)	36
fosvitin	13
LDL ¹⁾	1
lipovitellenin (LDL ¹⁾)	16
livetin	27

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

vejce - změny při zpracování



zelený okraj žloutku je způsoben reakcí



*podle intenzity vaření (neškodná
záležitost, lze omezit krátkým vařením
a rychlým chlazením)*

skladování

dlouhodobé skladování → závady aroma
sirné a dusíkaté sloučeniny, z Cys a Met

mechanické zpracování

šleháním → částečná denaturace proteinů bílku
(denaturované bílkoviny stabilizují pěnu)

tepelné zpracování

- 57 °C začátek denaturace bílku
- 60–65 °C denaturace většiny bílkovin bílku
kromě ovomukoidu, ovomucinu, [avidinu+B7]
- 65–70 °C denaturace bílkovin žloutku

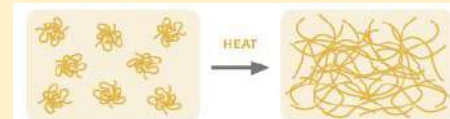
sušení

reakce glukózy s lysinem → nežádoucí zbarvení
(řešení: odstranění glukózy fermentací/enzymaticky)

zmražení

zvýšení viskozity změnou konformace
(zejm. vlivem příliš pomalého zmrazování)

denaturace → sesíťování bílkovin
do trojrozměrné struktury
odrážející světlo (bílky průhledný
→ průsvitný)



aromatické látky

pocházejí z bílkovin, zejména
sulfan H_2S (ale i dusíkaté látky)

problémy s loupáním čerstvých vajec

propustnost skořápky umožňuje
přechod CO_2 za zvýšení
alkalinity:
pH 7.6 → 9
v kyselějším prostředí se bílek víc
váže na skořápku. Může pomoci
přídavek jedlé sody při vaření.

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny
potraviny **rostlinného původu**



hlavní zdroje: semena rostlin

další zdroje: plody, listy, hlízy, bulvy, ...

obecně **nízká výživová hodnota** (nedostatkové AMK)

kombinace zdrojů ⇒ plnohodnotná bílkovina
(bonus rostlinné stravy: využitelné polysacharidy,
vláknina, vitaminy, minerální látky, ...)

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

potraviny rostlinného původu - cereálie a pseudocereálie



obiloviny (pšenice, ...)

obsah bílkovin závisí na druhu i stupni vymletí

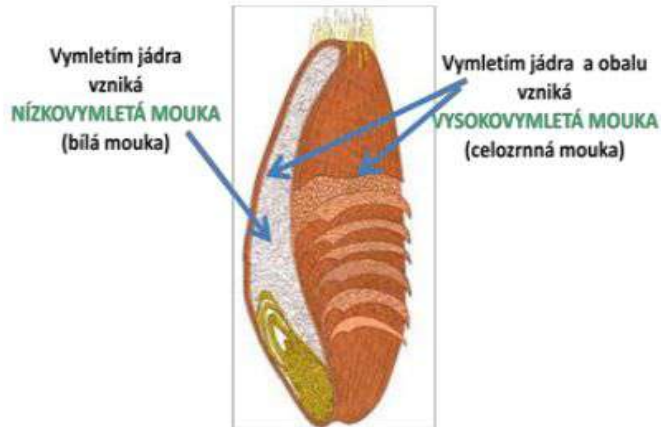
větší množství bílkovin ve vnějších částech (proto celozrnné mouky až o 4 % víc)

základní bílkoviny: albuminy, globuliny, prolaminy, gluteliny

obilovina	voda	proteiny	lipidy	škrob	minerální látky
pšenice	13,2	11,7	2,2	59,2	1,5
žito	13,7	11,6	1,7	52,4	1,9
ječmen	11,7	10,6	2,1	52,2	2,3
oves	13,0	12,6	5,7	40,1	2,9
rýže	13,1	7,4	2,4	70,4	1,2
kukuřice	12,5	9,2	3,8	62,6	1,3

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

potraviny rostlinného původu - cereálie a pseudocereálie



proteiny pšenice

- obsah **7 až 15 %** bílkovin
 - 20 % rozpustné
 - 80 % nerozpustné (prolaminy, gluteliny)

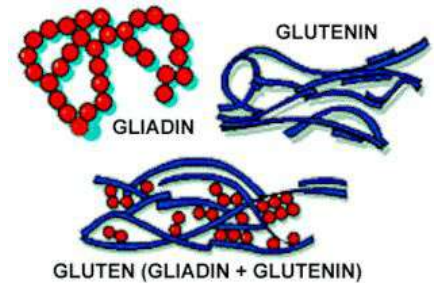
mouka

silná (chlebová) 12 až 14 % proteinů × slabá <10 % pro cukrovinky

s vodou **těsto** (škrob + viskoelastická lepivá hmota, lepek/gluten)

tj.: (kromě škrobu) $\frac{2}{3}$ vody a $\frac{1}{3}$ **hydratované gluteliny (viskozita, síťová struktura) a gliadiny (modifikátory) = lepek (gluten)**

[bezlepkové výrobky <100 mg gliadinu/kg]



změny při skladování a zpracování mouky

skladování: částečná denaturace, zlepšení vlst. skladováním (oxidace, snaha o umělené napodobení procesu)

mísení těsta s vodou → **hydratace** bílkovin

kynutí → **rheologické** vlastnosti ...

pečení → **denaturace**

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny
potraviny rostlinného původu - cereálie a pseudocereálie

Seitan

Na bílkoviny bohatá hmota (až 18 %),
základem pšeničný lepek

Výroba

mouka → těsto
vymývání škrobu hnětením ve vodě
ztráta hmotnosti → $\frac{1}{3}$ objemu



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny
potraviny rostlinného původu - luštěniny a olejniny

	Hrách	Fazole	Čočka	Sója	Podzemnice
Bílkoviny (%)	26	24	27	35-48	28
Tuk (%)	1	2	2	18-23	51
Sacharidy (%)	53	53	57	9	10
Vláknina (%)	17	17	10	19	8
Popel (%)	3	4	4	6	3
Ca (mg/kg)	440-780	300-1800	400-750	1300-2100	590
Fe (mg/kg)	47-68	59-82	70-130	50-110	20
Thiamin (mg/kg)	1	5	9	8	9
Riboflavin (mg/kg)	0,6	2	2	4	2
Niacin (mg/kg)	10	20	25	20	150



Sójové boby obsahují téměř polovinu hmotnosti bílkovin. Sója se řadí jak mezi luštěniny (botanicky), tak olejniny (vyrábí se z ní olej).

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny
potraviny rostlinného původu - luštěniny a olejnin

Tofu

sójová bílkovina

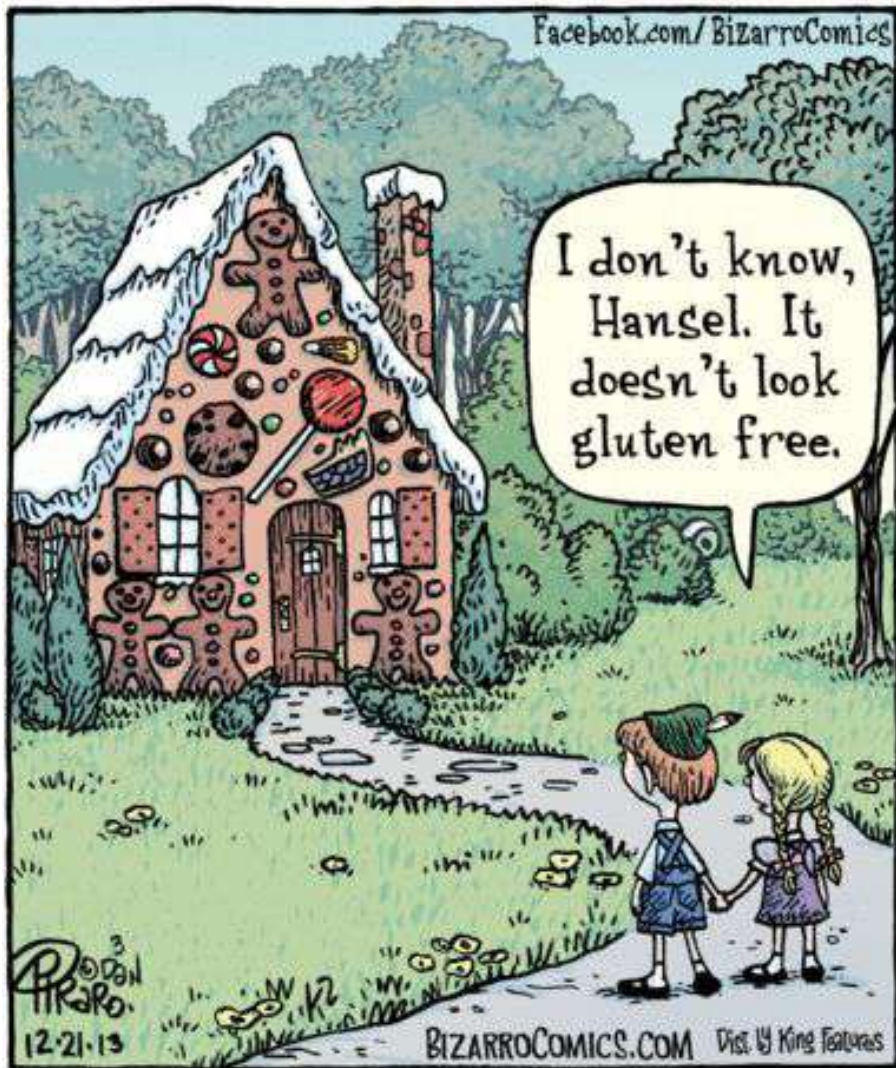
výroba

sójové boby (nebo pokrutiny) vymývány horkou vodou (popř. hydroxidem)
→ denaturace a extrakce bílkovin (**sójové mléko**)

sójové mléko + CaSO_4 → **sraženina**

čištění a proplachování sraženiny → **tofu** (bílkovinný koncentrát)





I don't know,
Hansel. It
doesn't look
gluten free.

Praro
12-21-13