

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny



bílkoviny



bílkoviny  
peptidy  
aminokyseliny



aminokyseliny

### Proteolýza

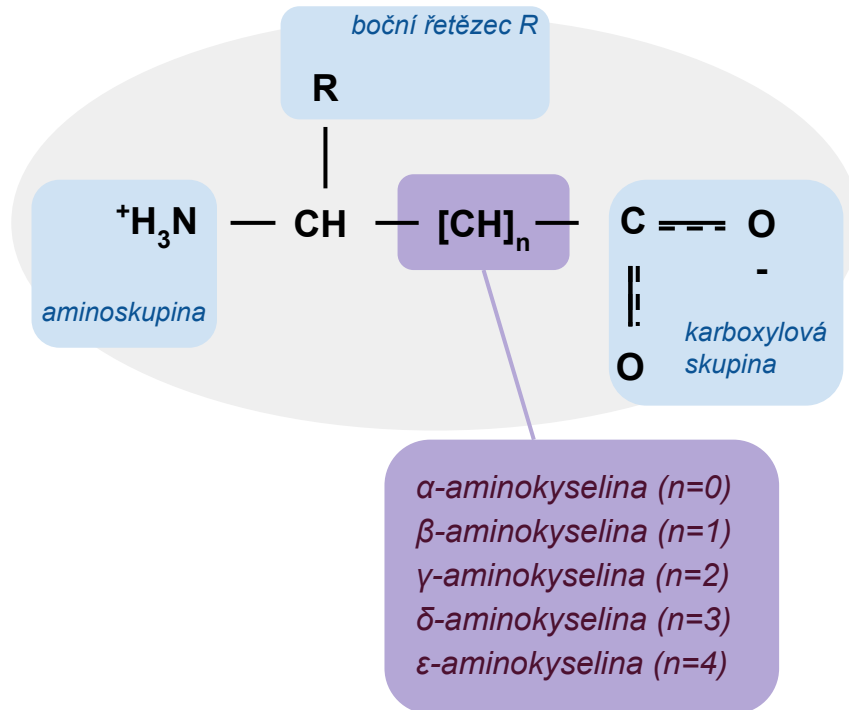
~99 % aminokyselin v potravinách vázáno v bílkovinách a peptidech.

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

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

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

## aminokyseliny: struktura



V molekule AMK obsažena alespoň jednou:

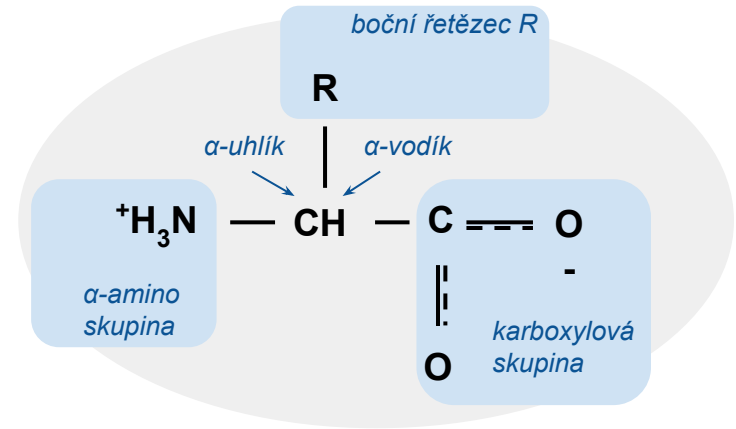
- **karboxylová skupina**  $-COOH$
- **aminoskupina**  $-NH_2$ ,
  - případně **sekundární aminoskupina**  $-NH-$  (piperidin, pyrrolidin), dříve *iminokyseliny*

v bílkovinách výhradně  **$\alpha$ -aminokyseliny**,  
tzn. aminoskupina na druhém uhlíku:  $C_\alpha$

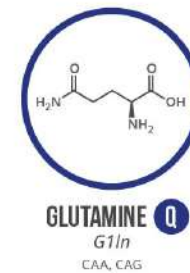
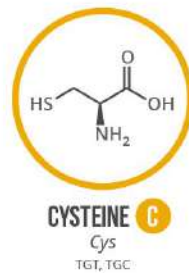
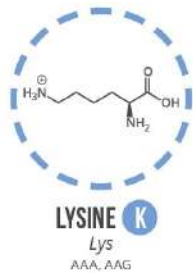
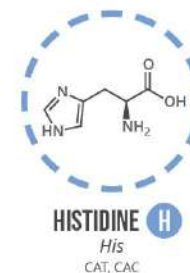
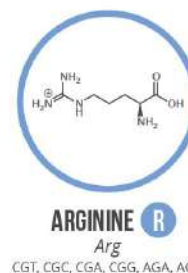
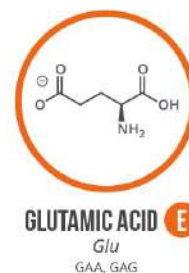
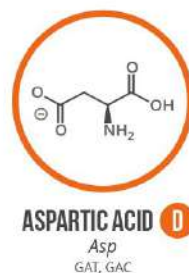
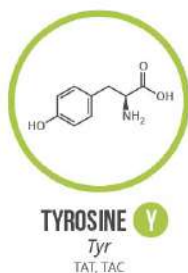
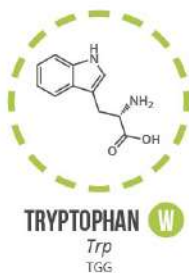
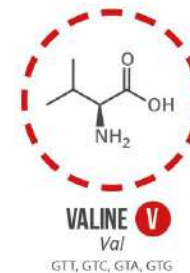
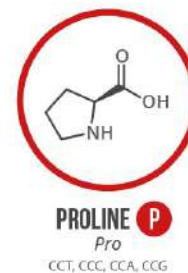
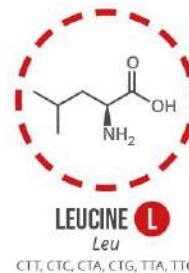
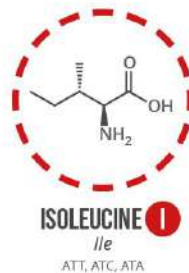
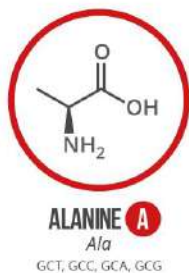
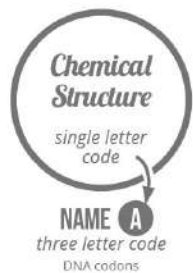
## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### aminokyseliny podle výskytu:

- AMK nacházející se ve všech organismech:  
proteinogenní, kódované, základní  
22 sloučenin, 21 v potravinách
  - **v bílkovinách**
  - v peptidech
  - volnéve výživě stejný význam, avšak zastoupeny jsou hlavně bílkoviny (99%)
- AMK jen v některých organismech:  
(nejsou složkami bílkovin)
  - v peptidech
  - volné

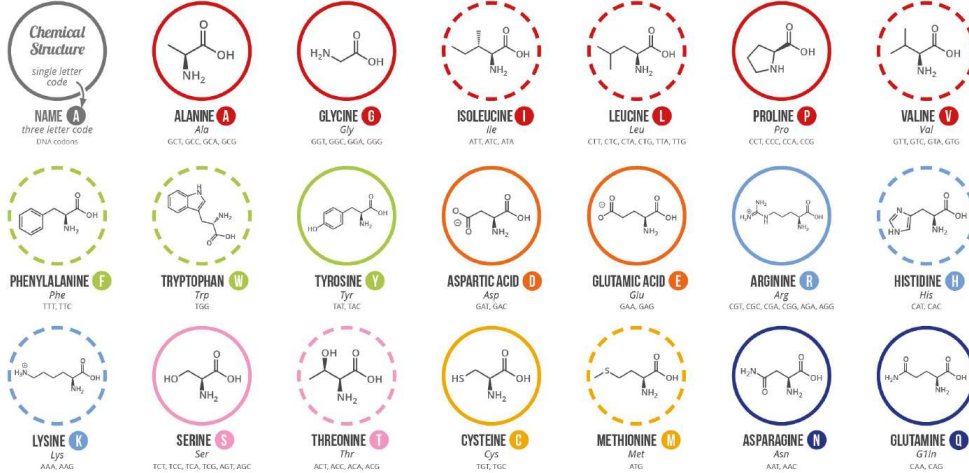


**Chart Key:** ● ALIPHATIC ● AROMATIC ● ACIDIC ● BASIC ● HYDROXYLIC ● SULFUR-CONTAINING ● AMIDIC ○ NON-ESSENTIAL ○ ESSENTIAL



# aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

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



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




### Jednopísmenné kódy pro šetření místa

Margaret Oakley Dayhoff (1925-1983)

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

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 + $\text{NH}_4^+$ (z citrátového cyklu)	reduktivní aminace	→ <b>Glu</b> (tato reakce probíhá ve všech živých organismech)  ... <b>Glu</b> → <b>Gln, Pro, Arg, Citrullin, Ornitin</b>
oxaloctová kyselina (z citrátového cyklu)	transaminace	<b>Asp</b> → <b>Asn</b>
pyrohroznová kyselina (z glykolýzy)	transaminace	<b>Ala</b>
3-fosfoglycerová kyselina (meziprodukt glykolýzy)		<b>Ser</b> → <b>Gly, Cys, Sec (selenocystein)</b>



## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

esenciální, neesenciální a poloesenciální AMK

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



„**Esenciální**“ **neznamená 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

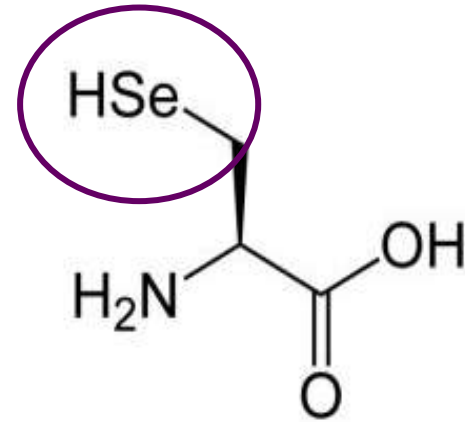
Se-Cys, Sec

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



7	8	9
15 VA EA	16 VIA 6A	17 VIIA 7A
N Nitrogen 14,007	O Oxygen 15,999	F Fluorine 18,998
15	16	17
P Phosphorus 30,974	S Sulfur 32,065	Cl Chlorine 35,453
33	34	35
As Arsenic 74,922	Se Selenium 78,971	Br Bromine 79,904
51	52	53
Sb Antimony 121,758	Te Tellurium 127,6	I Iodine 126,904
83	84	85
Bi Bismuth 208,980	Po Polonium [209,982]	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

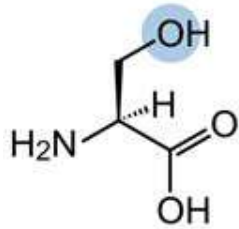
nedostatek ⇒ řada poruch (ateroskleróza,  
anémie, ICHS, neurologické p., karcinomy)

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

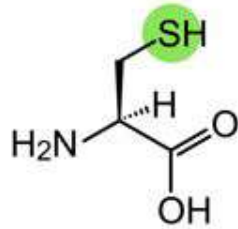
## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny | 21. aminokyselina selenocystein

### Jak se selenocystein objeví v proteinu?

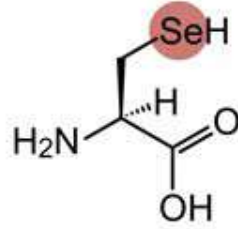
Selenocystein je v genu kódován stop-kodonem UGA. (na takové místo se váže tRNA pro serin, který, pouze navázaný na takto kódovanou tRNA<sup>Sec</sup>, je měněn enzymem selenocystein-syntáza. Nejde o posttranslační modifikaci ale *kotranslační modifikaci* ještě na tRNA).



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?

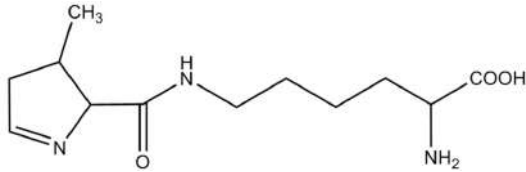
Nízký příjem selenu v potravě by mohl pozastavit proteosyntézu. Existuje posloupnost: tvorba méně důležitých bílkovin se zastaví jako první (stop-kodon v takovém případě ukončuje tvorbu bílkoviny).

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### 22. aminokyselina

#### Pyrolysin

Pyl



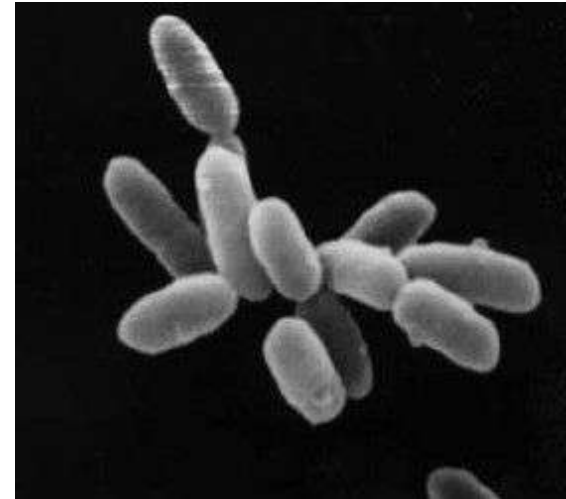
22. proteinogenní aminokyselina  
objevena 2002

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

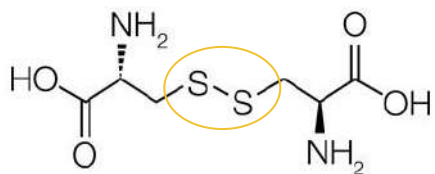
### modifikované a další AMK

**posttranslační modifikace** v již syntetizovaném řetězci

= deriváty základních kódovaných kyselin (nejsou kódovány)

#### L-Cystin

Cys-Cys



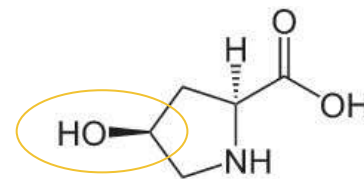
disulfidický můstek  
struktura bílkovin

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

#### hydroxyprolin

3-hydroxyprolin

4-hydroxyprolin

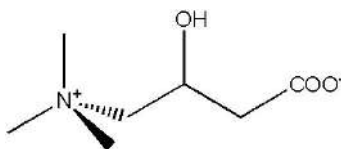


hydroxylací prolinu v peptidovém řetězci  
strukturní složka kolagenu, želatiny (>10 %)

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)

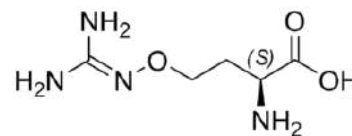
**další, nebílkovinné** aminokyseliny:  
stovky, často volné nebo v peptidech

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 <sub>2</sub> )	6,0	5,0	3,7
Glu(+GluNH <sub>2</sub> )	<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:

<b>Lys</b>	častá limitující aminokyselina pro nízký obsah v rostlinných bílkovinách (zejm. obilovinách)
<b>Met, Cys</b>	limitující v luštěninách, masné a mléčné bílkovině
<b>Thr</b>	nízký obsah v pšeničné a žitné bílkovině
<b>Trp</b>	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*

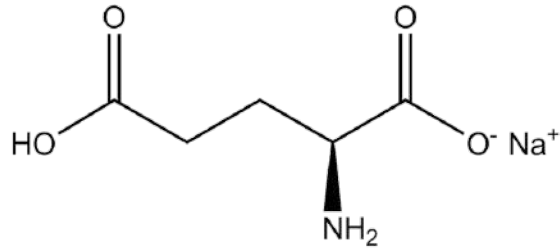
*některé amk náhradní sladidla (6-chlortryptofan, sladivost 100, ale zdravotní rizika)*

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

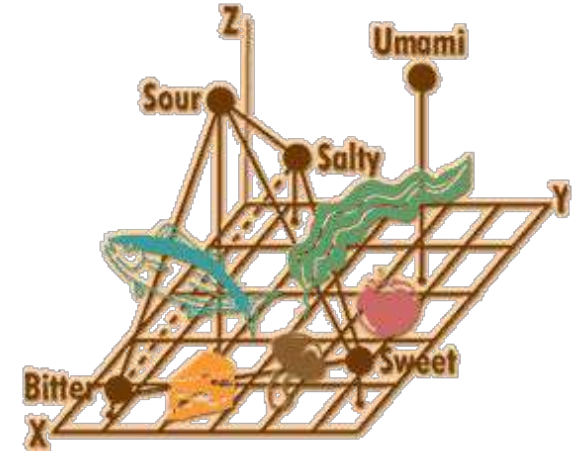
„pátá chuť“

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.*



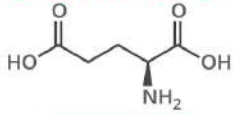
[prizma](#) 



# MSG

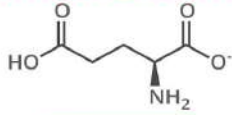
## "CHINESE RESTAURANT SYNDROME"

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.



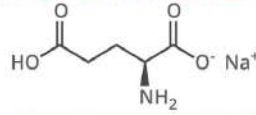
### GLUTAMIC ACID

Naturally occurring amino acid



### GLUTAMATE

Deprotonated form of glutamic acid

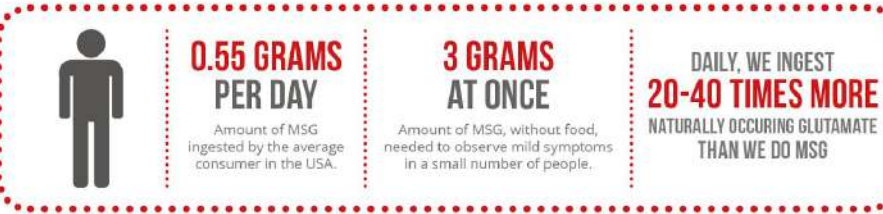


### MONOSODIUM GLUTAMATE (MSG)

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:



**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



×



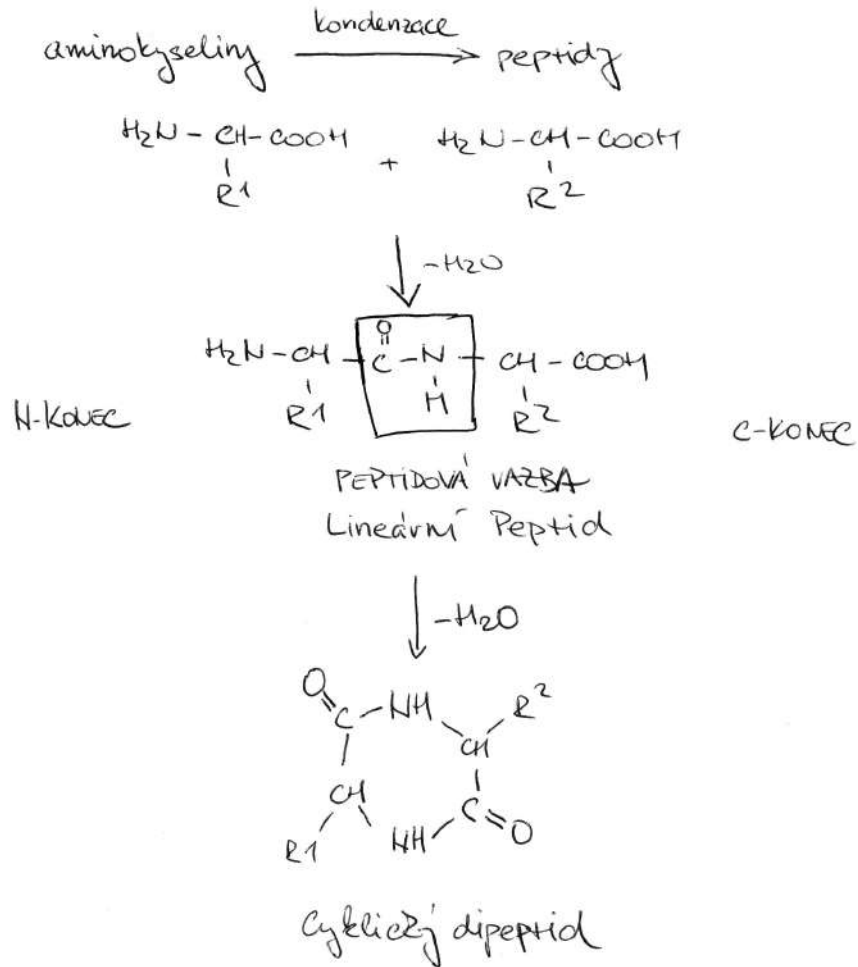
×





## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

## peptidy



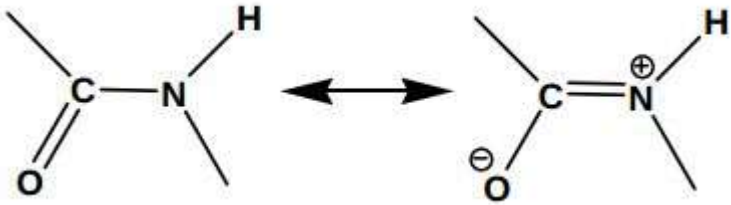
## Peptidy

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



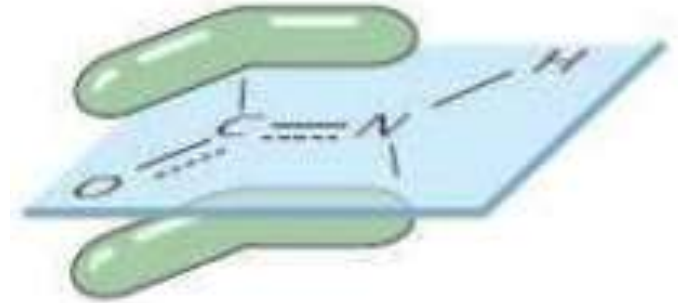
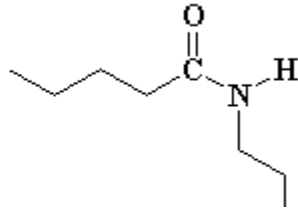
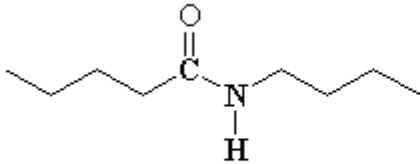
## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

peptidy - peptidová vazba



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

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

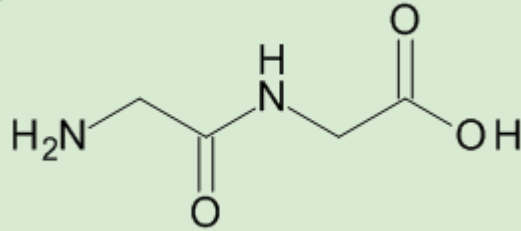




## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### názvosloví

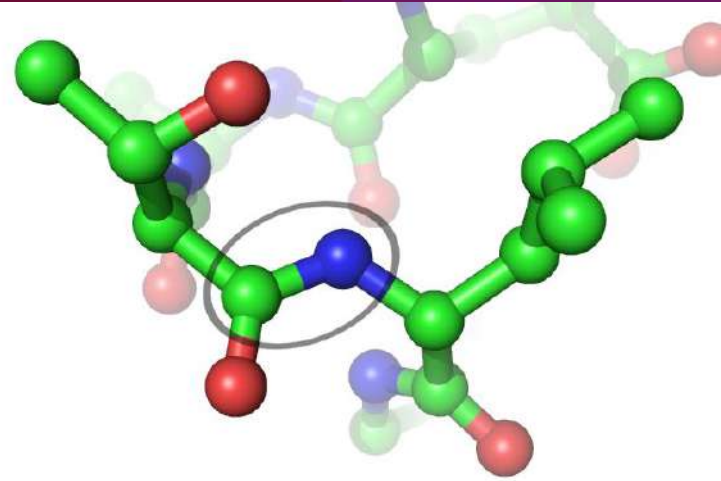
z hlediska názvosloví jde o *acylované aminokyseliny*  
v praxi označovány třípísmennými kódy



glycylglycin

Gly-Gly

GG



# aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

## klasifikace peptidů

### počet vázaných AMK

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

### typ řetězce

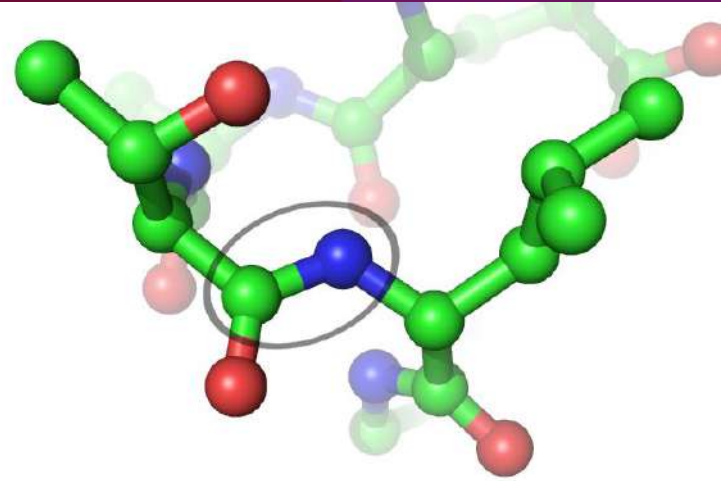
- lineární
- cyklické

### 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

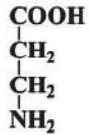
## netypické peptidové vazby

vázány mohou být i přes distální skupiny

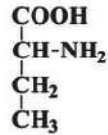
$\gamma$ -karboxylová sk. kyseliny glutamové  $\rightarrow$   $\gamma$ -peptidová vazba

poměrně často i D-aminokyseliny

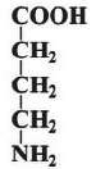
také méně obvyklé aminokyseliny



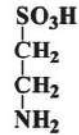
$\beta$ -alanin



$\alpha$ -aminomáselná



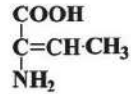
$\gamma$ -aminomáselná



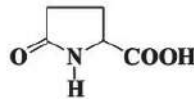
taurin



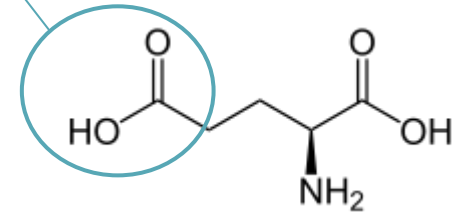
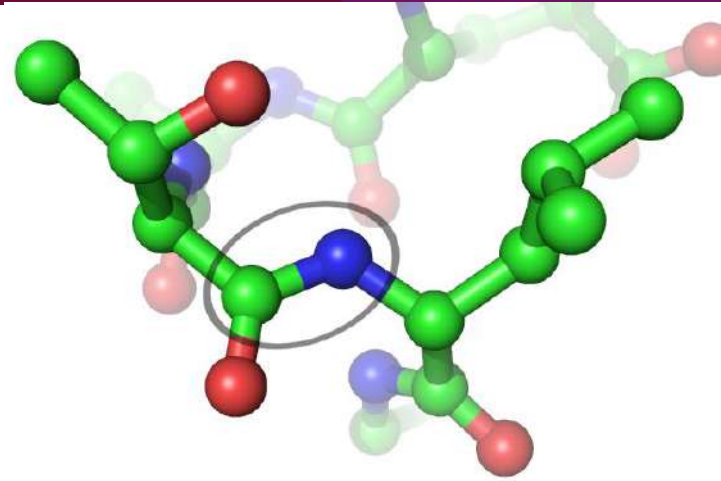
2-aminoakrylová  
(dehydroalanin)



(E)-2-aminokrotonová  
(dehydrobutyrin)

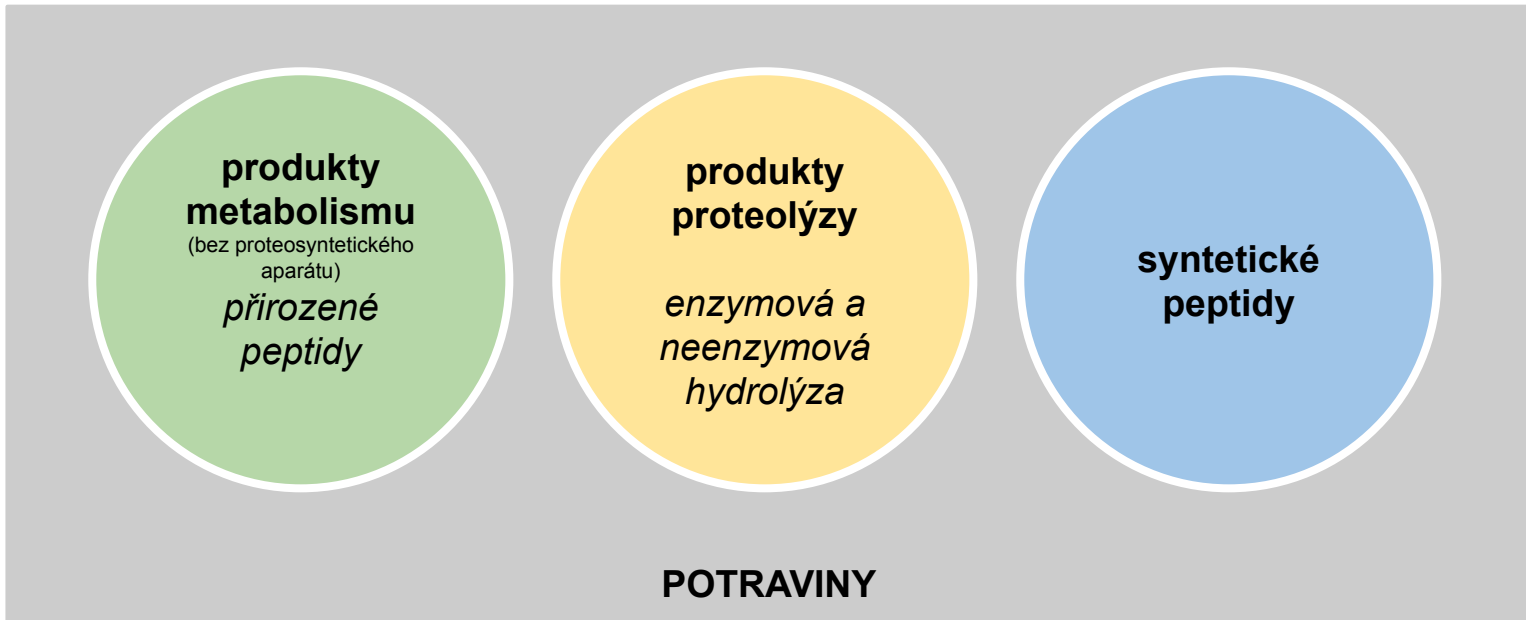


pyroglutamová



## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

výskyt peptidů v potravinách



# aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

## výskyt peptidů v potravinách

produkty  
metabolismu

přirozené  
peptidy

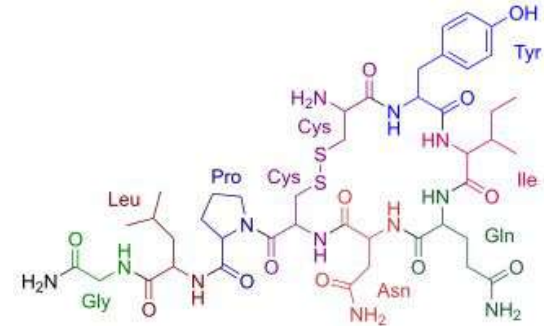
biologické vlastnosti: **v organismech řada fcí;**

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

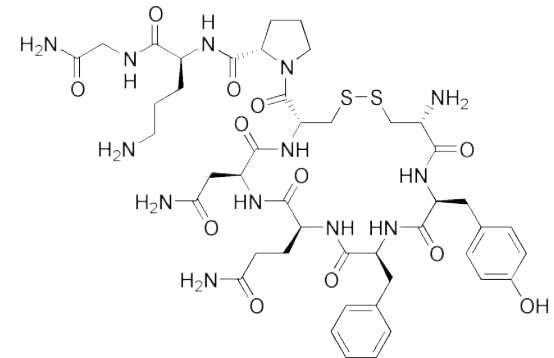
**antibiotika** (bakteriociny – zejm. lantibiotika, jako je nisin, gramicidin, polymyxin, bacitracin)

**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** bakterie *Lactococcus lactis*

proti grampozitivním bakteriím (*Streptococcus*, *Clostridium*)

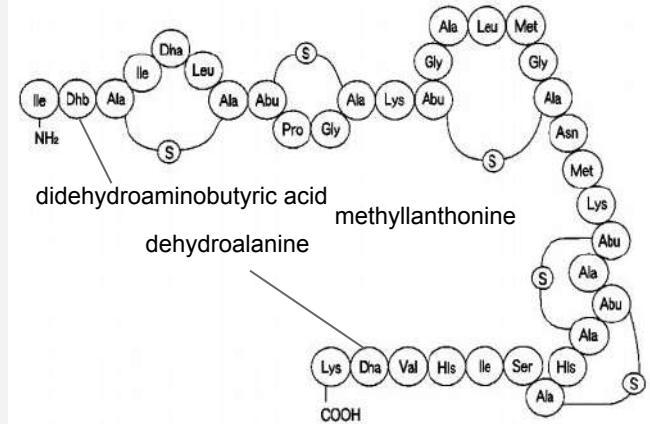
E234, v mlékárenství - běžně v sýrech a kysaných výrobcích

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.)



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

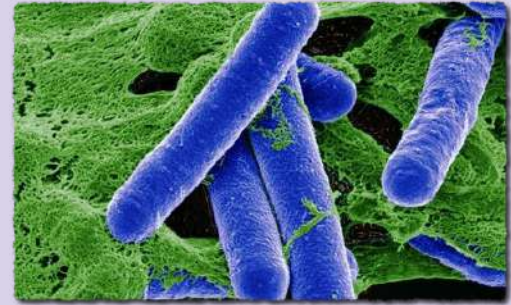
Ošetření: >3 min 120 °C (nebo opakovaná nižší teplota)

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 v potravinách: peptidy ve včelím jedu

produkty  
metabolismu

přirozené  
peptidy

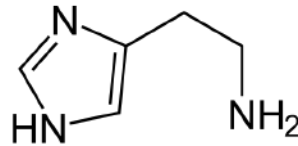


velkou část hmyzích jedů tvoří peptidy

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

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

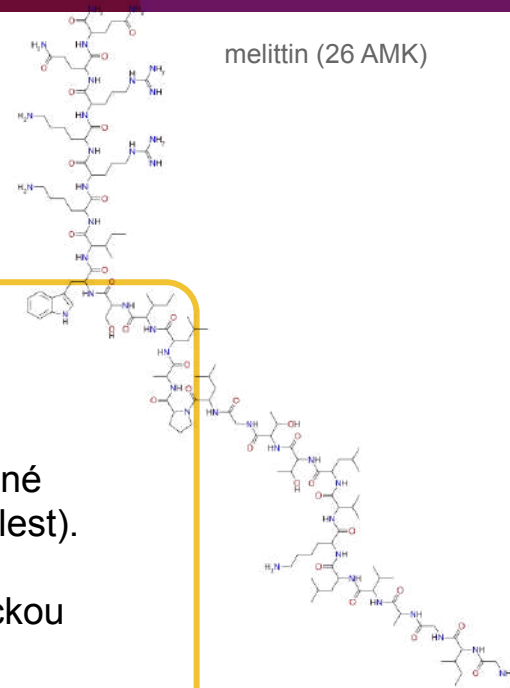
Nejmenší známý neurotoxický peptid (18 amk).  
Systémový účinek skrze CNS: šok, chvění, ...



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

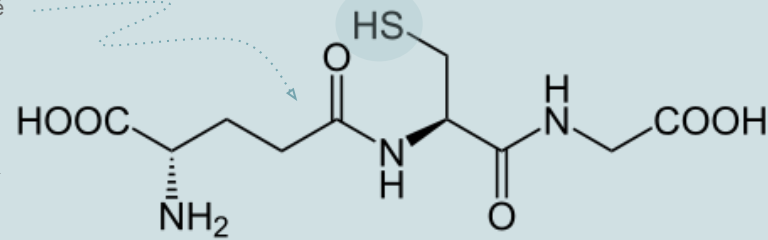
(jelikož jde o důležitý antioxidant, občas je snaha  
o jeho suplementaci, ale biodostupnost je omezena trávením,  
glutathion ale není esenciální)

využití:

upravuje **rheologické** vlastnosti těsta

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

zajímavost:  $\gamma$ -vazba kyseliny  
glutamové



$\gamma$ -glutamyl-L-cysteinylglycine



princip antioxidačního působení glutathionu

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

výskyt peptidů v potravinách: další  $\gamma$ -glutamyl

produkty  
metabolismu

přirozené  
peptidy

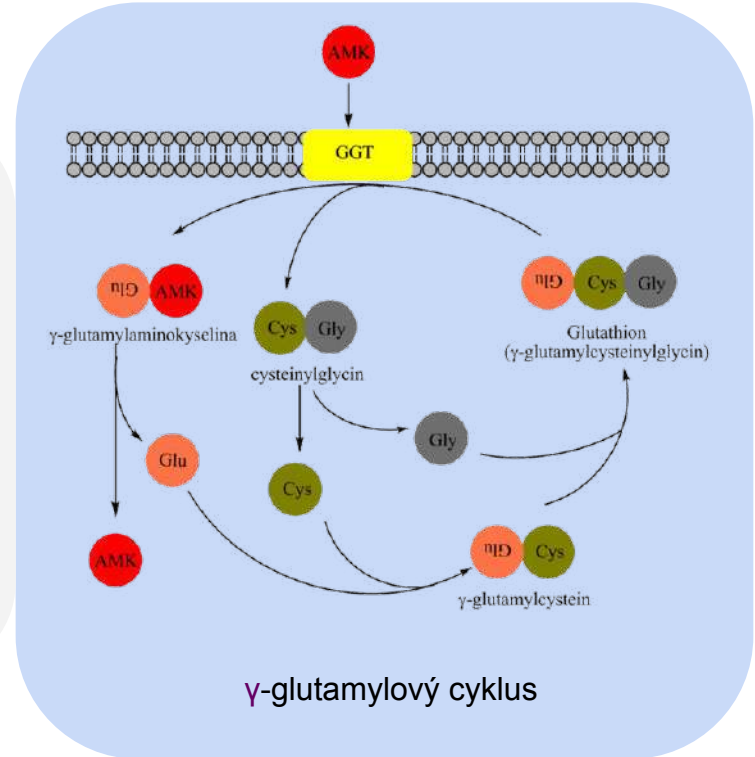
mnoho dalších  $\gamma$ -glutamyl-peptidů (70+)  
v cibulovitých rostlinách (česnek, cibule, pórek)  
i živočišných tkáních

### Funkce

transportují AMK membránami (GGT,  $\gamma$ -glutamyltransferáza)

### Fytochelatiny

(proti účinkům těžkých kovů na rostliny; dipeptidické repeticce  $\gamma$ -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

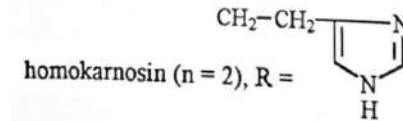
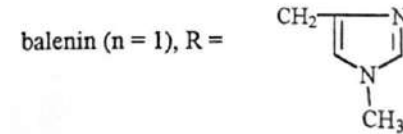
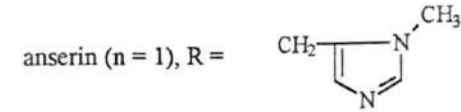
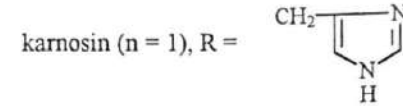
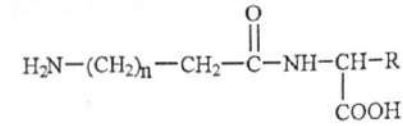
biologická funkce

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 <sup>-1</sup>		
	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

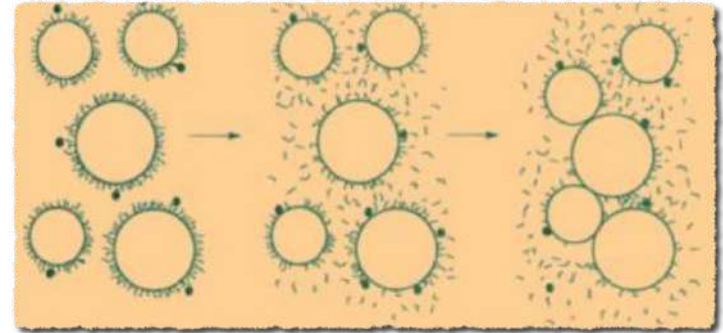
enzymová a neenzymová hydrolyza

### 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

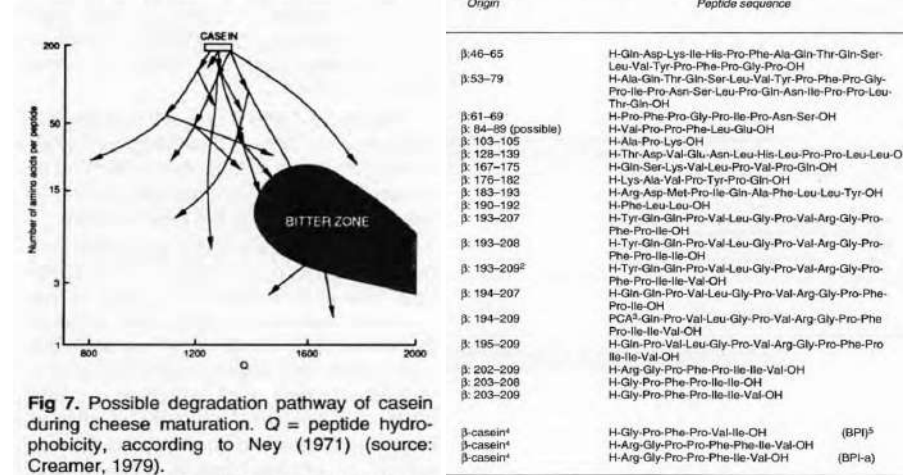
peptidy s hydrofobními AMK  
(val, leu, ile, phe, tyr, trp)

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 (→ plasteiny), bakteriální proteolýza

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

produkty proteolýzy: hořké peptidy

### hořké peptidy

#### Plasteinová reakce

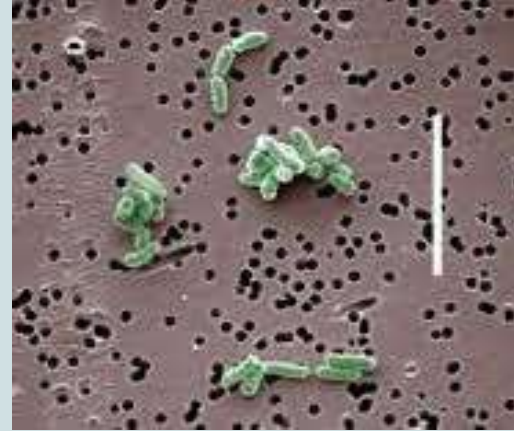
některé endopeptidázy vytvářejí spojováním peptidů **delší řetězce**, které již neinteragují s chuťovými pohárky.

→ **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- $\alpha$ -aspartyl-L-fenylalanin 1-methylester)

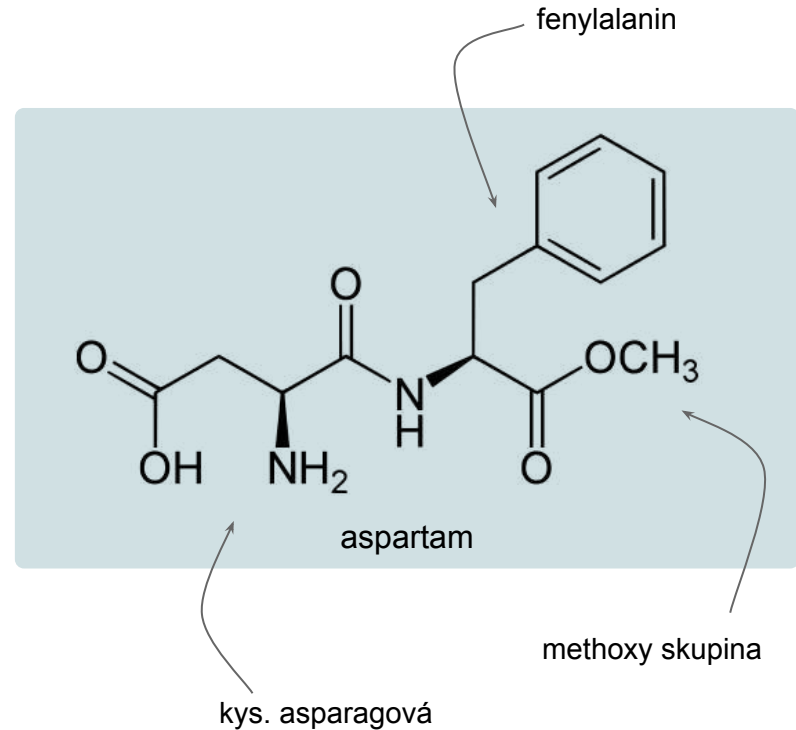
používán až od 80. let

#### 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 additive<sup>1</sup>

EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS)<sup>2, 3</sup>

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 Aranya Bhattacharya  
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:

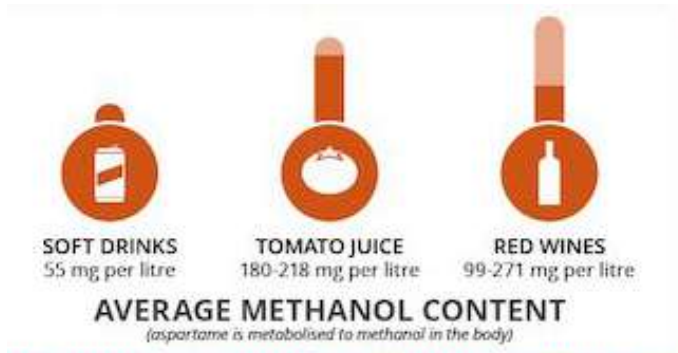
- kyselina asparagová
- fenylalanin
- methanol

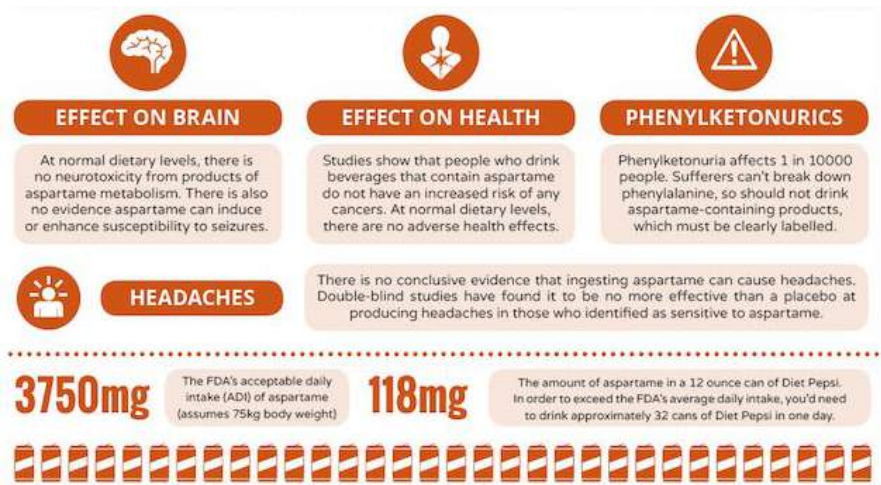
co methanol?

- 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?

- nepopiratelné riziko pro fenylketonuriky (1/10000)  
→ výrobky musí být označeny jako nevhodné pro lidi s fenylketonurií





## 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)

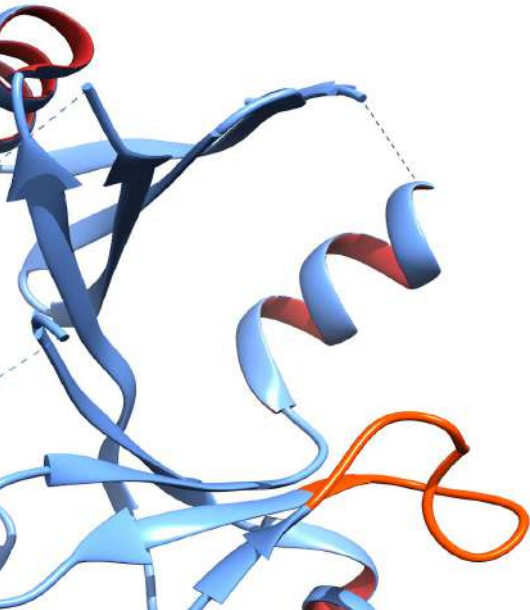
\*EFSA: European Food Safety Authority / Evropský úřad pro bezpečnost potravin

\*\*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

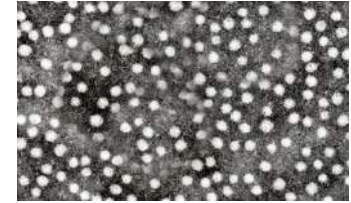
- **řasy** (*Chlorella*, *Spirulina*)
- bílkovinné **izoláty** (cca 90 % sušiny)
- kvasinky (*Candida*)
- bakterie
- bílkovinné koncentráty (cca 50 % sušiny)



**bílkoviny podle struktury**  
(přítomnost nebílkovinné složky)

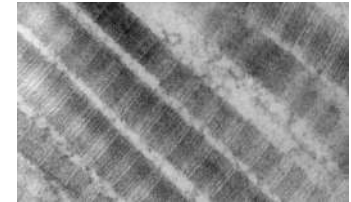
■ **jednoduché** obsahují pouze aminokyseliny sféroproteiny

- **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

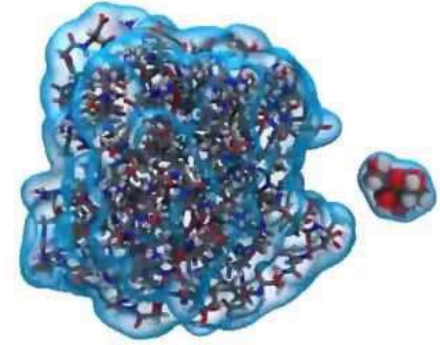
rozpuštěnost bílkoviny závisí na

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

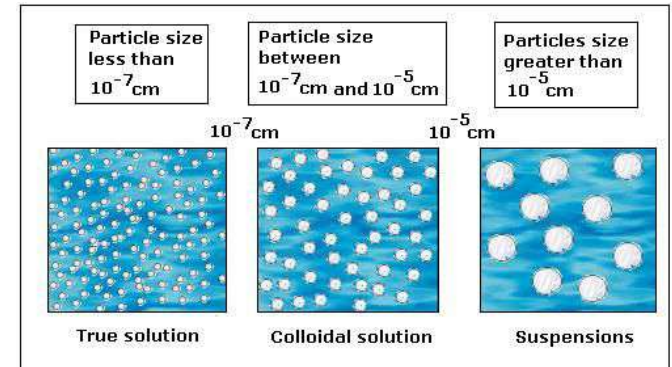
makromolekulární polyionty - **polyamfolyty** (podle pH celkově kladné nebo záporné, nejmenší náboj v oblasti izoelektrického bodu pI)

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 prolamínů nerozp. v EtOH, teplem koagulují.  
Hodně Glu.  
(*pšenice: glutelin, rýže: oryzenin*)

#### protaminy

bazické, rozp. ve vodě a kys., zás. a  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  
nekoagulují. Bazické amk, např. arg, his.  
(*mlíčí ryby; salmin lososa, skrombrin makrely*)

#### histony

bazické, rozp. ve vodě, kys., zás., ale nerozp. v  $\text{NH}_4\text{OH}$  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

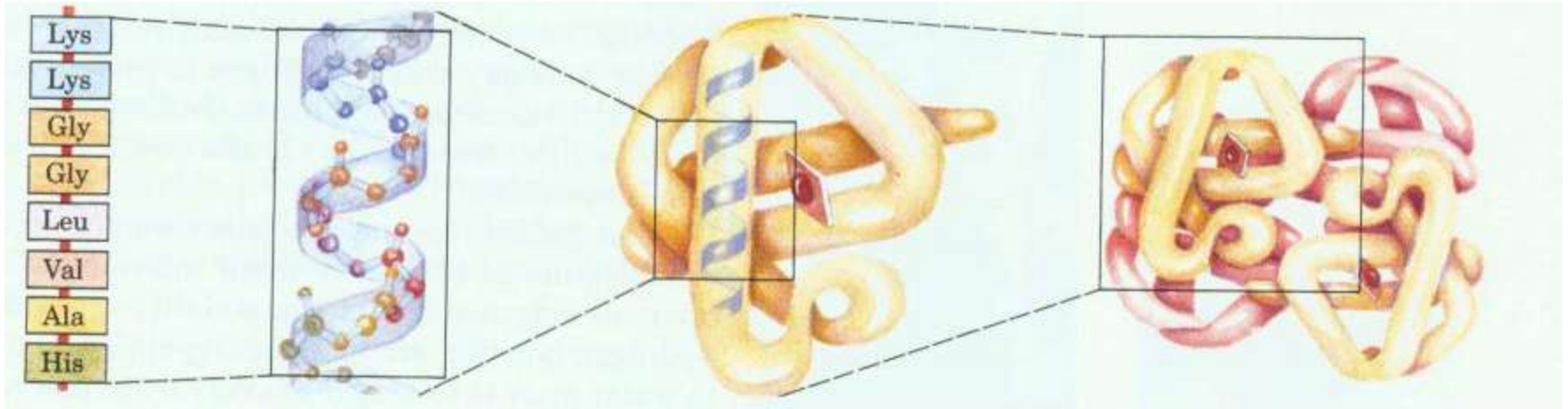
struktura: čtyři úrovně

primární

sekundární

terciární

kvarterní



# aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

## struktura bílkovin

### pravotočivý $\alpha$ -Helix $n_m$

typický helix:  $3.6_{13}$

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

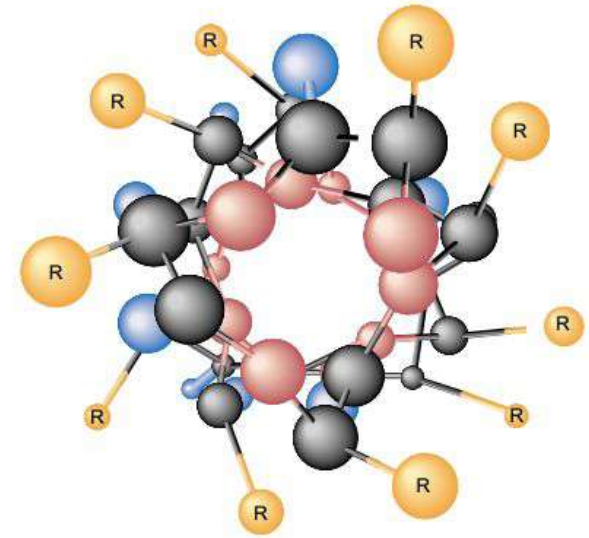
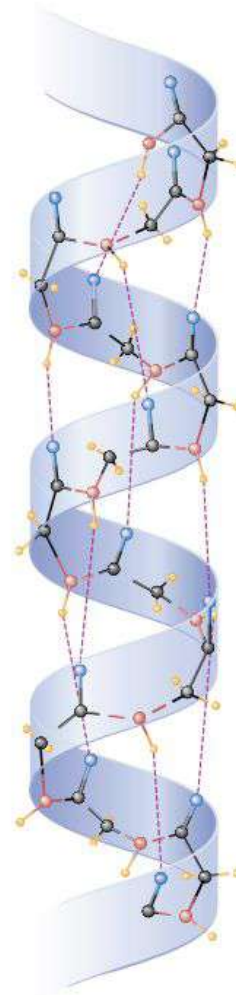
3,6 AMK/otáčka, velikost  $\varnothing$  11 AMK

výška závitů 0,54 nm

průměrná velikost 11 AMK (~3 otočky)

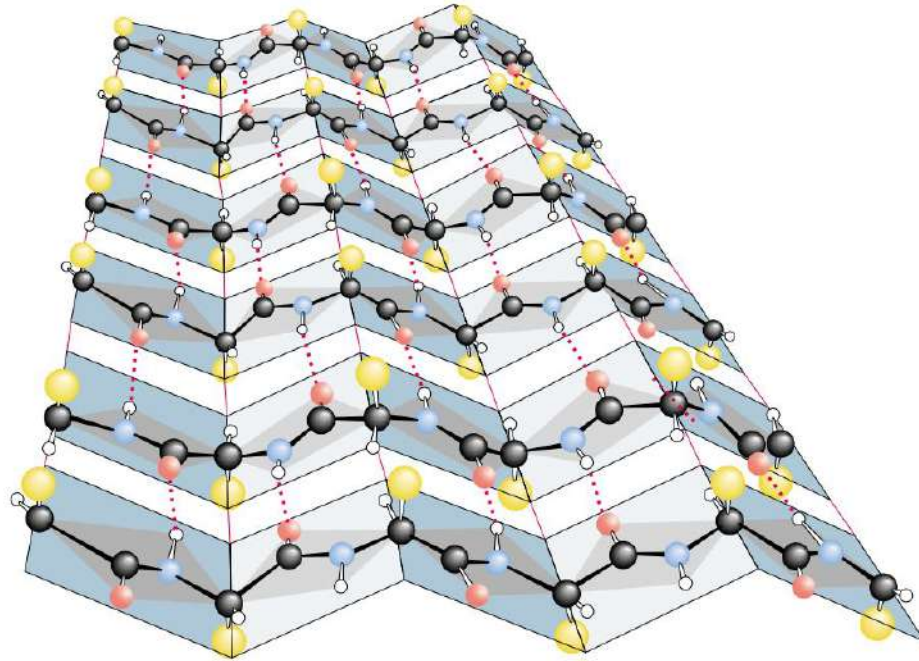
skupina C=O  $n$ -té AMK je vodíkovou vazbou vázána k  $n+4$  N-H vazbě ( $\Rightarrow$ H můstek mezi 1 a 13)

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



# aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

## struktura bílkovin



## $\beta$ -struktura skládáný list / $\beta$ -hřeben

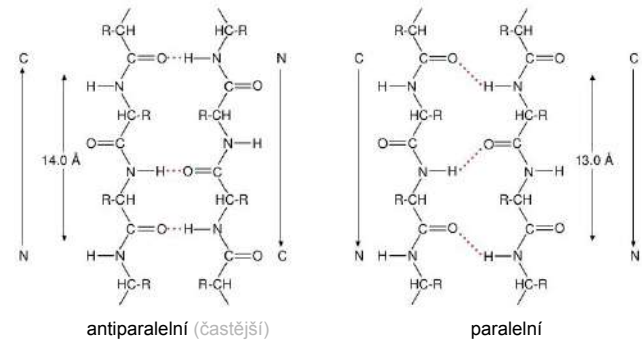
2 (anti)paralelní řetězce

H-můstky (extramolekulární)

průměrně 6 vláken, každé alespoň 15 AMK

častější antiparalelní

nikdy bílkoviny s prolinem

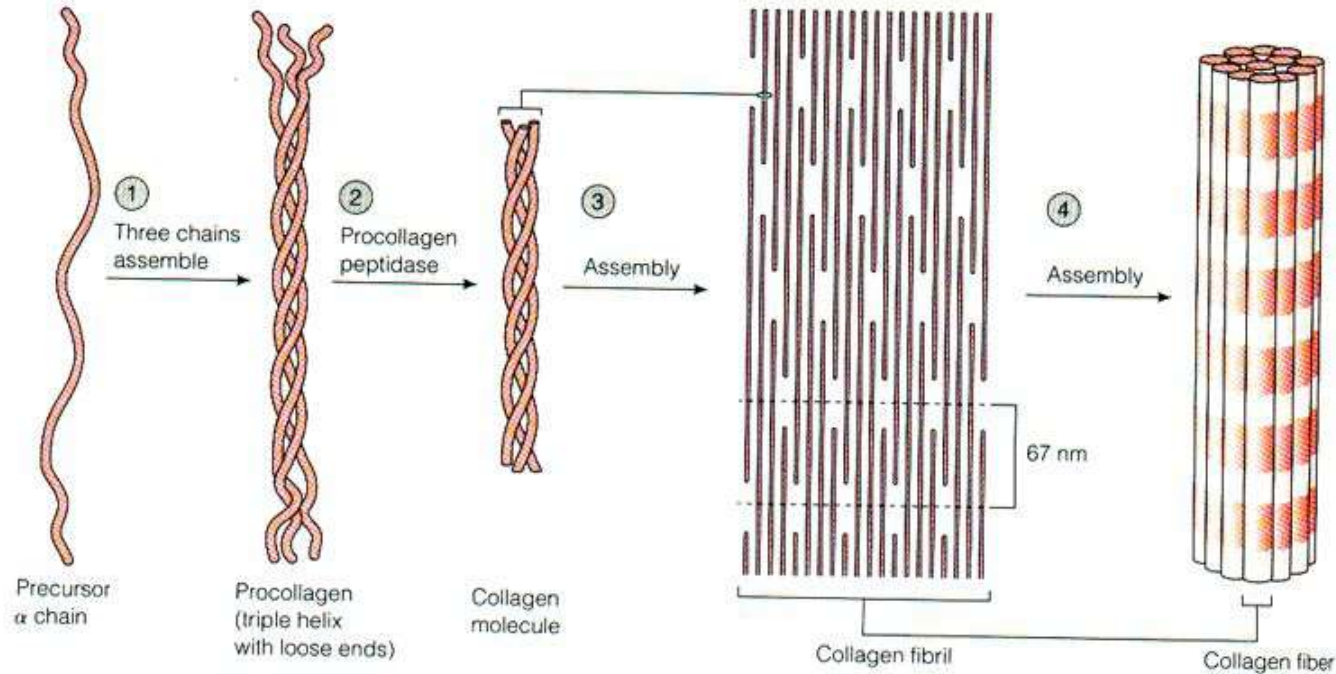




## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### struktura fibrilárních bílkovin

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



levotočivá šroubovice → pravotočivý superhelix → vlákno kolagenu

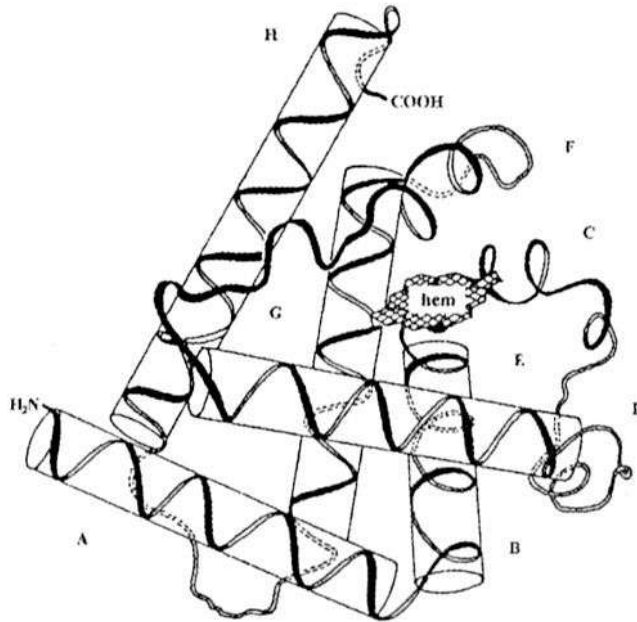


## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### 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  $\alpha$ -helixů dlouhých 7–26 AMK*

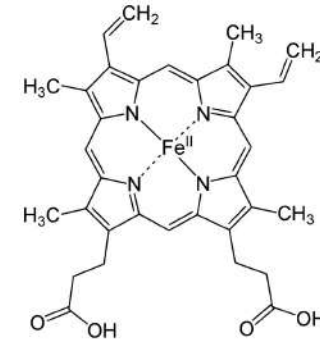
### příklad: myoglobin

1 řetězec obsahující 153 AMK

80 % z nich součástí  $\alpha$ -helixu

8  $\alpha$ -helixů (121 AMK)

hem s atomem Fe

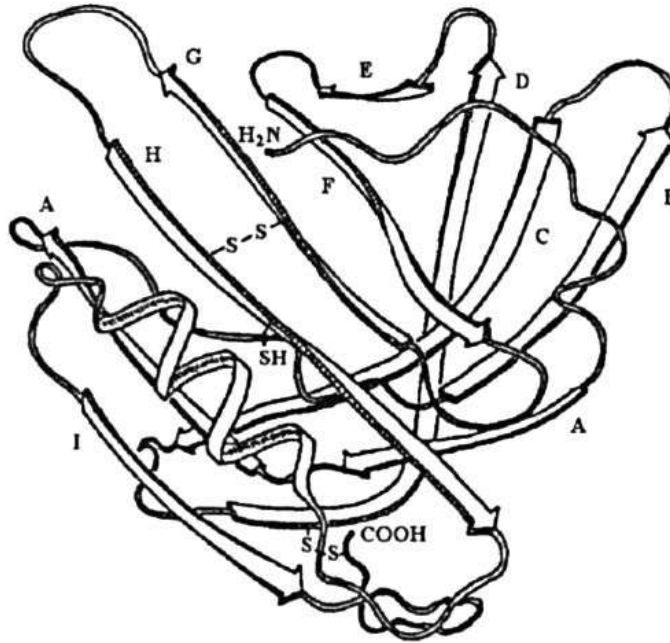


*hem s atomem Fe*

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

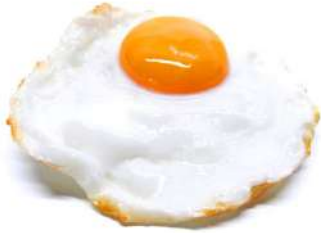


*struktura  $\beta$ -laktoglobulinu kravského mléka  
(18 kDa, dvě podjednotky, 2\*162 amk)*

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### denaturace bílkovin

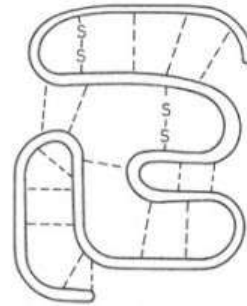
**denaturace:** změna prostorové struktury z původního (nativního) stavu působením chemických nebo fyzikálních vlivů.



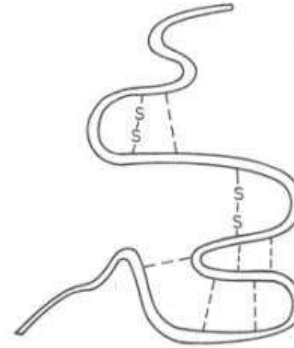
vratná (reverzibilní)

×

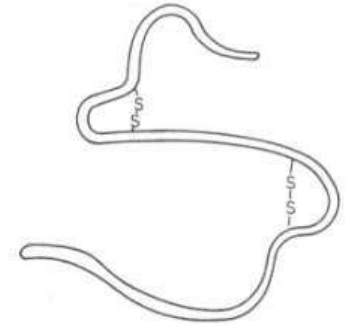
nevratná (ireverzibilní)



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 o **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*

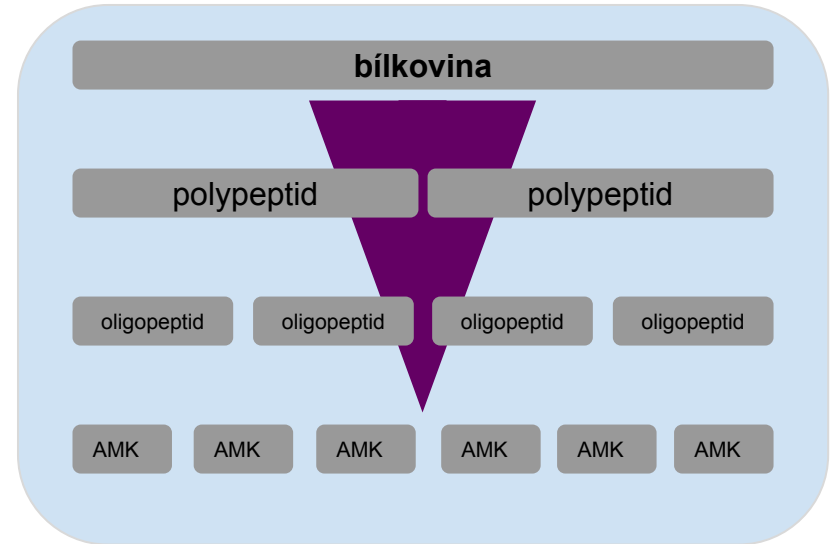
## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny osud bílkovin v organismu člověka

Organismus není schopen využít původní formu bílkovin.

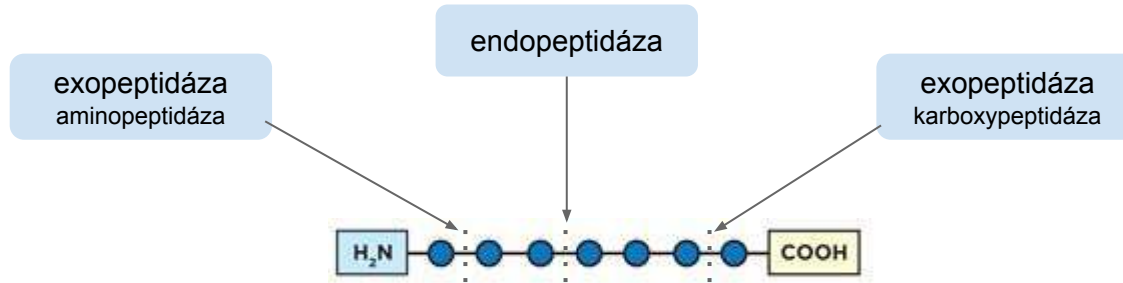
⇒ trávení bílkovin = **enzymová hydrolýza**

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 (endopeptidasa)  
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

aminopeptidasy, dipeptidasy

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

## osud bílkovin v organismu člověka - jaterní *pool* aminokyselin

### amk pool

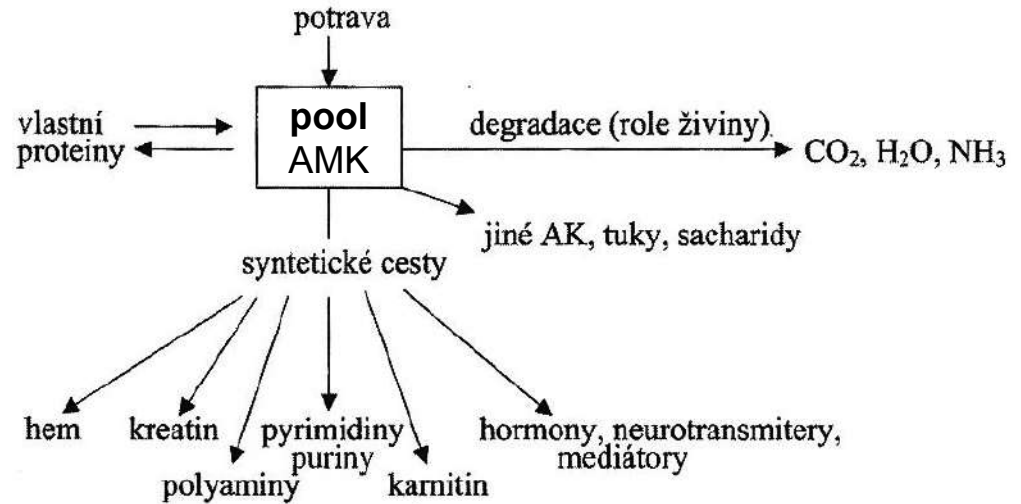
poměrně **malá zásoba v játrech**,

⇒ bílkoviny by měl člověk přijímat denně

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

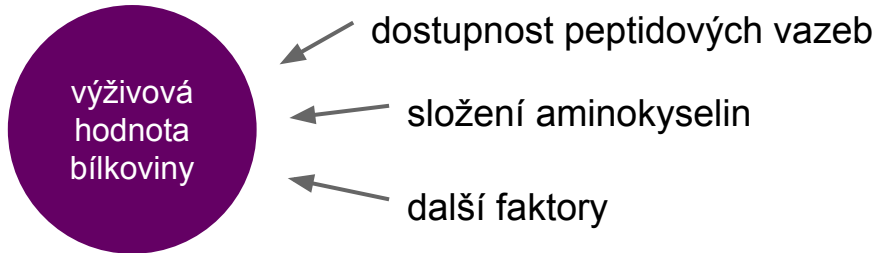
### odbourání amk

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



## 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**



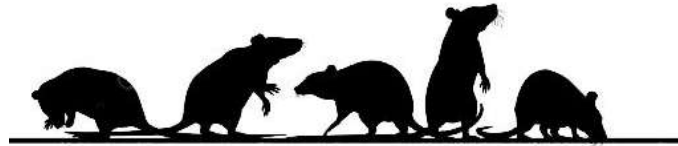
## Net Protein Utilization

(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

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

## 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<sup>a</sup>) 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

<sup>a</sup> 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

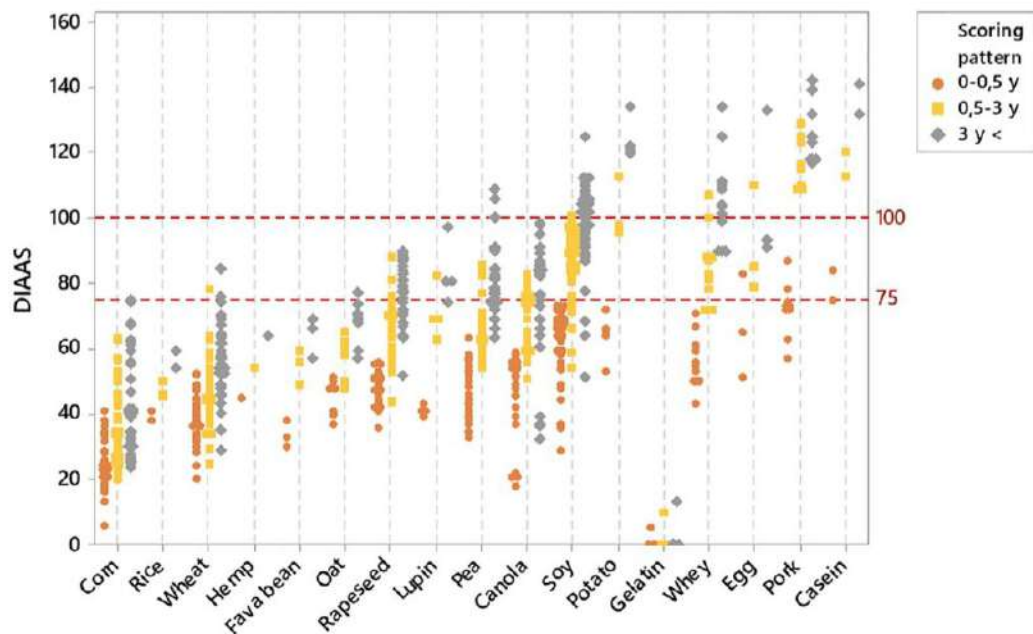
DIAAS  $\geq 75$

pšeničný a sójový bílkovinný izolát

DIAAS  $< 75$

želatina, kukuřice, fazole, ovesné vločky, hrách, rýže

směsi (brambory, sója, hrách)  
dosahují vysokých hodnot

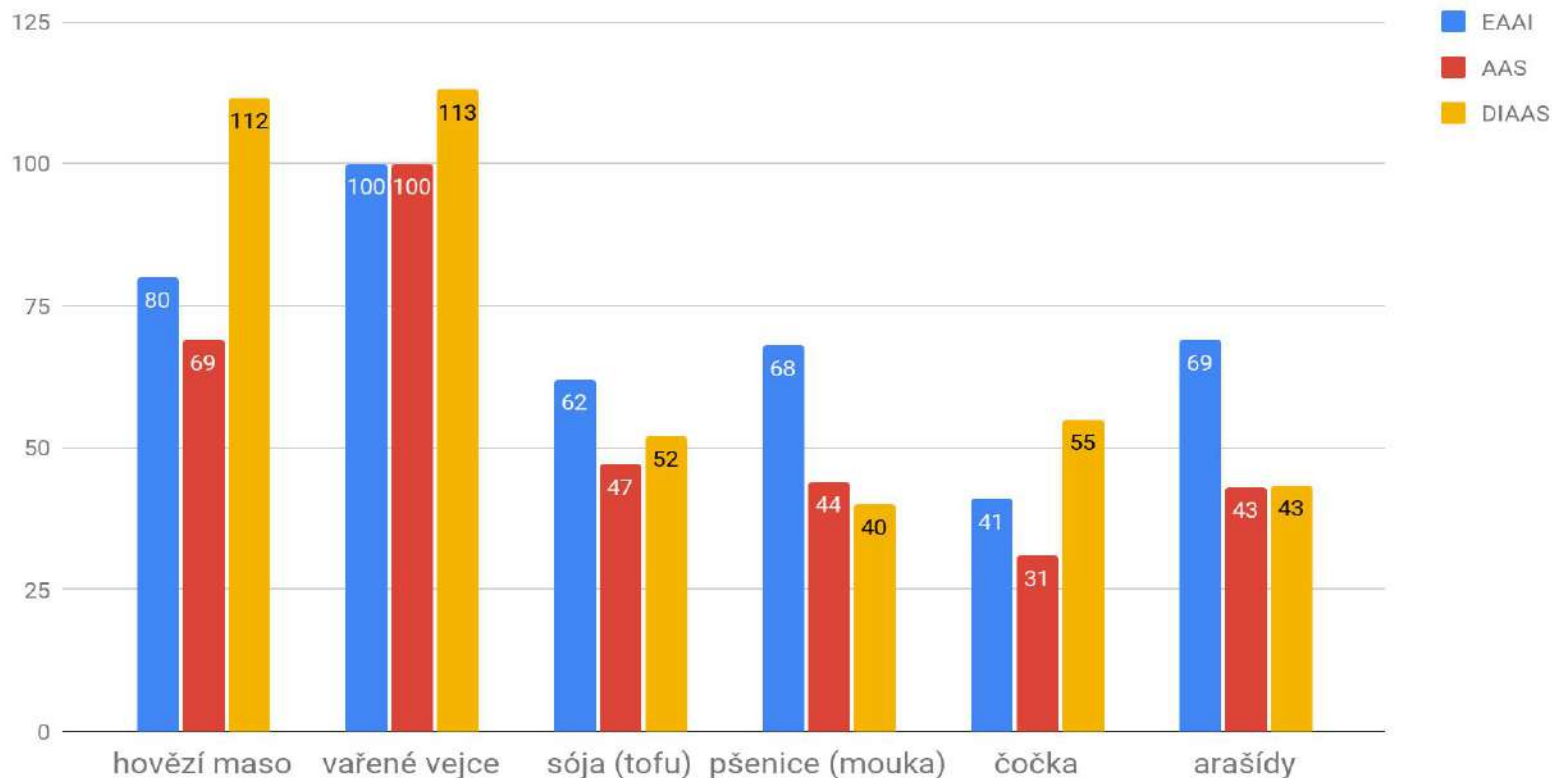


**FIGURE 1** Variation in DIAAS obtained from SID and IAA data available from pig intervention studies. DIAAS calculated for each scoring pattern as defined by FAO (2013): infant (0–0.5 years), children (0.5–3 years), and children older than 3 years, adolescents, and adults

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

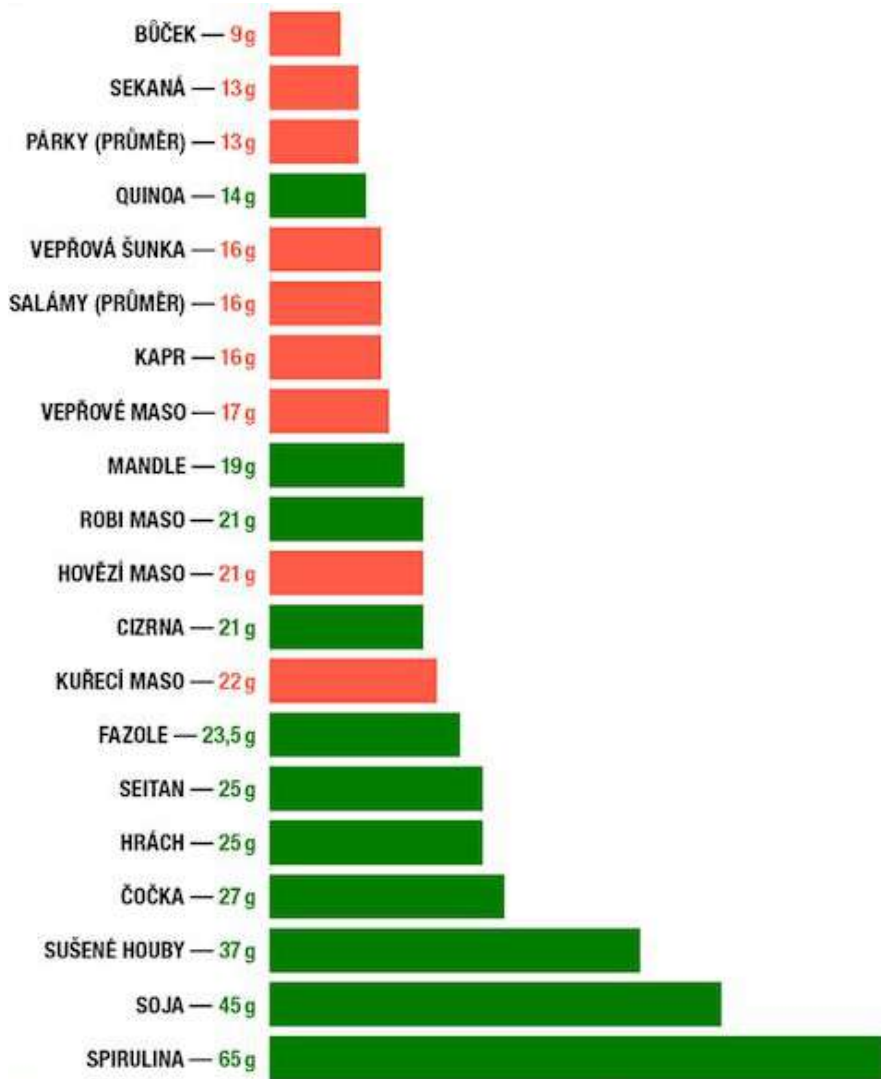
### výživová hodnota bílkovin: AAS, EAAI

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

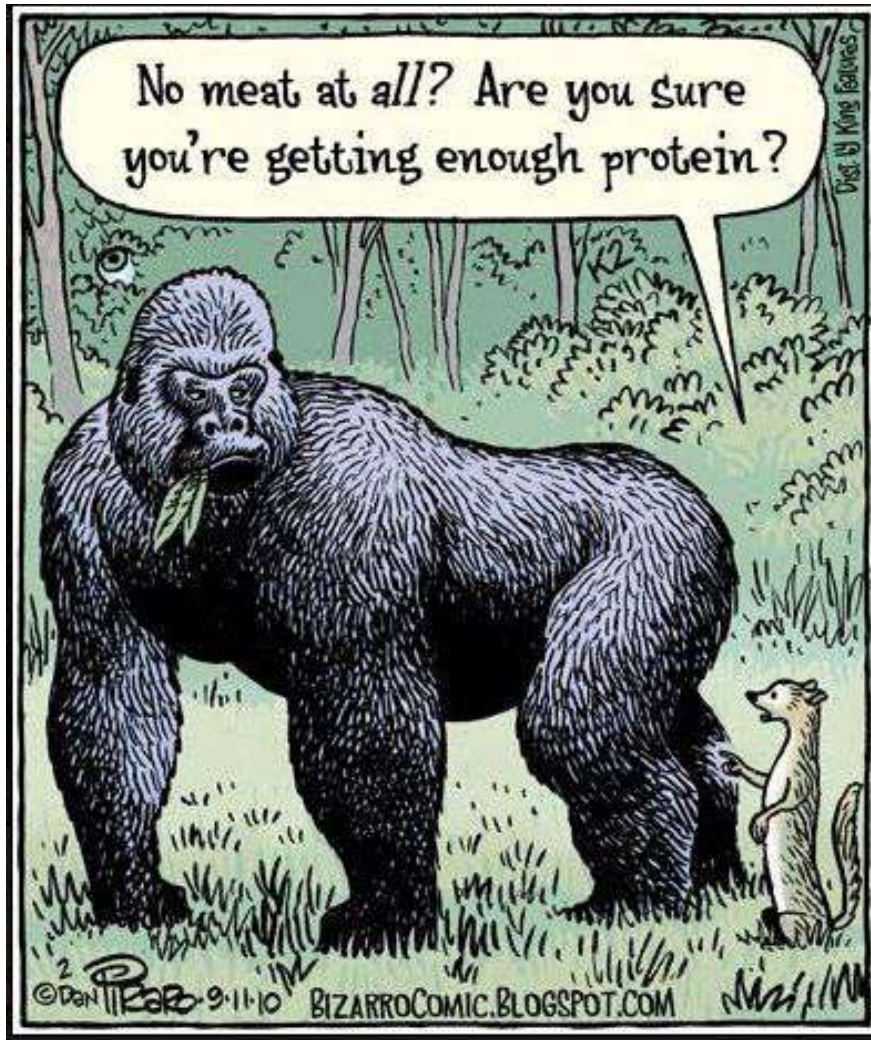
**nízký obsah**  
zelenina, ovoce, okopaniny

**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

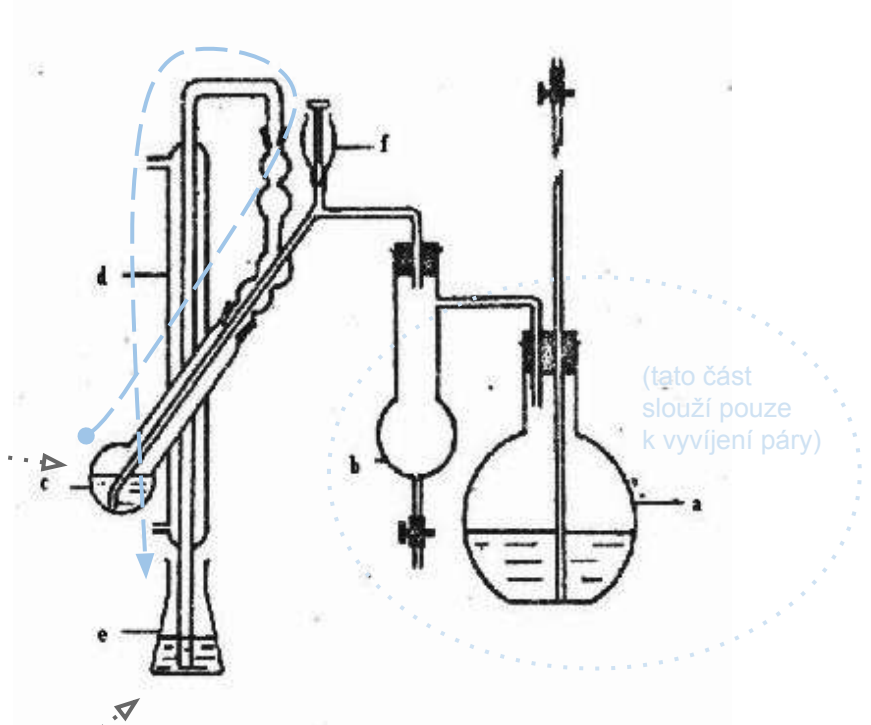
var s kyselinou sírovou a katalyzátorem  
(kat.:  $K_2SO_4$  / Se /  $CuSO_4$ )  
340 - 390 °C po dobu 20-60 minut

### 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  $\text{H}_2\text{O}_2$

### 2. Vybarvení $\text{NH}_4^+$ soli

Nesslerovo činidlo v alkalickém prostředí

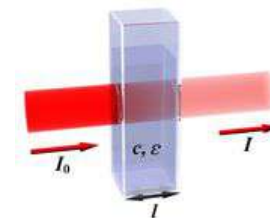


(červenohnědý produkt)

### 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.

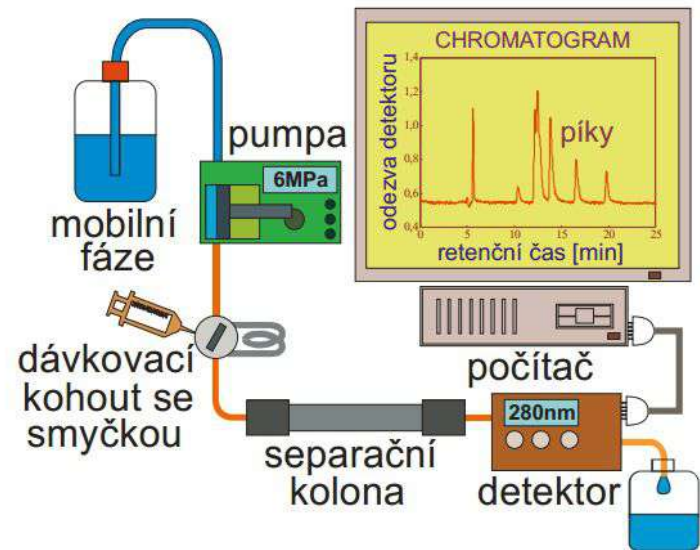
Nejčastější metoda stanovení jednotlivých aminokyselin.

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

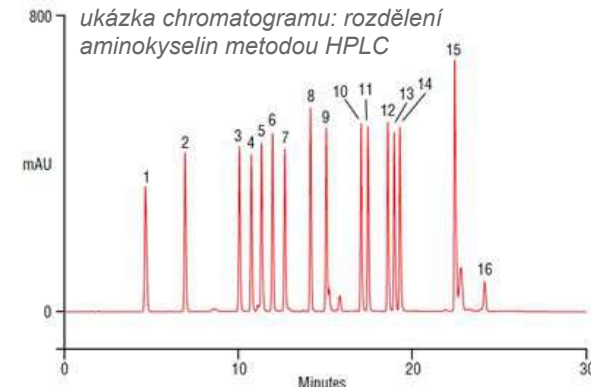
**dávkovací zařízení** injekční zařízení (cca 10 µl)

**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

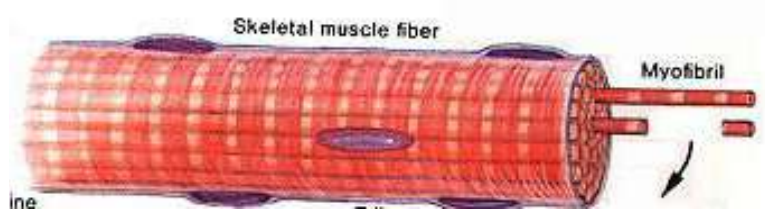
**Table 12.4.** Average composition of meat (%)

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 <sup>a</sup>	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 <sup>a</sup>	74.6	22.0	2.2	1.2
Chicken <sup>b</sup>	Hind leg (thigh + drum stick)	73.3	20.0	5.5	1.2
	Breast	74.4	23.3	1.2	1.1

<sup>a</sup> With adhering adipose tissue.

<sup>b</sup> Without skin.

## maso a masné výrobky



svalové vlákno – základní strukturní jednotka kosterního svalstva

### svalové proteiny

( $\pm 20$  % hm. svalů)

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

### svalové proteiny

Protein	Podíl v %
<b>myofibrilární proteiny</b>	<b>60,5</b>
myosin	29
aktin	13
konnektin	3,7
tropomyosin	3,2
troponin (C, I, T)	3,2
aktinin ( $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -)	2,6
myomesin, desmin aj.	5,8
<b>sarkoplasmatické proteiny</b>	<b>29,0</b>
enzymy	24,5
myoglobin	1,1
hemoglobin aj. extracelulární proteiny	3,3
<b>strukturní proteiny, proteiny organel</b>	<b>10,5</b>
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)

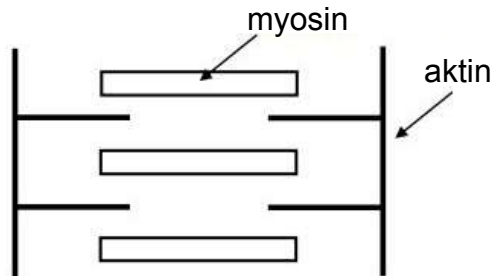
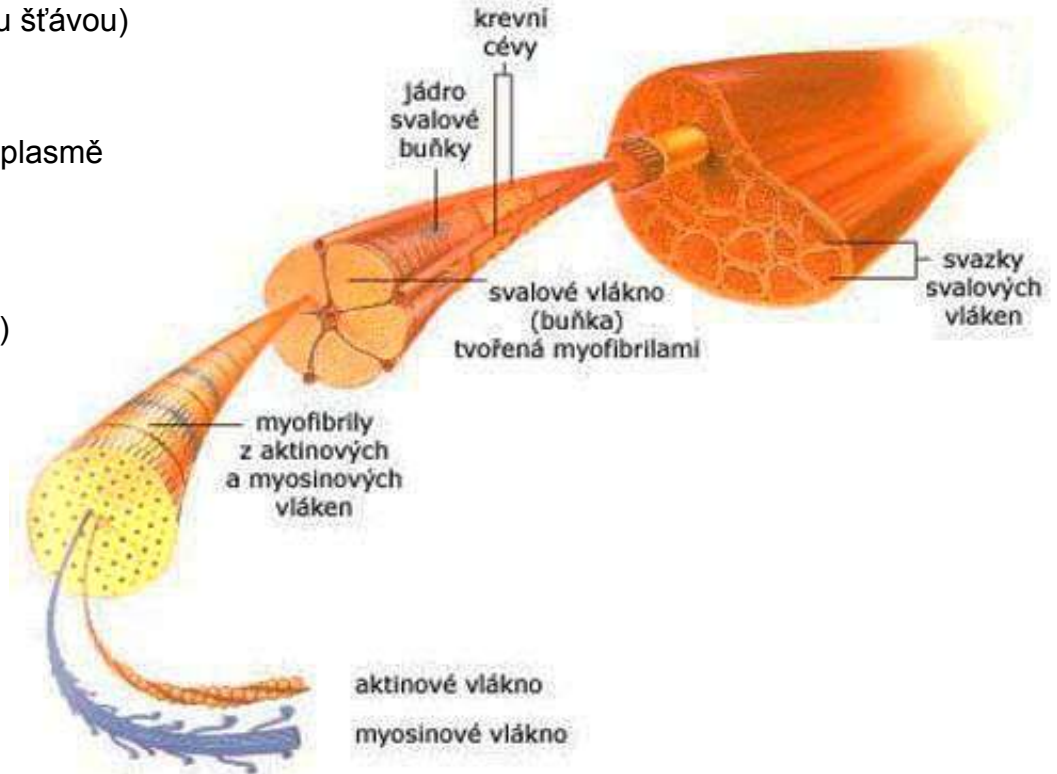
**aktin** (43,5 kDa, globulární polymer jednořetězový)

spolu asociují → aktomyosin (za účasti  $\text{Ca}^{2+}$ )  
disociace stojí ATP

### sarkoplasmatické proteiny

1 % myoglobin v sušině (transport  $\text{O}_2$ , 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 <sup>a)</sup>	44,5	43,8	46,8	42,9	47,2	41,9	45,0
Celkem AA <sup>b)</sup>	97,0	96,8	98,5	97,4	95,7	91,0	97,5
EAAI (%) <sup>c)</sup>	80	81	78	81	69	79	80
AAS (%) <sup>d)</sup>	69	69	71	67	63	64	70
Limitující AA	Val	Ser	Ser	Ser	Trp	Trp	Trp

<sup>a)</sup> EAA = esenciální aminokyseliny. <sup>b)</sup> AA = aminokyseliny. <sup>c)</sup> EAAI = index esenciálních aminokyselin.

<sup>d)</sup> 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  $\alpha$ -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**

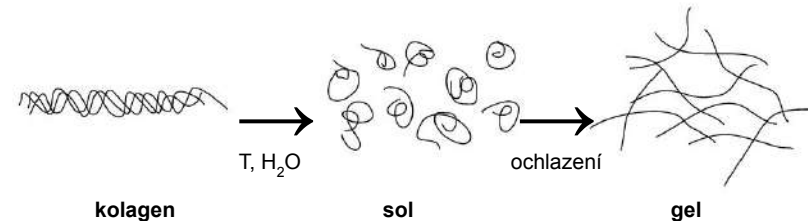
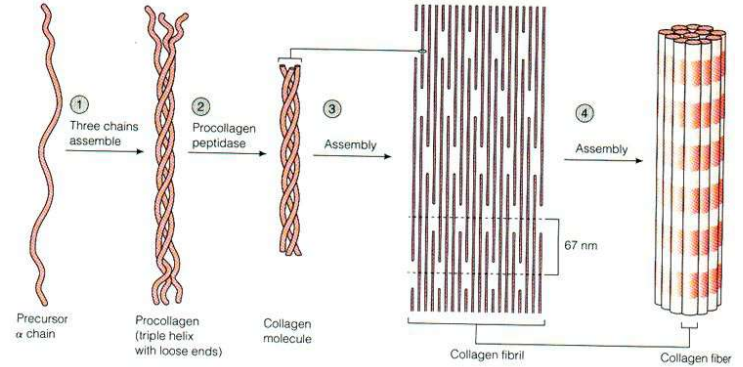
(smršťování u ryb ~ 45°C, savců ~ 60°C)

**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, umožňuje výrobu nízkenergetických p.,

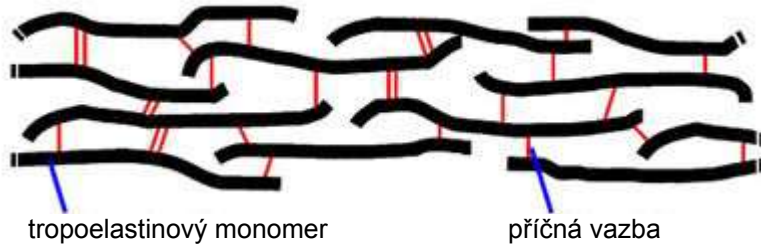


nad 90 °C porušení struktury molekuly, uvolnění jednotlivých tropokolagenů a vzniká sol rozpustné želatiny → náhodné vazby → gel

## 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)

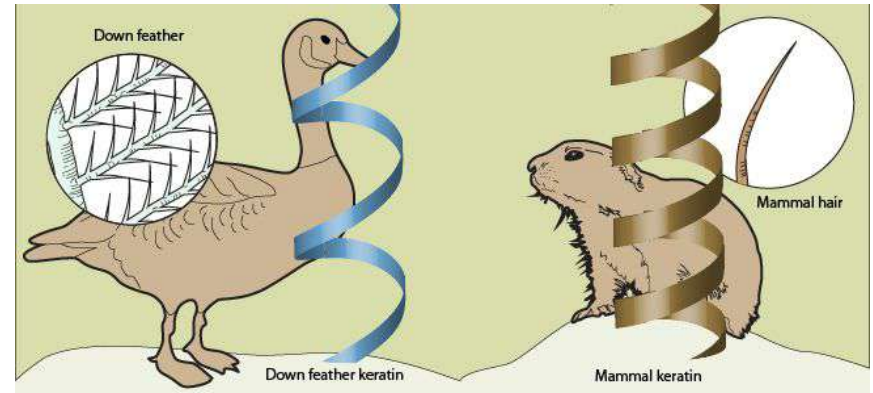


### keratiny

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

struktura:  $\alpha$  keratiny:  $\alpha$ -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

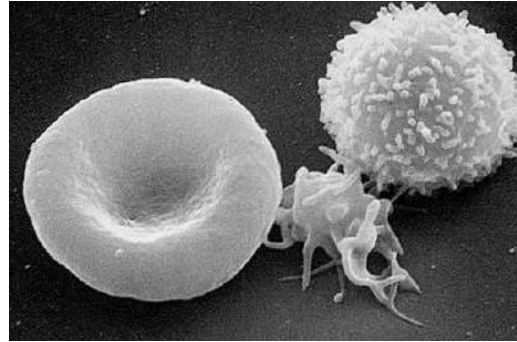
surová krev: jelita aj.

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	Bílkovinné přísady	Funkční vlastnosti
Pekařské výrobky	Plazma	Tvorba pěny, želatinizace a rozpustnost
Moučníky a těsta	Fibrinogen a plazma	Emulgační schopnost
Sušenky	Odbarvený globin	Rozpustnost
Masné výrobky	Globuliny	Emulgační schopnost, rozpustnost a želatinizace
Jogurty	Plazma a albumin	Rozpustnost a želatinizace
Vaječné deriváty	Plazma	Tvorba pěny

# aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

## změny při skladování a zpracování masa

### postmortální změny

- pouze anaerobní glykolýza (→ kys. mléčná)  
⇒ snižování pH, inhibice enzymů
- $\text{Ca}^{2+}$  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)

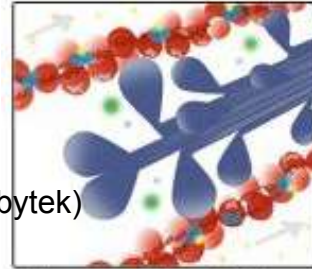
### vaznost masa (schopnost vázat vodu)

- po zabití velká
- během RM malá (bílkoviny blíž pl)
- obecně lze zvýšit aditivity
- 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)

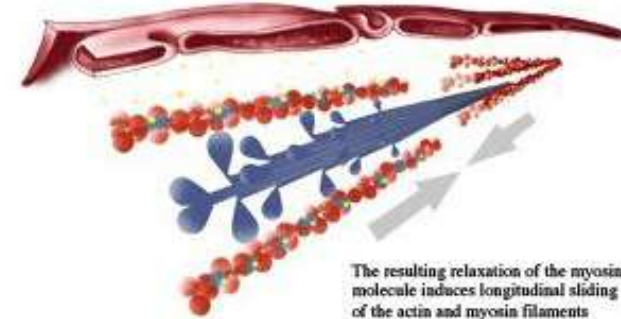
### zrání masa

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

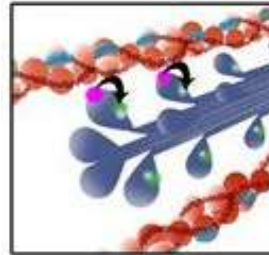
### Muscle contraction after death



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  $\text{Ca}^{2+}$  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**

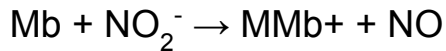




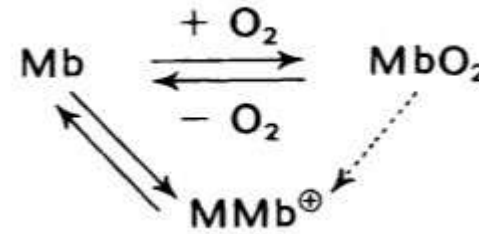
**Barva masa** je dána poměrem:

- **myoglobin (Mb)**
- **oxymyoglobin (MbO<sub>2</sub>)**  
třešňově červený, v prostředí kyslíku
- **metmyoglobin (MMb<sup>+</sup>)**  
vzniká pomalou oxidací za nižšího  
přístupu kyslíku

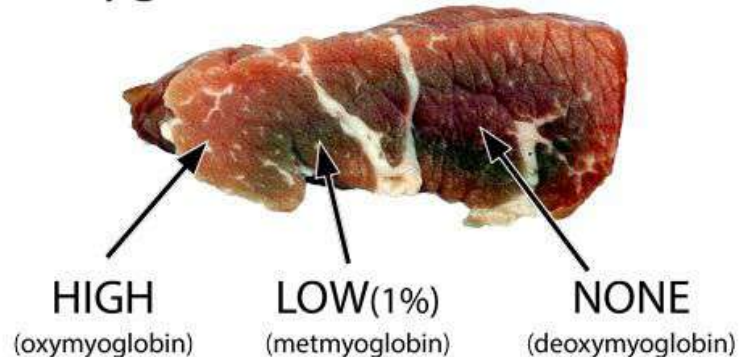
konzervace přidavkem dusitanů/dusičnanů



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 → $H_2S$ , $NH_3$ ⇒ 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

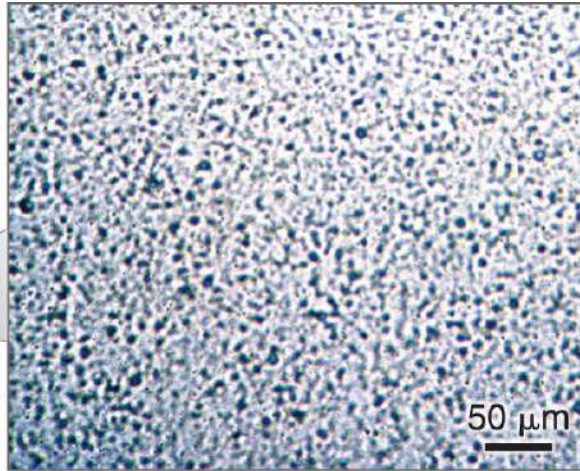
## mléko a mléčné výrobky

### 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

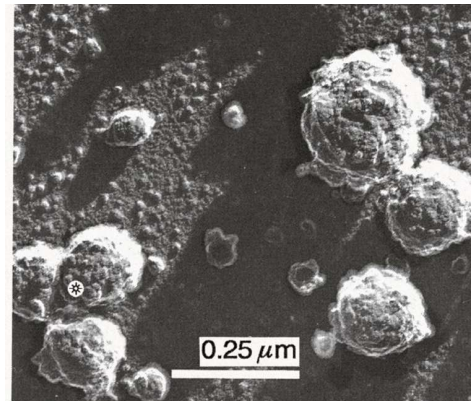
voda: 87 až 91 %

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

dairyprocessinghandbook.com

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny mléko a mléčné výrobky

199 AMK,  
8 fosfoferinů,  
s  $\text{Ca}^{2+}$  nerozp. sůl

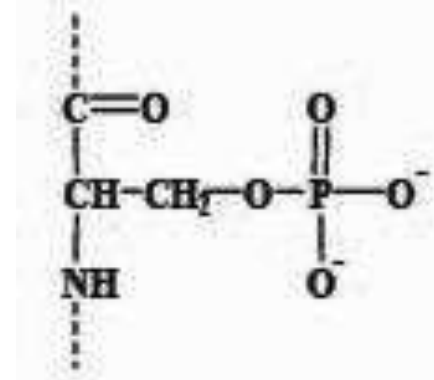
209 AMK, 5 fosfoferinů,  
s  $\text{Ca}^{2+}$  omezeně rozp.sůl

produkty  
degradace

vázány sacharidy, s  
 $\text{Ca}^{2+}$  tvoří **rozpuštěné**  
soli stabilizující  $\alpha$ - a  
 $\beta$ -kaseiny

Proteiny	Podíl v %	Obsah v $\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$
<b>kaseiny celkem</b>	80	25,6
$\alpha_S$ -kasein	42	13,4
$\beta$ -kasein	25	8,0
$\gamma$ -kasein	4	1,3
$\kappa$ -kasein	9	2,9
<b>proteiny syrovátky celkem</b>	20	6,4
$\alpha$ -laktalbumin	4	1,3
sérový albumin	1	0,3
$\beta$ -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

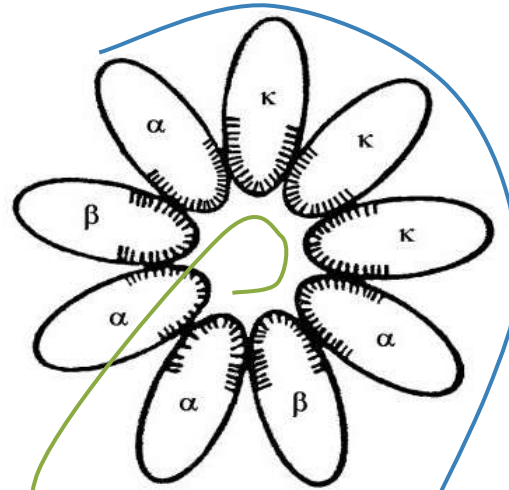
molekuly kaseinu → submicely → micely

nepolární části do centra (hydrofobní interakce)

polární části (fosfoserin)  $\alpha$ - a  $\beta$ -kaseinů interagují s  $\text{Ca}^{2+}$ , oligosacharidy  $\kappa$ -kaseinu s vodou

micely vznikají sesřtřováním submicel  
~ 20 000 molekul kaseinů

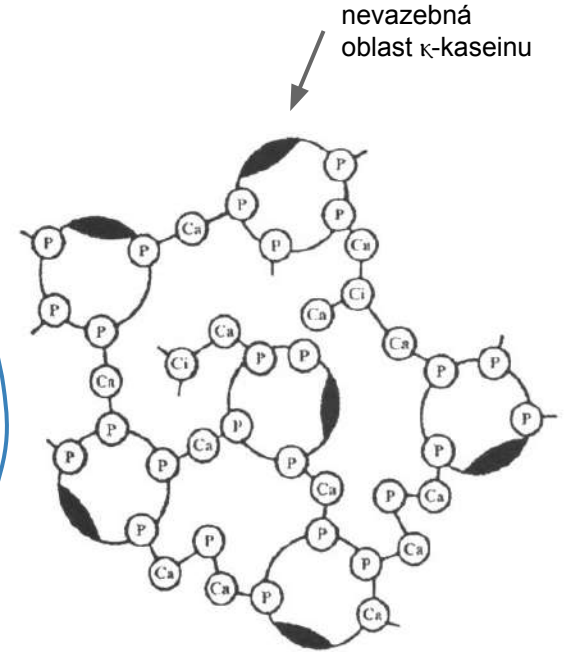
- 93 % kaseiny
- 3 %  $\text{Ca}^{2+}$  ionty
- 3 % fosfáty
- 2 % fosfoserin
- 0,4 % citrát
- <0,5 % další ionty



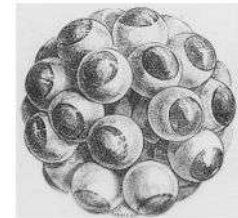
příčný řez submicelou

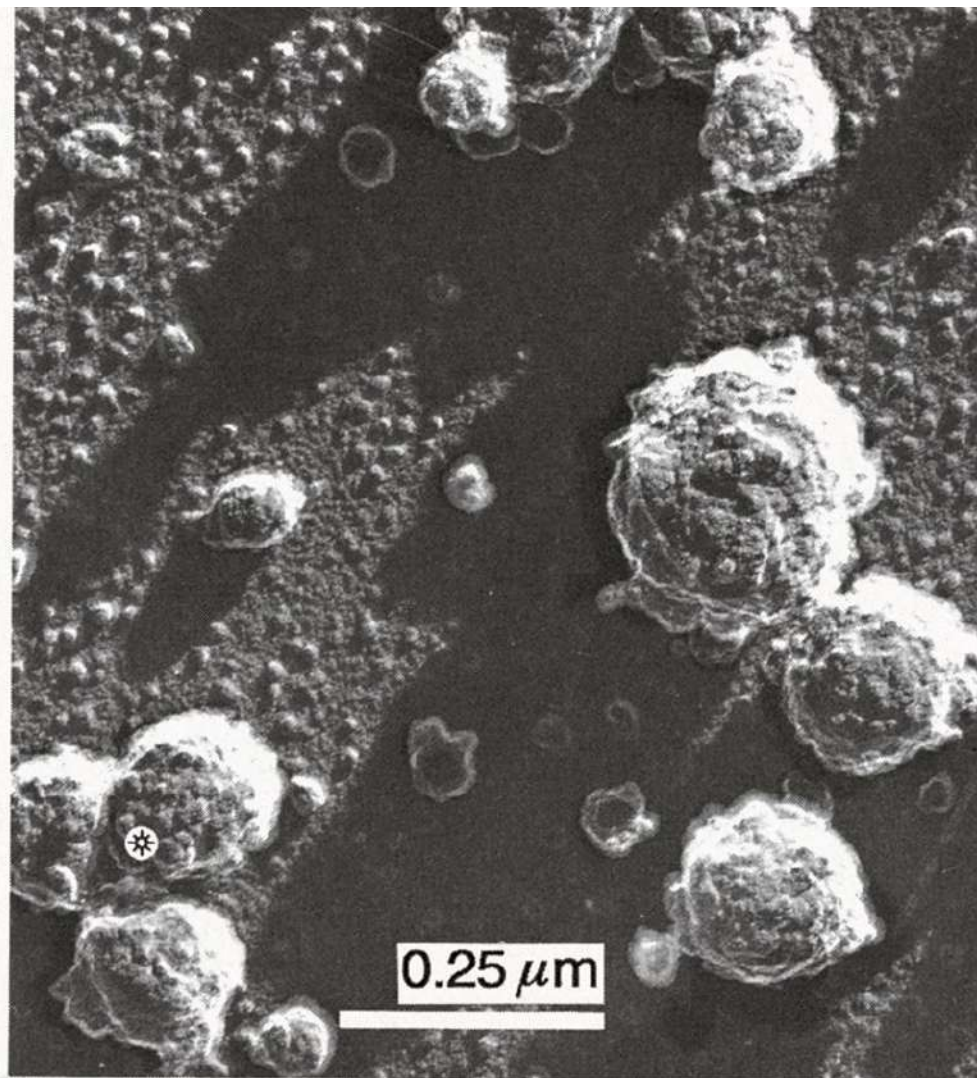
hydrofobní části jednotlivých molekul jsou orientovány dovnitř submicely

polární části (fosfoserinové zbytky  $\alpha$  a  $\beta$  kaseinů, oligosacharidy  $\kappa$  kaseinu) interagují s vápníkem a vodou



vzájemné **spojení submicel do micel** prostřednictvím fosfátu P, iontů  $\text{Ca}^{2+}$  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:

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

**$\alpha$ -laktalbumin** (cca 30 % bílkovin syrovátky)  
optimální složení AMK (plnohodnotné bílkoviny)

#### minoritní:

**sérový albumin** -

**laktoferin** - transport Fe (také antioxidační účinek)

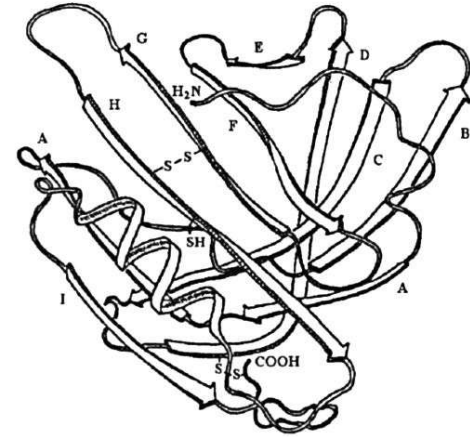
**imunoglobuliny** - vysokomolekulární globulární glykoproteiny:  
biologicky účinné - protilátky, posilující imunitu krátce po porodu

#### 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).



*$\beta$ -laktoglobulin kravského mléka*



*imunoglobulin*

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny mléko: tepelné zpracování

shlukování tukových globulí v syrovém mléce (smetana): fce proteinu **makroglobulin**  
ohřev >100 °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 °C	redukce -S-S- degradace methioninu eliminace sulfanu → <b>vařivá příchut'</b>
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

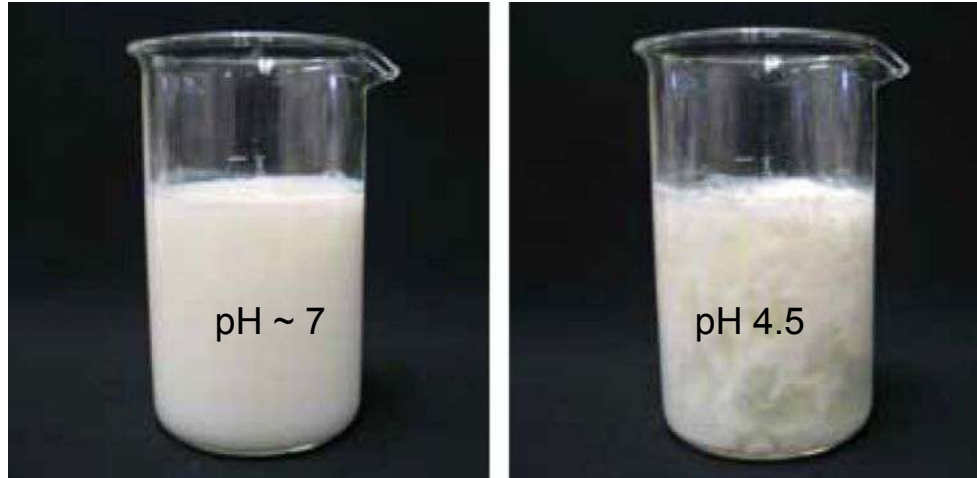
stejný princip má výroba sýrů

jogurty a cottage sýr: částečné srážení kaseinů





aminokyseliny, peptidy a bílkoviny  
mléko: srážení a proteolýza kaseinů



vysrážení mléka kyselinami → sraženina *kyselého* kaseinu  
rozpuštěním v zásadách → **kaseináty** ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ )  
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

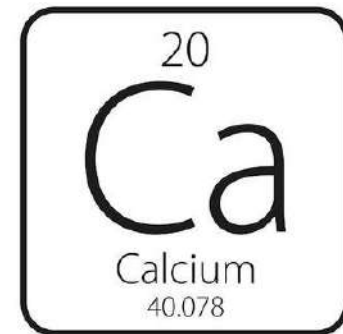
Ca patří mezi prvky s nejvyšším potřebným příjmem  
tvoří cca 1,5 % těl. hmotnosti (kosti, zuby, činnost nervů, srážlivost)

**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](#)

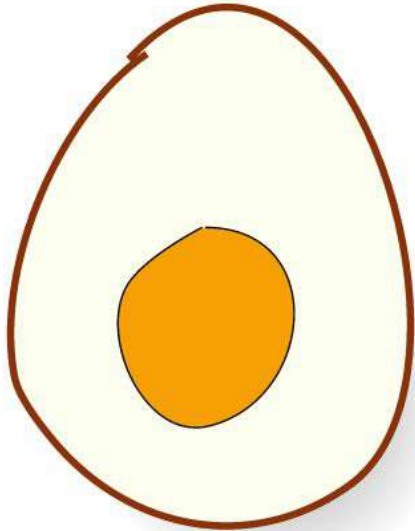
potravina	přibližný obsah Ca (mg/100 g)
mák	1 300
sýr (eidam)	700 (tučnější) – 900 (méně tučný)
sardinky	420
mandle	250
mléko	122
tvaroh	110
špenát	100
chléb	100

### 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



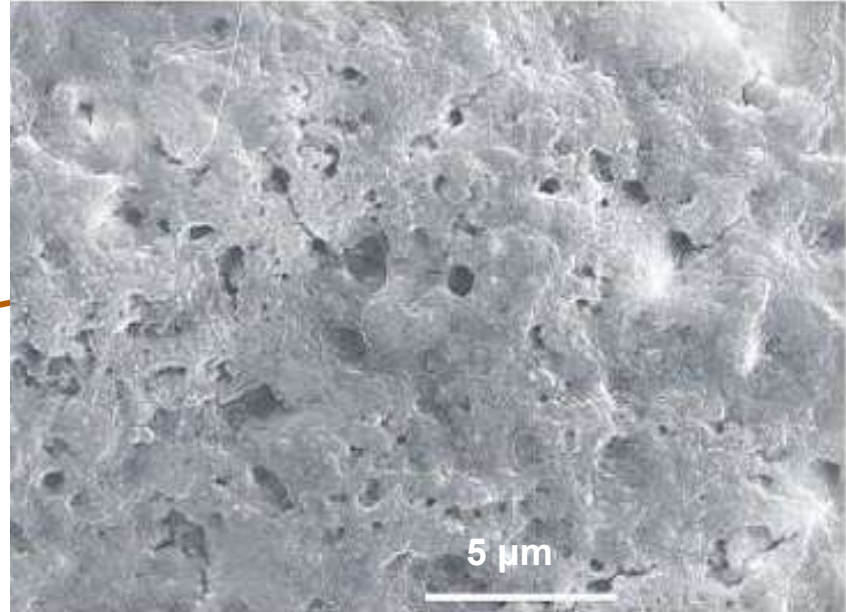
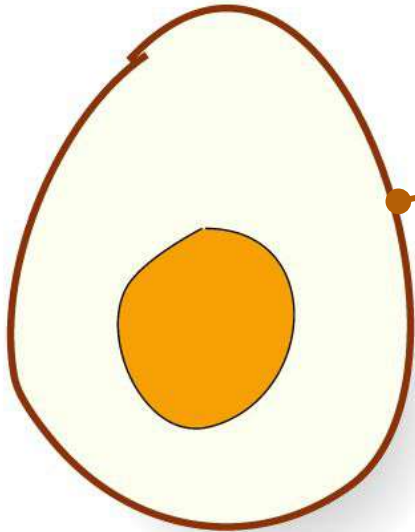
cca 13 % bílkovin - bohatý zdroj  
průměrná hmotnost slepičího vejce ~ 58 g (M)  
53 % proteiny bílku, 47 % žloutku

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

<sup>1)</sup>komplex proteinů s mukopolysacharidy v poměru 50:1

<sup>2)</sup>CaCO<sub>3</sub> s malým množstvím MgCO<sub>3</sub> a fosfátů

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny  
**vejce - skořápka**

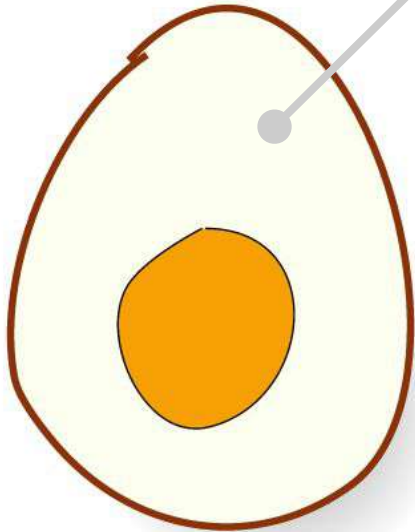


póry na skořápce

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*

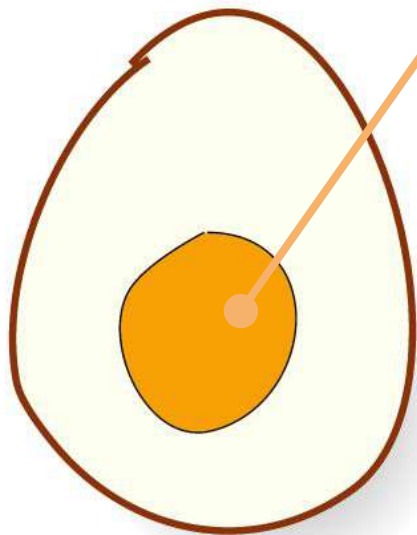
hlavní složka: **ovalbumin A**

44.5 kDa, koagulace 57.5 °C,

obsahuje: cukry, fosfoserin a SH sk.

proteiny	podíl v %
<b>proteiny bílku celkem</b>	<b>100</b>
<b>ovalbumin</b>	<b>54</b>
<b>konalbumin (ovotransferrin)</b>	<b>12</b>
<b>ovomukoid</b>	<b>11</b>
<b>lysozym (globulin G<sub>1</sub>)</b>	<b>3,5</b>
<b>globulin G<sub>2</sub></b>	<b>4</b>
<b>globulin G<sub>3</sub></b>	<b>4</b>
<b>ovomucin</b>	<b>1,5</b>
<b>ovomakroglobulin</b>	<b>0,5</b>
<b>ovoinhibitor</b>	<b>0,1</b>
<b>avidin</b>	<b>0,1</b>





## 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  $\mu\text{m}$ )
- granule (proteiny, HDL i LDL, 1  $\mu\text{m}$ )
- plasma (LDL)

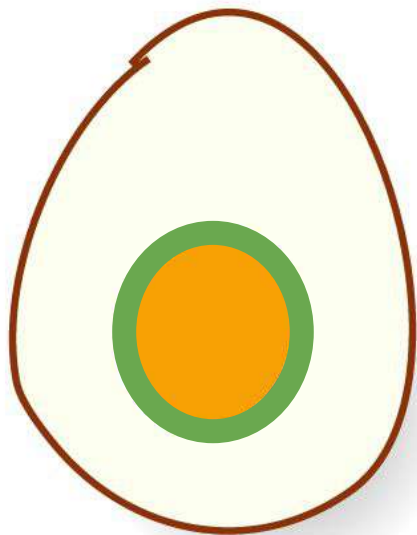
**barva:** lutein + zeaxanthin (karotenoidy) ovlivněná stravou (např i měsíčkem lékařským)



proteiny	podíl v %
<b>proteiny žloutku celkem</b>	<b>100</b>
lipovitellin (HDL <sup>1)</sup> )	36
fosvitin	13
LDL <sup>1)</sup>	1
lipovitellenin (LDL <sup>1)</sup> )	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

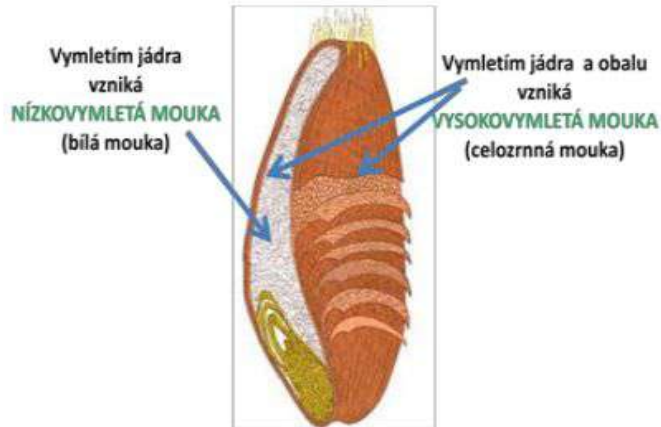
větší množství bílkovin ve vnějších částech (proto celozrnné mouky až o 4 % víc)

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)

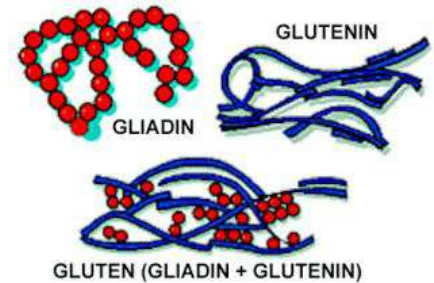
### mouka

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)**

[bezpečkové 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

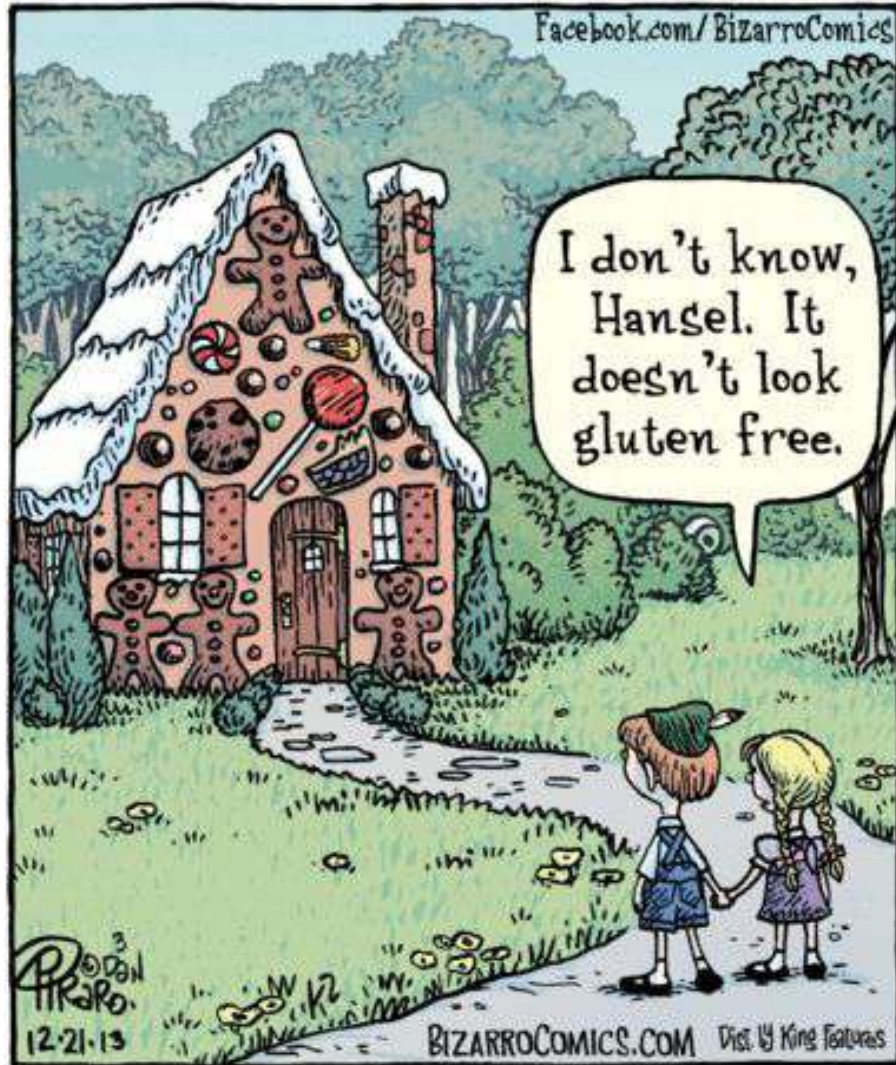
### výroba

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

sójové mléko +  $\text{CaSO}_4$  → **sraženina**

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





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

Praro  
12-21-13