

# Potravinářská chemie

**RNDr. Ondřej Zvěřina**

[zverina@med.muni.cz](mailto:zverina@med.muni.cz)

podzim 2014

## Potravinářská chemie

BVCP0121p + BCP0121c

### Laboratorní cvičení

v průběhu tří týdnů během listopadu, v době přednášky

1. úloha: Volumetrické stanovení kyseliny trihydrogenfosforečné
2. úloha: Gravimetrické stanovení železa

### Doporučená literatura

studijní materiály a slidy z přednášek v ISu

Velíšek, Hajšlová: Chemie potravin. 2009.

Kubáň: Analýza potravin. 2007.

+ pro zájemce další literatura podle ISu

### Ukončení

kolokvium:

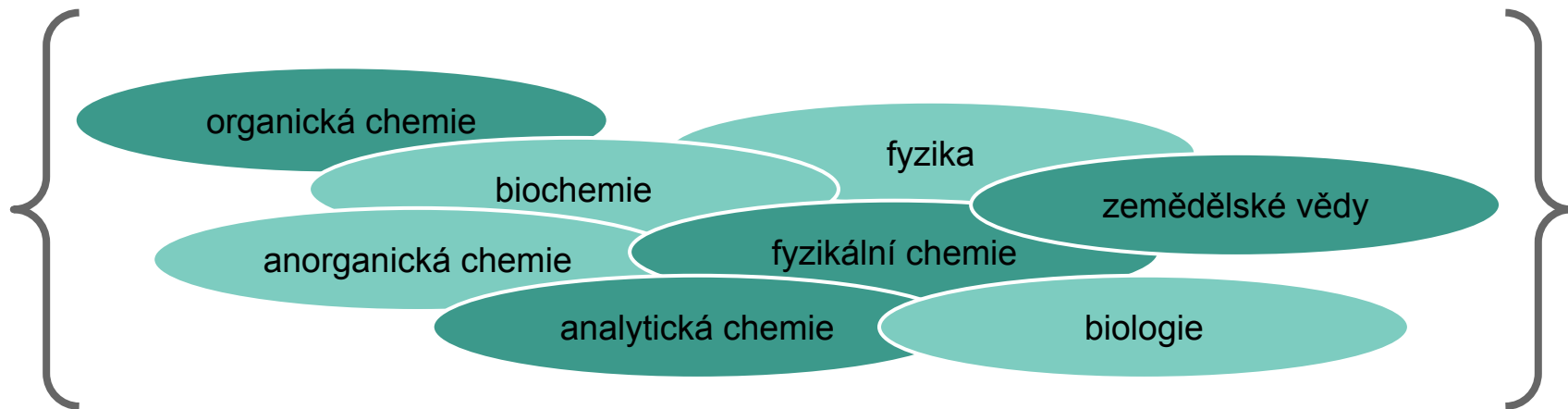
zápočet ze cvičení + test na 60 %

cvičení:

100 % účast + uznané protokoly

## Potravinářská chemie

sdružuje znalosti několika oborů:



statické a dynamické pojetí:

statická část  
(složení potravin)



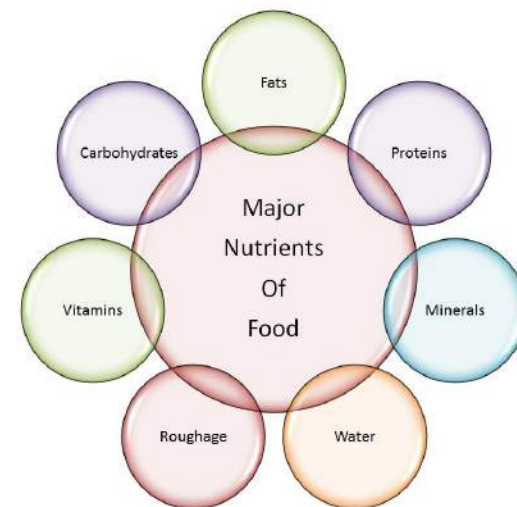
dynamická část  
(chování a změny potravin  
za různých podmínek)

## Potravinářská chemie: terminologie

potrava		veškeré materiály pro výživu organismů
poživatiny		potrava pro lidi
	potraviny	jejich funkcí: dodávání živin a energie ( <b>nutriční hodnota</b> )
	pochutiny	nízká nutriční hodnota, naopak: <b>senzorická hodnota</b>
	lahůdky	pomezí potravin a pochutin
	nápoje	dle výživové hodnoty potraviny nebo pochutiny
pokrm		upravené poživatiny
jídlo		sestava pokrmů podávaných v určitou dobu (snídaně, ...)
strava, dieta		sestava jídel za určitou dob
stravovací režim		množství a rytmus přijímané potravy

## Potravinářská chemie: chemické složení potravin

hlavní živiny	bílkoviny proteiny	bílkoviny, peptidy, aminokyseliny
	tuky lipidy	triacylglyceroly a další
	cukry sacharidy	mono-, oligo-, polysacharidy
přídavné živiny / esenciální výživové faktory	vitaminy	
	minerální látky	



<http://cbse-notes.blogspot.com/2012/04/class-6-science-ch2-components-of-food.html>

## Potravinářská chemie: chemické složení potravin

senzoricky  
aktivní  
látky

ovlivňují **organoleptické vlastnosti**,  
vyvolávají vjemy:

olfaktorické (čichové) - vůně  
gustativní - chuť  
vizuální (zrakové) - barva  
haptické (hmatové) - textura  
auditorské (sluchové)

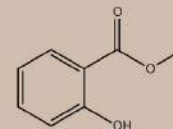
vůně + chuť = *aroma*  
=> látky chuťové + vonné = látky *aromatické*



### WHAT GIVES CLOVES THEIR AROMA?



2-HEPTANONE



METHYL SALICYLATE

The aroma of cloves is partly influenced by eugenol, but minor compounds such as 2-heptanone and methyl salicylate are also significant contributors. Interestingly, 2-heptanone is also a compound secreted by honeybees; they secrete it when biting intruders in their hives, and the anaesthetic effect paralyses the intruding creature and allows it to be removed.

## Potravinářská chemie: chemické složení potravin

### antinutriční látky

látky zhoršující  
využitelnost živin

toxické látky (*toxiny*)

látky vyvolávající  
nesnášenlivost

- antienzymy

- antivitaminy

- látky narušující metabolismus  
minerálních látek

- tanniny (trísloviny)



## Potravinářská chemie: chemické složení potravin

přídavné látky	aditiva (E), esenciální aminokyseliny, vitaminy	zvýšení kvality poživatin, dodání biologických účinků	cizorodé látky
znečišťující látky	primární kontaminanty	z vnějšího prostředí (rezidua, ...)	
	sekundární kontaminanty	vznikající z přirozených složek	

=> *hygienicko-toxikologická jakost*



## Potravinářská chemie: energetická hodnota a energetický příjem

### Energetickou hodnotu ovlivňuje:

- obsahu živin
- trávitelnost
- vstřebatelnost
- využitelnost
- obsah jiných látek
- stravovací režim
- zdravotní a psychický stav

hlavní živiny	spalné teplo*	fyziologická energetická hodnota	doporučený denní příjem**
bílkoviny	23 kJ/g	17 kJ/g	0.8–1 g/kg tělesné hmotnosti denně, tj. 18–20 % en.příjmu denně.
tuky	37 kJ/g	37 kJ/g	1 g/kg tělesné hmotnosti, tj. cca 30 % energetického příjmu
cukry	17 kJ/g	17 kJ/g	asi 55 % denní energetické dávky

\*kalorimetrické stanovení v tzv. kalorimetrické bombě, spíše pro zajímavost

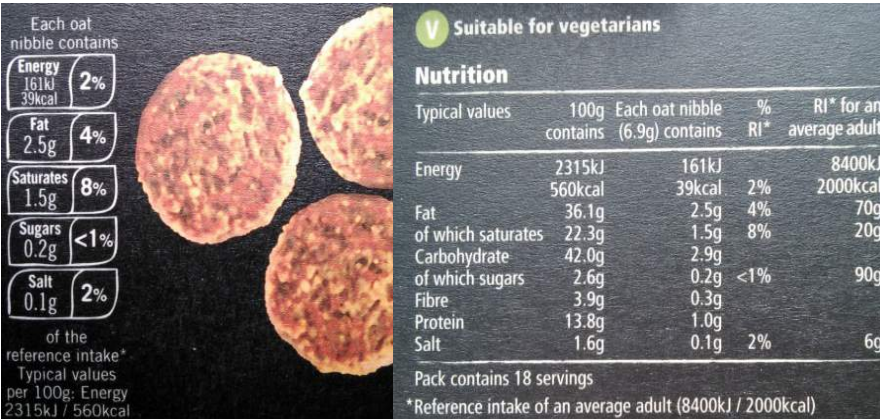
\*\*doporučené výživové dávky podle Státního zdravotního ústavu

\*\*\* 1 J = 0.24 cal

## Potravinářská chemie: energetická hodnota a energetický příjem

živiny	ženy	muži
energie	8400 kJ	10500 kJ
bílkoviny	50 g	60 g
tuky	70 g	80 g
z toho nasycené	20 g	25 g
sacharidy	270 g	340 g
z toho cukry	90 g	110 g

doporučené hodnoty podle FoodDrinkEurope



Each oat nibble contains

Energy	161kJ 39kcal	2%
Fat	2.5g	4%
Saturates	1.5g	8%
Sugars	0.2g	<1%
Salt	0.1g	2%

of the reference intake\*  
Typical values per 100g: Energy 2315kJ / 560kcal

**V Suitable for vegetarians**

**Nutrition**

Typical values	100g contains	Each oat nibble (6.9g) contains	% RI*	RI* for an average adult
Energy	2315kJ 560kcal	161kJ 39kcal	2%	8400kJ 2000kcal
Fat	36.1g	2.5g	4%	70g
of which saturates	22.3g	1.5g	8%	20g
Carbohydrate	42.0g	2.9g		
of which sugars	2.6g	0.2g	<1%	90g
Fibre	3.9g	0.3g		
Protein	13.8g	1.0g		
Salt	1.6g	0.1g	2%	6g

Pack contains 18 servings  
\*Reference intake of an average adult (8400kJ / 2000kcal)

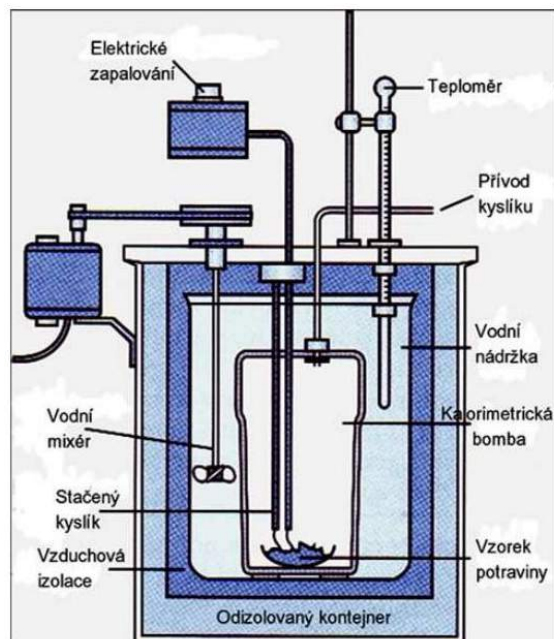
etiketa vynikajících skotských Oat Nibbles

**Vegetariánská strava má obvykle nízkou energetickou densitu, strava, v níž se nešetří surovinami bohatými na tuky má vysokou. Doporučovaná zdravá strava by měla mít kolem 525 kJ/100 g, strava průměrného Afričana je pouhých 450 kJ/100 g, typické menu ve fast food restauracích má kolem 1100 kJ/100 g.**

## Potravinářská chemie:

energetická hodnota a energetický příjem - měření v bombovém kalorimetru

- vzorek potravin je přichycen k zápalným drátům a umístěn do kalorimetrické bomby v atmosféře  $O_2$
- potravin je výbušně zapálena
- teploměr zaznamenává změnu teploty



Kalorimetr Parr 1341

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### aminokyseliny

základní stavební jednotky

### peptidy

2–100 AMK spojených peptidovou vazbou  
biologické účinky

### bílkoviny

biopolymery; >100 AMK  
mohou obsahovat i další sloučeniny  
základní složka buněk (potravin), hlavní živina  
rostliny syntetizují, živočichové přijímají

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### Aminokyseliny podle výskytu:

- AMK ve všech organismech:
  - **v bílkovinách**
  - v peptidech
  - volné
- AMK jen v některých organismech:
  - v peptidech
  - volné

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny



bílkoviny



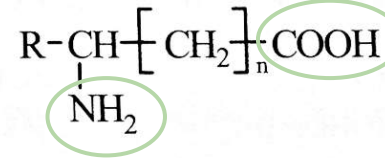
bílkoviny  
peptidy  
aminokyseliny



aminokyseliny

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

- $\alpha$ -aminokyseliny (2-aminokyseliny)
- $\beta$ -aminokyseliny (3-aminokyseliny)
- $\gamma$ -aminokyseliny (4-aminokyseliny)
- $\delta$ -aminokyseliny (5-aminokyseliny)
- $\epsilon$ -aminokyseliny (6-aminokyseliny) atd.



$\alpha$ -aminokyselina (n=0)

$\beta$ -aminokyselina (n=1)

$\gamma$ -aminokyselina (n=2)

$\delta$ -aminokyselina (n=3)

$\epsilon$ -aminokyselina (n=4)

# aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

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

**Chemical Structure**  
single letter code

**NAME A**  
three letter code  
DNA codons

**ALANINE A**  
*Ala*  
GCT, GCC, GCA, GCG

**GLYCINE G**  
*Gly*  
GGT, GGC, GGA, GGG

**ISOLEUCINE I**  
*Ile*  
ATT, ATC, ATA

**LEUCINE L**  
*Leu*  
CTT, CTC, CTA, CTG, TTA, TTG

**PROLINE P**  
*Pro*  
CCT, CCC, CCA, CCG

**VALINE V**  
*Val*  
GTT, GTC, GTA, GTG

**PHENYLALANINE F**  
*Phe*  
TTT, TTC

**TRYPTOPHAN W**  
*Trp*  
TGG

**TYROSINE Y**  
*Tyr*  
TAT, TAC

**ASPARTIC ACID D**  
*Asp*  
GAT, GAC

**GLUTAMIC ACID E**  
*Glu*  
GAA, GAG

**ARGININE R**  
*Arg*  
CGT, CGC, CGA, CCG, AGA, AGG

**HISTIDINE H**  
*His*  
CAT, CAC

**LYSINE K**  
*Lys*  
AAA, AAG

**SERINE S**  
*Ser*  
TCT, TCC, TCA, TCG, AGT, AGC

**THREONINE T**  
*Thr*  
ACT, ACC, ACA, ACG

**CYSTEINE C**  
*Cys*  
TGT, TGC

**METHIONINE M**  
*Met*  
ATG

**ASPARAGINE N**  
*Asn*  
AAT, AAC

**GLUTAMINE Q**  
*Gln*  
CAA, CAG



## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

esenciální, neesenciální a poloesenciální AMK

kategorie	aminokyselina
esenciální AMK	<b>valin, leucin, isoleucin, fenylalanin, tryptofan, lysin, methionin a threonin, (histidin)</b>
poloesenciální AMK	<b>arginin, histidin</b>
neesenciální AMK	ostatní

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### tvorba neesenciálních aminokyselin

prekurzor	neesenciální kyselina
2-oxoglutarová kyselina + $\text{NH}_4^+$	<b>Glu</b>
Glu	<b>Gln, Pro, Ornitin, Citrullin, Arg</b>
oxaloctová kyselina	<b>Asp</b>
Asp	<b>Asn</b>
pyrohroznová kyselina	<b>Ala</b>
3-fosfoglycerová kyselina	<b>Ser</b>
Ser	<b>Gly, Cys, selenocystein</b>
ribosa-5-fosfát	<b>His</b>

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### esenciální aminokyseliny

#### Limitní aminokyselina

je ta, které je v dané komoditě přítomno relativně nejméně (vztaženě na denní potřebu)

- určuje výživovou hodnotu bílkoviny
- nemůže to být neesenciální amk
- možno obohacovat

evoluční motivace esenciality určitých amk:  
příliš náročný aparát na vlastní tvorbu

surovina	limitní aminokyselina
pšenice	lysin
rýže	lysin
kukuřice	lysin a tryptofan
luštěniny	methionin/cystein
hovězí maso	fenylalanin/tyrosin
kravské mléko	methionin/cystein

## 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 cerealií	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

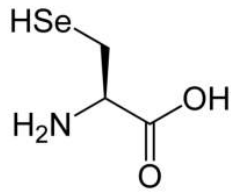
živočišné bílkoviny (mimo histony a kolageny)	1 – 2 %
bílkoviny cerealií	< 1 %

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### 2 další proteinogenní aminokyseliny

#### selenocystein

Se-Cys

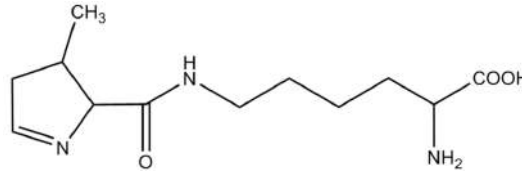


21. proteinogenní aminokyselina  
v bílkovinách s anitoxidační aktivitou  
aktivní místo enzymů

hlavní forma Se v proteinech

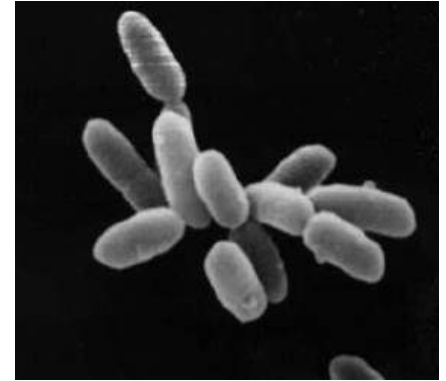
#### pyrolysin

Pyl



22. proteinogenní aminokyselina

enzymy amylázy, galaktosidázy a  
pululanáza

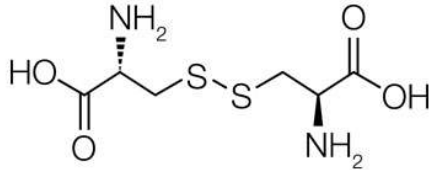


archebakterie Holobacterium (nahore)  
a vrstvy termofilních archeí v  
Yellowstonském parku

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny modifikované a další AMK

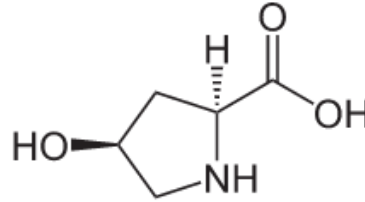
posttranslační modifikace v již syntetizovaném řetězci  
= deriváty základních kódovaných kyselin (nejsou kódovány)

### L-Cystin Cys-Cys



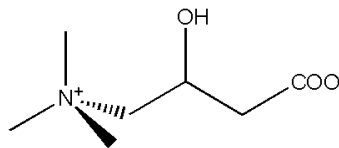
disulfidický můstek  
struktura bílkovin  
-ovomukoid, laktoglobulin,  
keratin

### hydroxyprolin

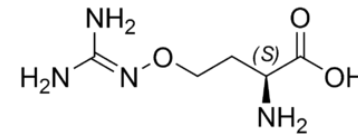


3-hydroxyprolin a 4-hydroxyprolin  
vznikají hydroxylací prolinu  
zabudovaného v peptidovém řetězci.  
Typická složka kolagenu.

další, nebílkovinné aminokyseliny: 700+  
často volné nebo v peptidech



karnitin



kanavanin



vikev ptačí

## 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:

Lys	pro nízký obsah v rostlinných bílkovinách
Met, Cys	luštěniny, masné a mléčné bílkoviny
Thr	pšeničné a žitné bílkoviny
Trp	mléko, kukuřice, rýže

problematická je **nekonvenční strava**: veganská, makrobiotická (děti)

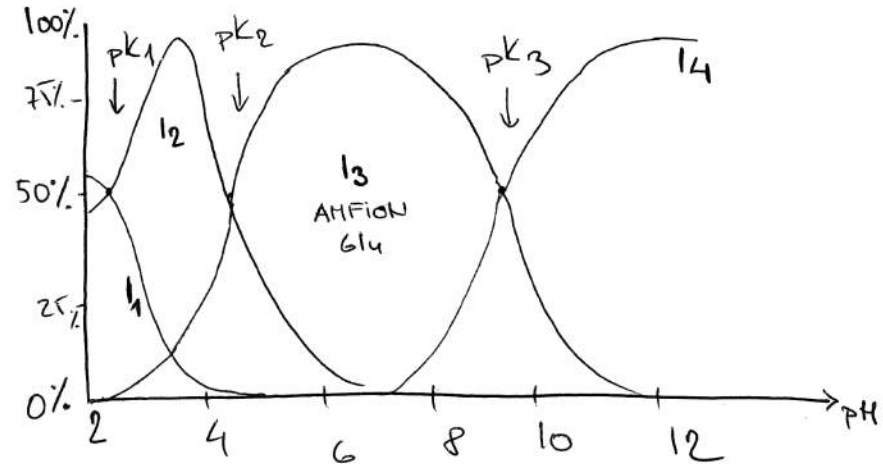
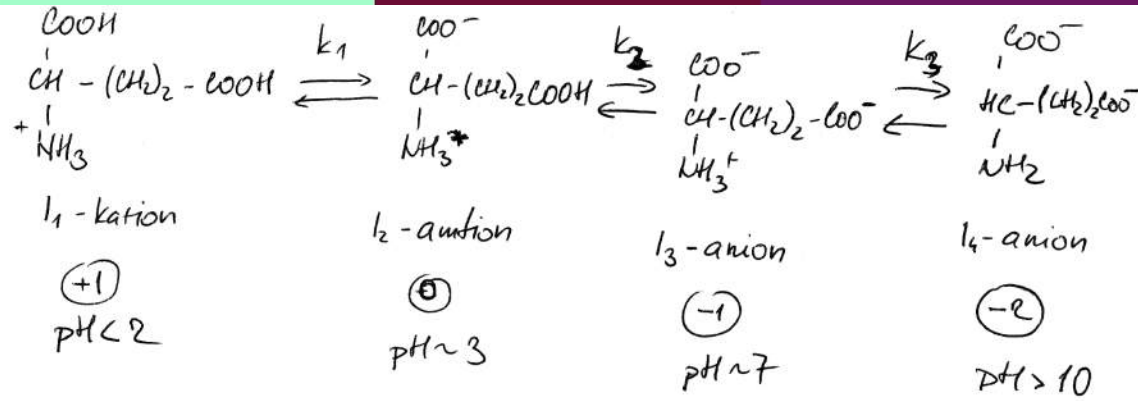
**krmiva užitkových zvířat**: běžně suplementovány (0.05 až 0.2 %)



# aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

Fyzikální vlastnosti aminokyselin

distribuční diagram Glu



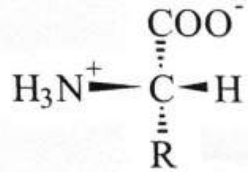
←→  
pH 4,3 - 9,5

Natrium-hydrogen-Glutamat  
žadoucí organoleptické vst.

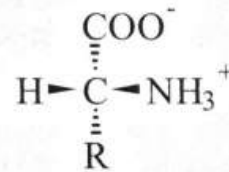
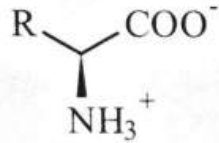
## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### optická aktivita aminokyselin

aminokyseliny (kromě Gly) obsahují **chirální uhlík C<sub>α</sub>** => optické isomery (enantiomery)  
v bílkovinách **výhradně L-konfigurace** resp. (S)-stereoisomery



**2-70**, L-aminokyselina  
(S)-aminokyselina



**2-71**, D-aminokyselina,  
(R)-aminokyselina

**D-konfigurace**, resp. (R)-stereoisomery v přírodě ojedinělé;

v bílkovinách v důsledku stárnutí, některé však dokonce biologické funkce (D-serin: mozek),  
v potravinách mikrobiálního původu (biogenní D-aminokyseliny) - produkty mléčného kvašení  
omezeně v potravinách po tepelné úpravě

D- nebo L- nesouvisí s optickou otáčivostí

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

organoleptické vlastnosti

### sladké

Gly, Ala, Thr,  
Pro, Hyp

### kyselé

Asp, Glu

### hořké

Leu, Ile, Phe,  
Tyr, Trp

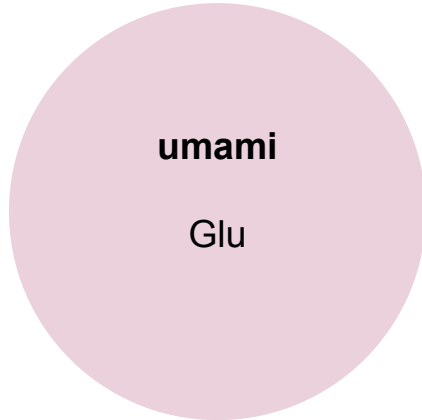
### indiferentní

ostatní

zejména po proteolýze (sýry, maso, ryby)  
kořenících přípravky (sójovka, polévkové koření)

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

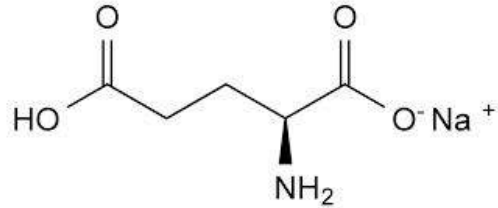
organoleptické vlastnosti - chuť umami



“pátá chuť”

příspěvy bohaté na umami:

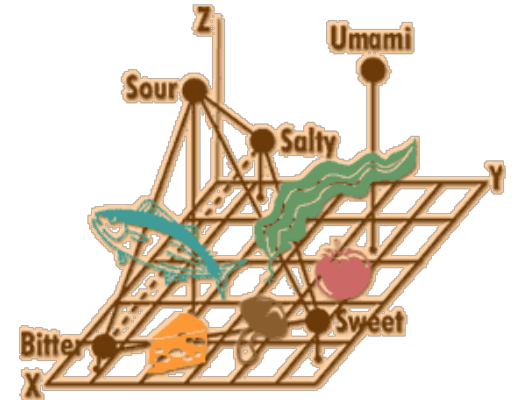
- sójová omáčka,
- parmezán,
- mořské řasy,
- rajčata



glutamát monosodný - nositel chuti



japonské Dashi - vývar z řas a rybích vloček



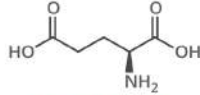
mapa chutí podle “Research institute of Umami taste” [http://www.srut.org/index2\\_e.asp](http://www.srut.org/index2_e.asp)

# UNDESERVED REPUTATION?

## MSG

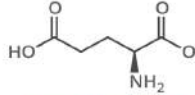
### "CHINESE RESTAURANT SYNDROME"

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.



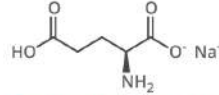
GLUTAMIC ACID

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:



**0.55 GRAMS  
PER DAY**

Amount of MSG  
ingested by the average  
consumer in the USA.

**3 GRAMS  
AT ONCE**

Amount of MSG, without food,  
needed to observe mild symptoms  
in a small number of people.

DAILY, WE INGEST  
**20-40 TIMES MORE**  
NATURALLY OCCURRING GLUTAMATE  
THAN WE DO MSG



#### SCIENTIFIC EVIDENCE

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



#### NEUROTOXICITY?

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



#### FLAWED METHODS?

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



#### ANECDOTAL?

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



#### INJECTION VS. ORAL

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

DECADES OF RESEARCH HAVE CONCLUDED:

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



© COMPOUND INTEREST, 2014 - WWW.COMPOUNDCHEM.COM. VIEW THE ACS REACTIONS VIDEO ON MSG HERE: [bit.ly/MSGreactions](http://bit.ly/MSGreactions)  
SHARED UNDER A CREATIVE COMMONS ATTRIBUTION-NONCOMMERCIAL-NO DERIVATIVES 4.0 INTERNATIONAL LICENSE.  
FOR FURTHER INFORMATION AND REFERENCES FOR THE INFORMATION IN THIS GRAPHIC, GO TO [WWW.COMPOUNDCHEM.COM/2014/08/05/MSG/](http://WWW.COMPOUNDCHEM.COM/2014/08/05/MSG/)

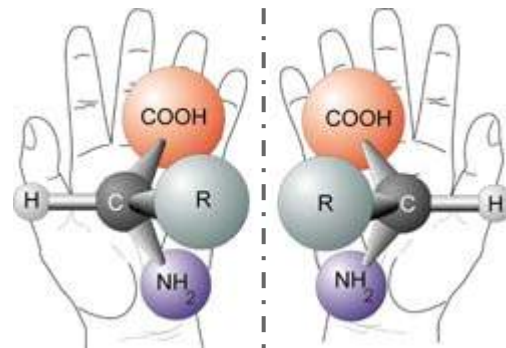


## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### optická aktivita aminokyselin

#### Chiralita

Neztotožnitelnost objektu s jeho zrcadlovým obrazem.  
Příslušné molekuly se označují jako chirální.



(chiros = řecky ruka, dlaň)

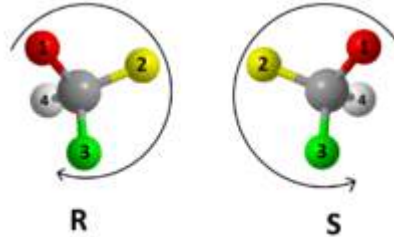
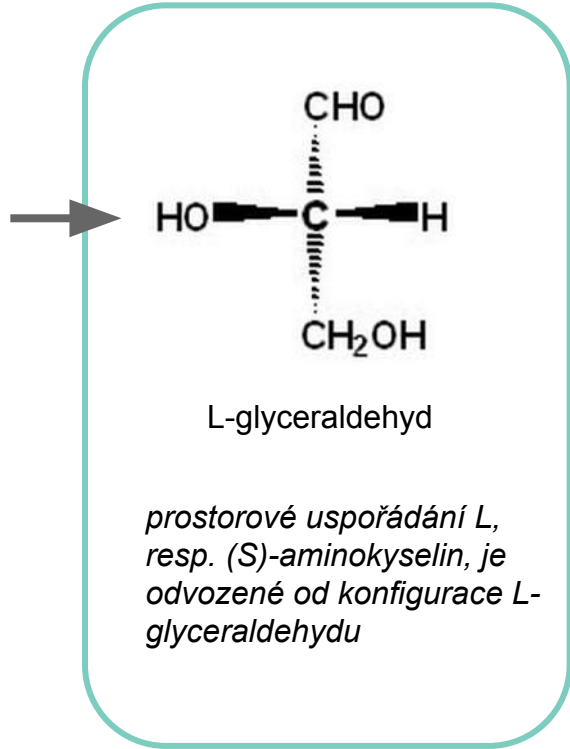
AMK obsahují **chirální uhlík**  $C_\alpha$  (glycin je výjimka)

→ každá 2 **optické isomery** = enantiomery

více chirálních uhlíků: počet isomerů =  $2^n$

# aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

## optická aktivita aminokyselin



### Určení konfigurace

1. seřadit skupiny dle priority
2. dívat se ze strany proti nejnižší prioritě (H)
3. sledovat, v jakém jsou skupiny 1 až 3 pořadí

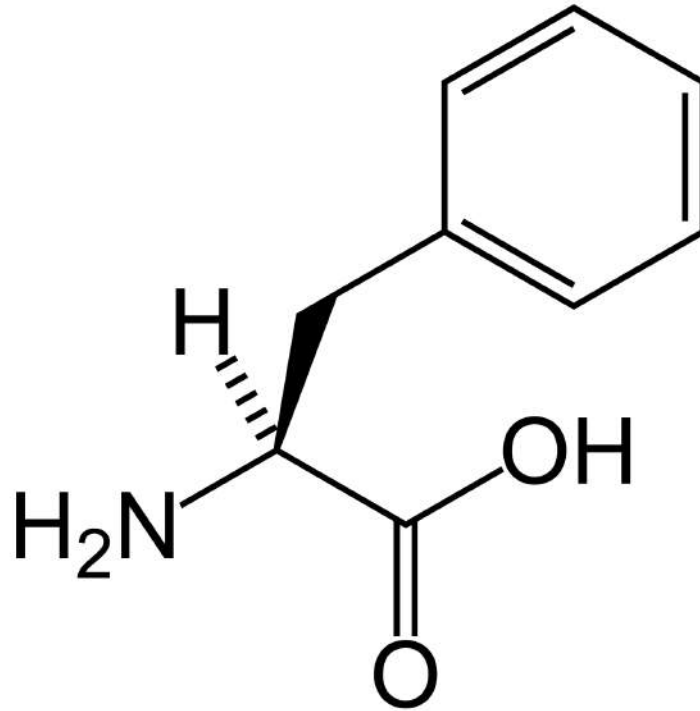


L-aminokyselina, resp. (S)-aminokyselina

v bílkovinách: **L-konfigurace**, (S)-stereoisomery  
(výjimky: L/R cystein a selenocystein)

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny  
optická aktivita aminokyselin

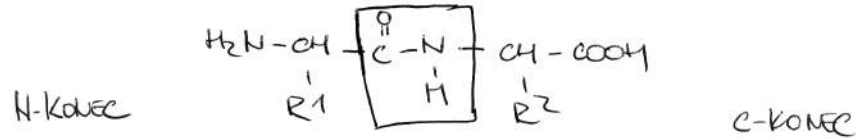
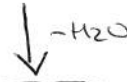
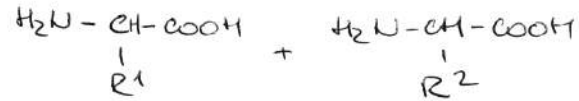
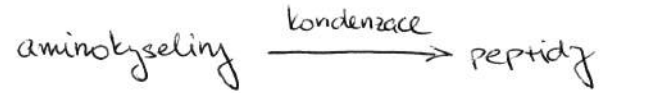
?



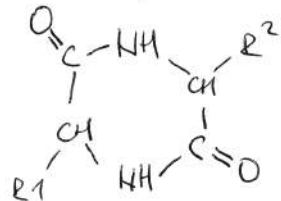
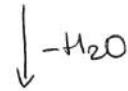


# aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

## peptidy



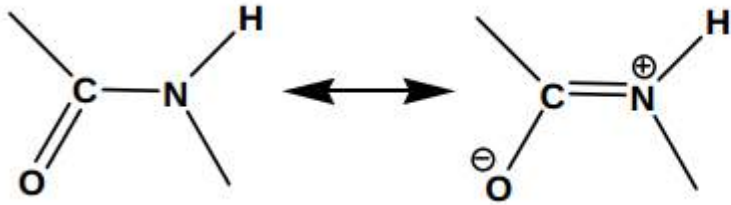
PEPTIDOVÁ VÁZBA  
Lineární Peptid



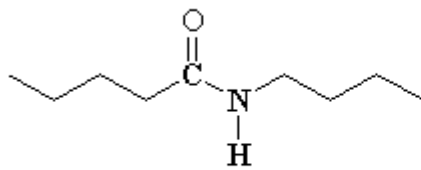
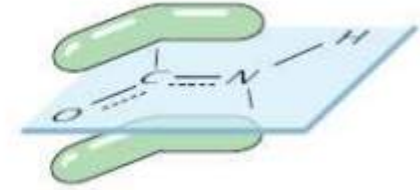
Cyklický dipeptid

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

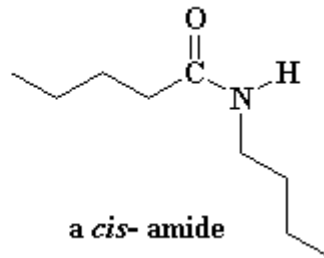
### peptidy - peptidová vazba



Peptidová vazba má částečně dvojný charakter → planární  
=> konformery cis / trans(přírodní)



a *trans*- amide



a *cis*- amide

# aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

## klasifikace peptidů

### počet vázaných AMK

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

### typ řetězce

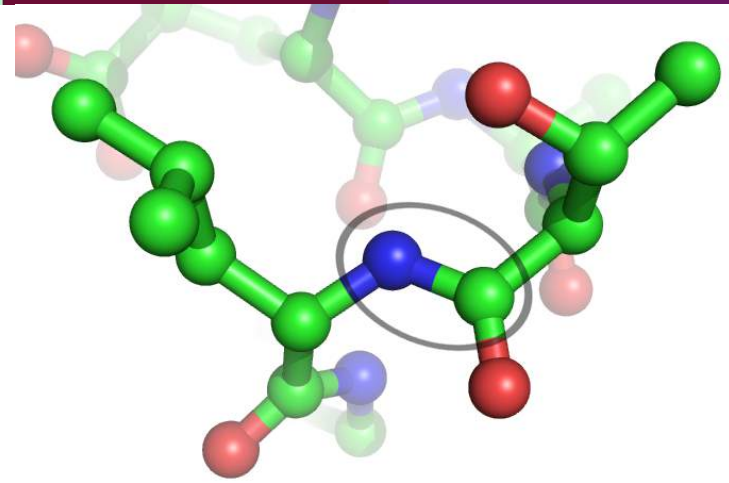
- lineární
- cyklické

### 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)



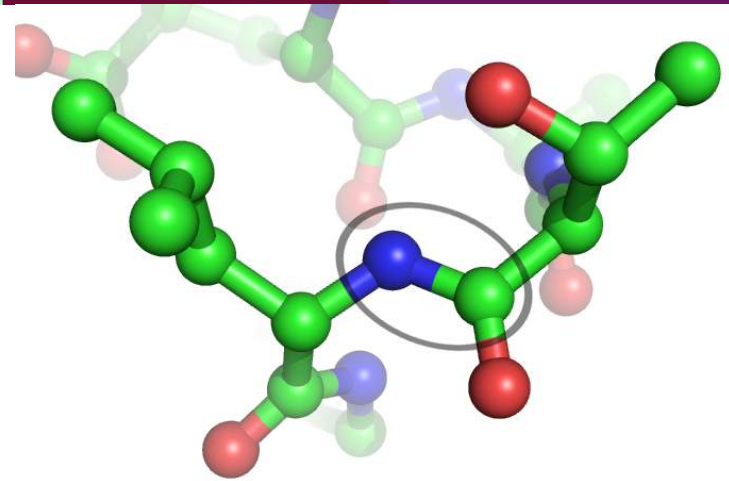
# aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

## netypické peptidové vazby

### vázany distální skupiny

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

poměrně často **D-aminokyseliny**



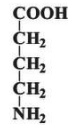
### neobvyklé aminokyseliny



$\beta$ -alanin



$\alpha$ -aminomáselná



$\gamma$ -aminomáselná



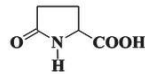
taurin



2-aminoakrylová  
(dehydroalanin)



(E)-2-aminokrotonová  
(dehydrobutyrin)



pyroglutamová

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

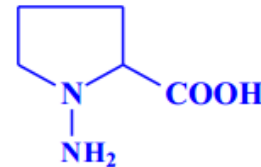
aminokyseliny s D-konfigurací, tedy (R)stereoisomery

**v přírodě ojedinele** (biologicky aktivní **peptidy** rostlin a živočichů)

- volné sloučeniny (linatin v semenech lnu)
- dokonce i v bílkovinách (důsledek stárnutí;  
D-Asp: u osob s aterosklerosou a Alzheimerovou ch.,  
D-Ser: v mozku)
- někdy i biologické fce:  
D-Ser: neurotransmitter  
D-Asp: regulátor hormonů

**v tepelně nezpracovaných** potravinách

- nejčastěji působením MO = **biogenní D-AMK**
  - hydrolýzou peptidoglykanů b. stěn mikroorganismů
  - působením mikrobiálních racemas z L-AMK
- jiného původu = **abiogenní D-AMK**
  - neenzymovou izomerací L-AMK za vyšších teplot při alkalickém pH



*linatin ve lněném  
semínku je  
antivitaminem B6*

## **aminokyseliny, peptidy a bílkoviny**

výskyt peptidů v potravinách

**produkty  
metabolismu**

přírozené  
peptidy

**produkty  
proteolýzy**

enzymová a  
neenzymová  
hydrolýza

**syntetické  
peptidy**

# aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

## výskyt peptidů v potravinách

produkty  
metabolismu

přirozené  
peptidy

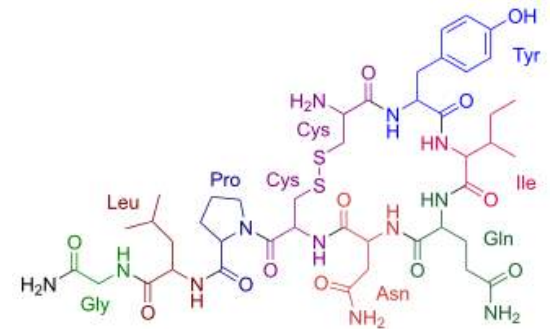
biologické vlastnosti: **v organismech řada fcí;**

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

**antibiotika** (gramicidin, polymyxin, bacitracin, nisin)

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

některé mají výrazné organoleptické vlastnosti



“hormon lásky” oxytocin je nonapeptid

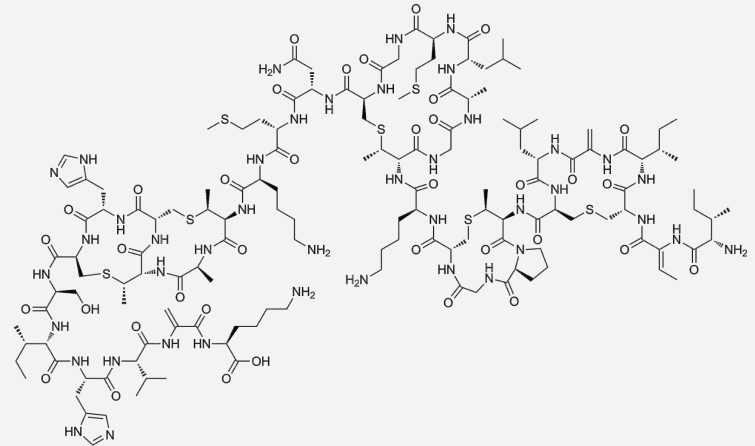
# aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

## výskyt peptidů v potravinách: nisin

### Nisin

antibiotikum bakterie *Lactococcus lactis*  
E234, v mlékárenství  
proti grampozitivním bakteriím

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



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

### **Botulotoxiny** (klobásový jed)

bakterie *Clostridium botulinum*

peptid z 19 AMK

neurotoxin (poškození CNS až smrt)

Nalezeny ve většině potravin

Rizikové potraviny: čerstvé, balené do fólií

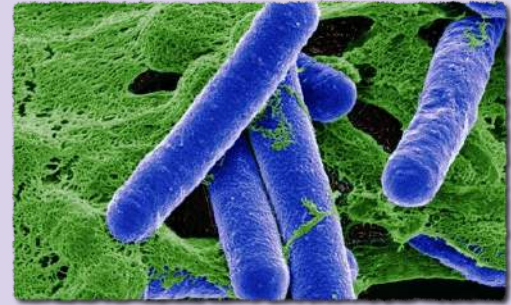
Ošetření: >3 min 120 °C

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: glutathion

#### Glutathion

tripeptid, obsažený v rostlinách i živočiších  
zajímavost:  $\gamma$ -vazba kyseliny glutamové

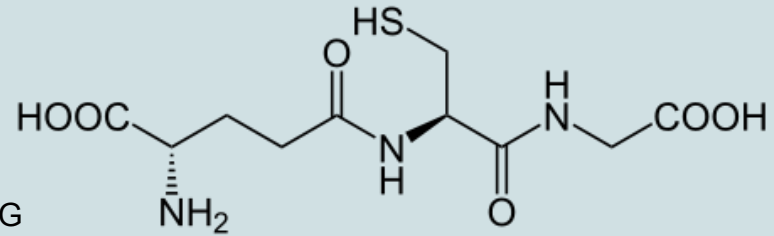
dvě formy: redukovaná G-SH a oxidovaná G-S-S-G  
=> důležitý redoxní systém, **antioxidační** působení  
ochrana buněk před peroxidy aj.,  
kofaktor enzymů (glutathion peroxidáza)

v mase: 300–1500 mg/kg

v mouce: 10–15 mg/kg

využití:

zlepšuje rheologické vlastnosti těsta  
(Chorleywoodský proces výroby chleba)



$\gamma$ -glutamyl-L-cysteinylglycine



princip antioxidačního působení glutathionu

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

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

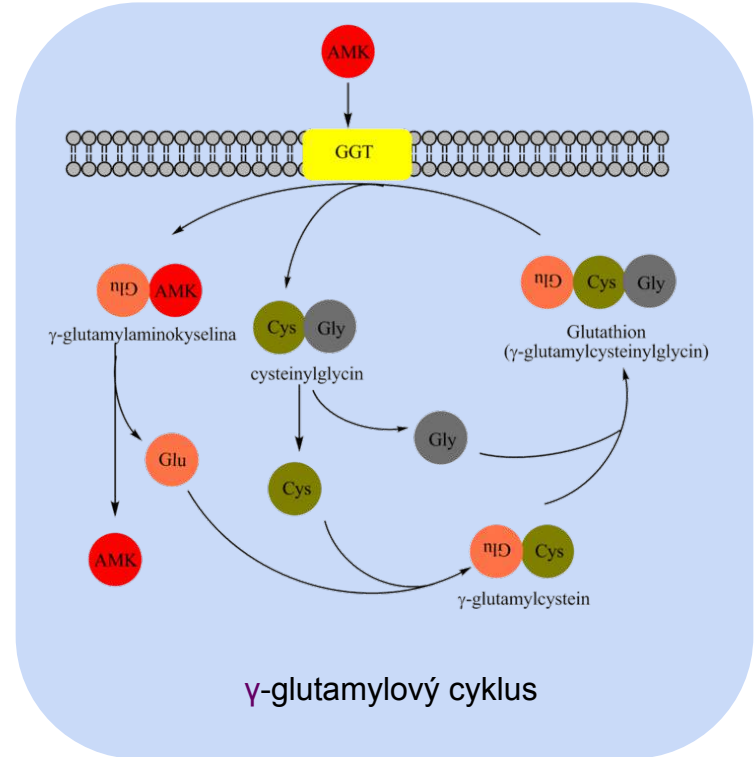
mnoho dalších  $\gamma$ -glutamyl-peptidů (70+)  
v cibulovitých rostlinách (česnek, cibule, pórek) i  
živočišných tkáních

### Funkce

transportují AMK membránami (GGT)

Fytochelatiny

pro česnek a brukev: zásoba N, S a dokonce i Se



# aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

## výskyt peptidů v potravinách: histidinové dipeptidy

### 4 významné dipeptidy masa

karnosin, anserin, balenin, homokarnosin

### biologická funkce

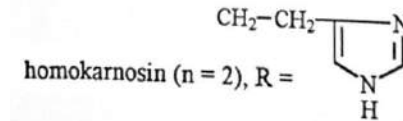
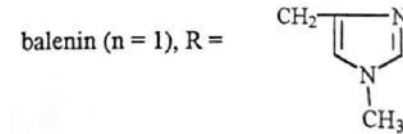
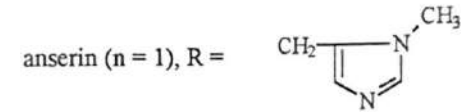
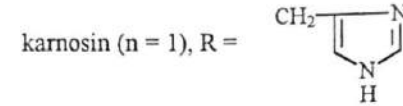
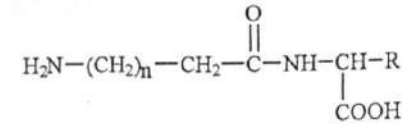
patrně kontrakce kosterního svalstva  
protektce membrán, neurotransmitery

### organoleptické vlastnosti

vykazují chuť umami

### využití

kritérium k určení původu masa v masných výrobcích



Tabulka 2.5 Obsah histidinových dipeptidů v čerstvém masce<sup>2-12)</sup>

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
kozí	520-1030	750-2016	0
koňské	3820-4023	30-48	0
králičí	497	4536	0
kuřecí	100-1117	550-3350	0
krůtí	1600-2400	6150	0



# aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

## produkty proteolýzy

### produkty proteolýzy

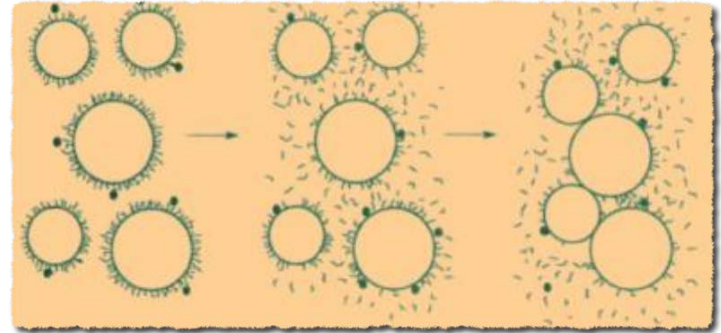
enzymová a neenzymová hydrolyza

#### spontánní proteolýza

- žádoucí  
zrání masa → konzistence, aroma  
výroba autolyzátů kvasinek
- nežádoucí

#### záměrná proteolýza

- výroba sýrů  
→ žádoucí konzistence a aroma
- výroba sladu  
stabilizace pěny piva polypeptidy z bílkovin ječmene a kvasinek
- 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

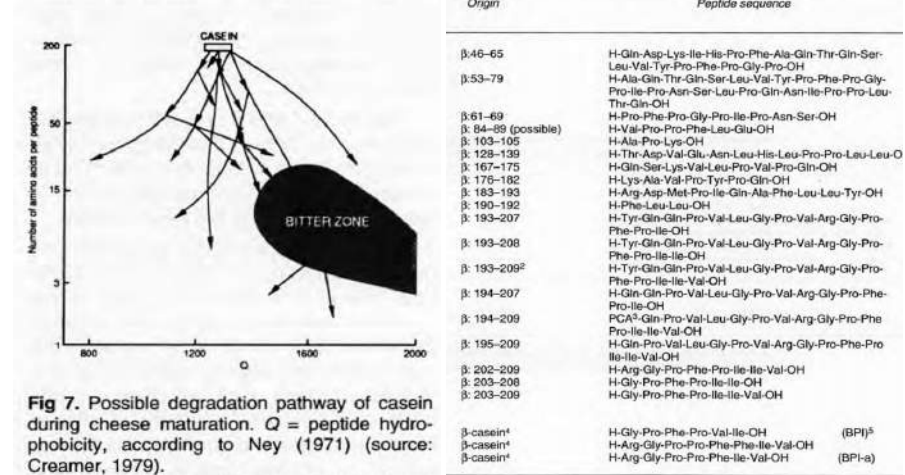
peptidy s hydrofobními AMK (val, leu, ile, phe, tyr, trp)

typicky hydrolyzáty:

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

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

$M_R > 6000$  už nejsou hořké



### prevence hořké chuti

- kontrola podmínek hydrolýzy proteasy, doba trvání
- maskování polyfosfáty, glycin, želatina
- odstranění endopeptidázy ( $\rightarrow$  plasteiny), bakteriální proteolýza

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### syntetické peptidy

#### syntetické peptidy

syntetické dipeptidy - některá úspěšná sladidla

#### Aspartam

r. 1965, objeven náhodou  
(N-L- $\alpha$ -aspartyl-L-fenylalanin 1-methylester)  
E951

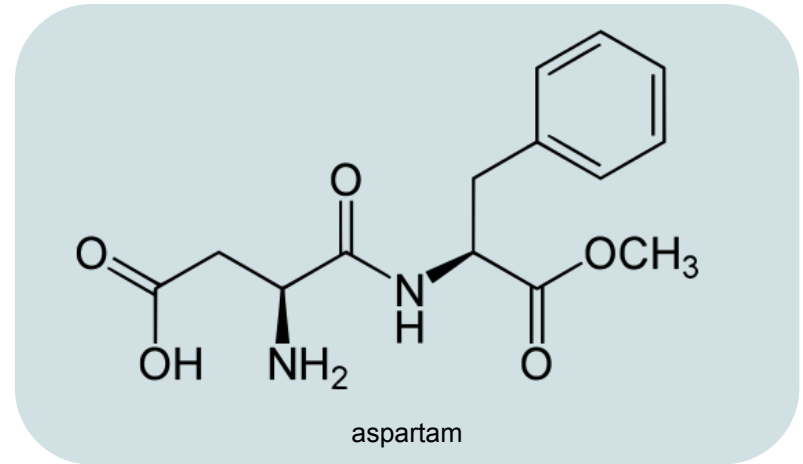
rozšířené sladidlo (100 až 200x sacharosa)

nestálý při nízkém pH a vysoké teplotě

nekariogenní

#### Slané peptidy

hydrochloridy některých dipeptidů



## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### **bílkoviny**

polymery: 100+ jednotek AMK  
vznik: proteosyntéza  
M: 10 000 až miliony Da  
vysoce organizovaná struktura

#### hlavní živiny

#### **bílkoviny v potravinách**

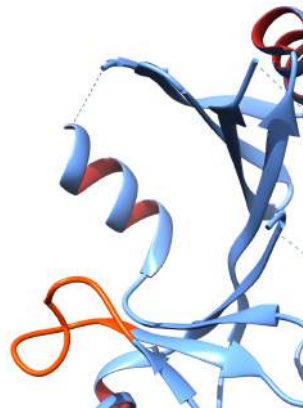
- živočišné tkáně
- rostlinná pletiva

→ biologické funkce omezeny

→ určitá aktivita enzymů (vlastních + cizích)

#### STRUKTURNÍ PRVKY BÍLKOVIN

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





aminokyseliny, peptidy a bílkoviny  
**bílkoviny v potravinách**

bílkoviny podle původu

**živočišné**

maso, mléko, vejce  
**60 %** bílkovin potravy

**rostlinné**

obilniny, luštěniny  
**40 %** bílkovin potravy

**netradiční**

řasy, mikroorganismy

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

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### klasifikace bílkovin

*bílkoviny tvoří většinu hmoty živých organismů*

#### bílkoviny podle funkcí

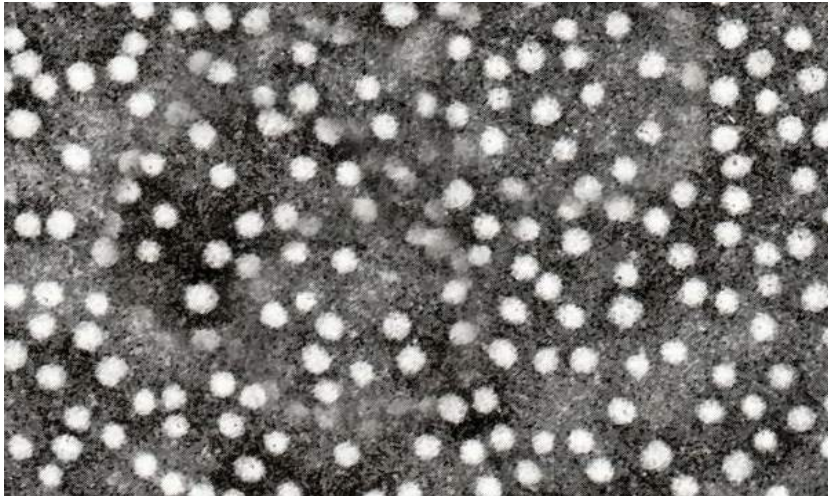
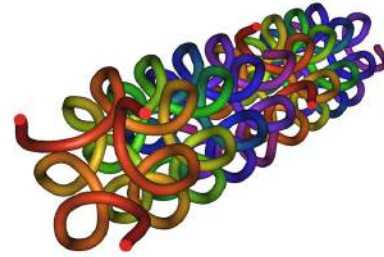
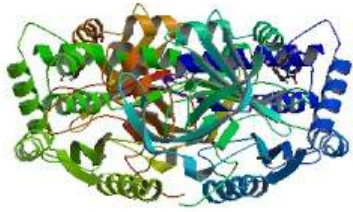
- **strukturní**  
stavební složky buněk, kolagen
- **katalytické**  
enzymy, hormony
- **transportní**  
přenos sloučenin, myoglobin
- **pohybové**  
svalové proteiny, aktin, myosin
- **obranné**  
protilátky, imunoglobuliny, lektiny
- **zásobní**  
ferritin
- **senzorické**  
rhodopsin
- **regulační**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

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

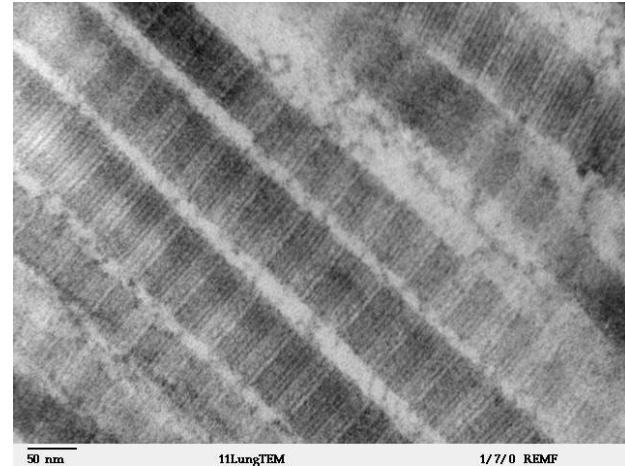
### klasifikace bílkovin

bílkoviny podle struktury  
(přítomnost nebílkovinné složky)

- jednoduché
  - globulární  
sféroproteiny (albuminy, globuliny) = rozpustné
  - fibrilární (vláknité)  
skleroproteiny (kolageny, keratiny) = nerozpustné
- složené, konjugované
  - nukleoproteiny
  - lipoproteiny
  - glykoproteiny
  - fosfoproteiny
  - chromoproteiny
  - metaloproteiny



**globulární** protein (globulin)



**fibrilární** protein (kolagen)

## 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, 75 °C koagulují  
(mléko: *laktalbumin*, vejce: *ovalbumin* a  
*konalbumin*, pšenice: *leukosin*, hrách:  
*legumelin*)

#### globuliny

slabě kyselé, rozpustné v solích, kys. a zás.  
(mléko: *laktoglobulin*, vejce: *ovaglobulin*,  
maso: *aktin* a *myosin*)

#### prolaminy (~gliadiny)

rozp. v solích, kys., zás. a EtOH  
(pšenice: *gliadin*, ječmen: *hordein*, kukuřice:  
*zein*)

#### gluteliny

rozp. v solích, kys., zás., x nerozp v EtOH,  
teplem koagulují  
(pšenice: *glutelin*, rýže: *oryzenin*)

#### protaminy

bazické, rozp. ve vodě a kys., zás. a  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  
nekoagulují  
(mlíčí lososa: *salmin*, makrely: *skombrin*)

#### histony

rozp. ve vodě, kys., zás x nerozp v  $\text{NH}_4\text{OH}$   
nekoagulují teplem  
(krev: *globin*)

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny  
**struktura bílkovin**

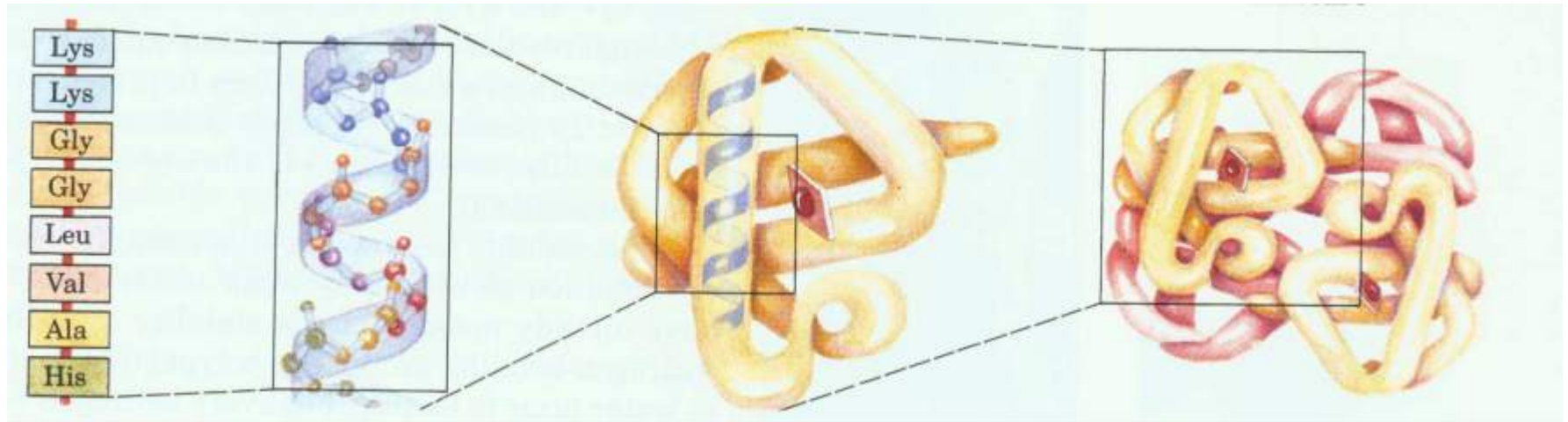
struktura

primární

sekundární

terciální

kvarterní



# aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

## struktura bílkovin

### pravotočivý $\alpha$ -Helix

helix  $3.6_{13}$ :

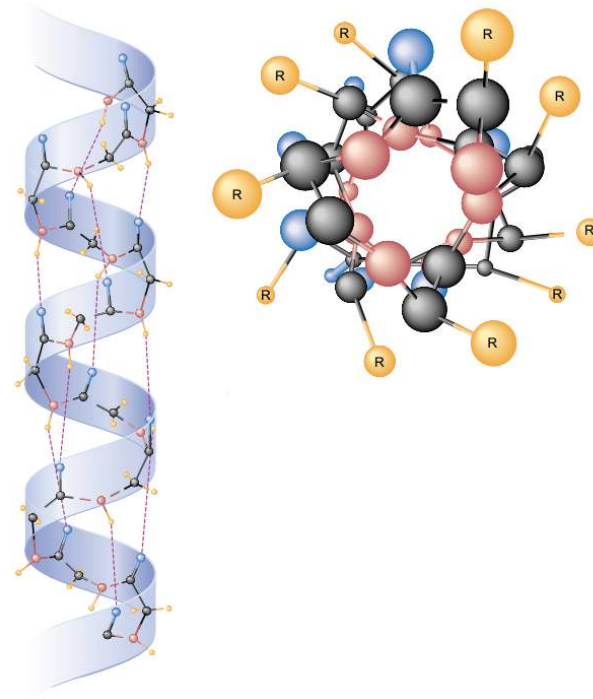
3.6 AMK/otáčka

výška závitů 0.54 nm

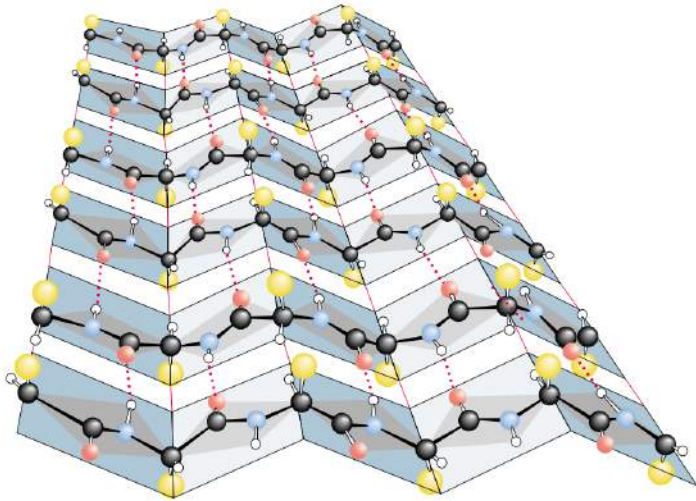
průměrná velikost 11 AMK (~3 otočky)

$n$  C=O vazba je vodíkovou vazbou vázaná k  $n+4$  N-H vazbě

typická struktura (myoglobin, kolagen aj.)



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny  
**struktura bílkovin**



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

2 (anti)paralelní řetězce

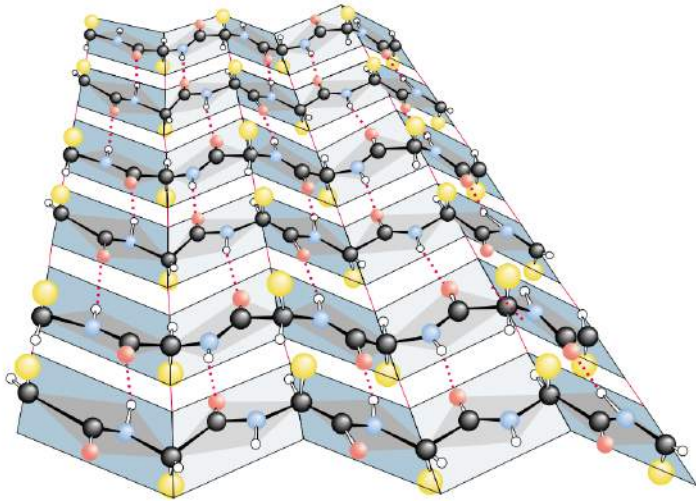
H-můstky (extramolekulární)

průměrně 6 vláken

alespoň 15 AMK



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny  
**struktura bílkovin**



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

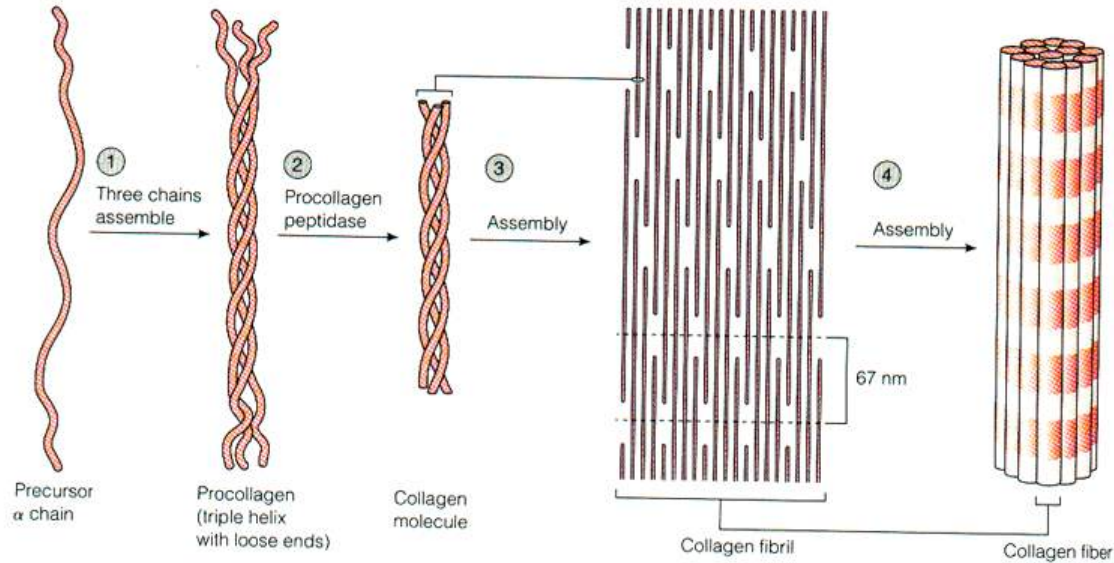
2 (anti)paralelní řetězce

H-můstky (extramolekulární)

průměrně 6 vláken

alespoň 15 AMK

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny  
**struktura fibrilárních bílkovin**

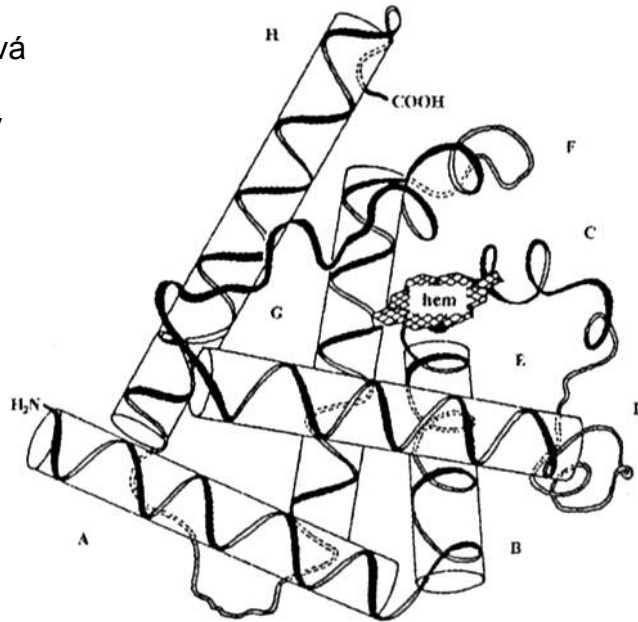


levotočivá šroubovice → pravotočivý superhelix → vlákno kolagenu

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### terciální struktura bílkovin

Terciální struktura = celková konformace jednotlivých prvků sekundární struktury



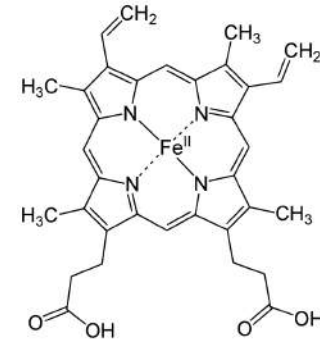
*terciální struktura myoglobinu*

153 AMK

80 % z nich součástí alfa helixu

8 alfa-helixů (121 AMK)

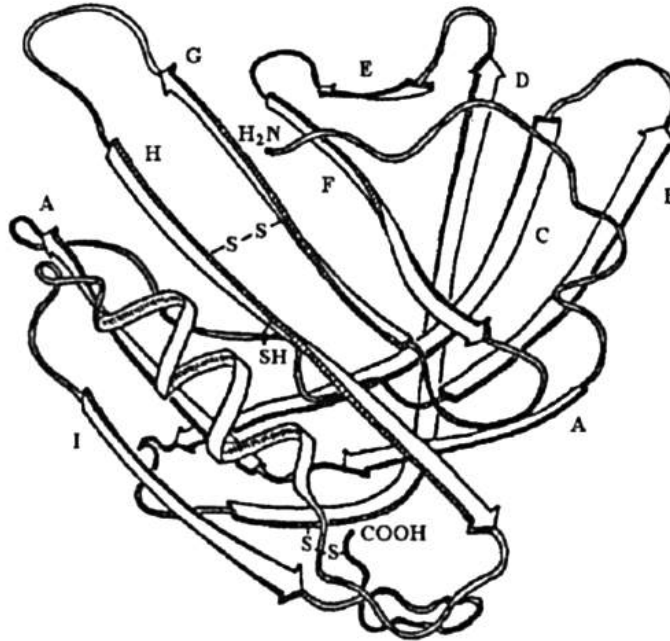
hem s atomem Fe



*hem s atomem Fe*

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny  
**terciální struktura bílkovin**

spojení několika  
peptidových řetězců do  
komplexní struktury  
⇒ kvartérní struktura



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

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### solvatace bílkoviny

globulární bílkoviny jsou **rozpuštěné** v polárních rozpouštědlech

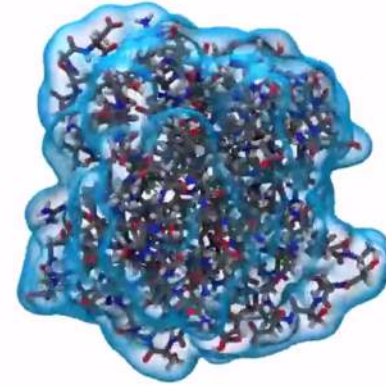
závisí na:

- struktura bílkoviny
- permitivita rozpouštědla
- pH (ovlivňuje celkový náboj)
- iontové síle (vsolování/vysolování)
- teplotě

makromolekulární polyionty - **polyamfolyty** (podle pH kladné nebo záporné)

molekula má charakter **micely**:

- nepolární nitro,
- polární povrch,
- monomolekulární hydratační vrstva
- cca 0.2 až 0.5 gramu vody /1g bílkoviny
- monodisperzní/polydisperzní



[solvatovaná bílkovina](#)



koloidní disperze (NaOH vlevo a disperzní roztok vpravo)

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### denaturace bílkovin

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



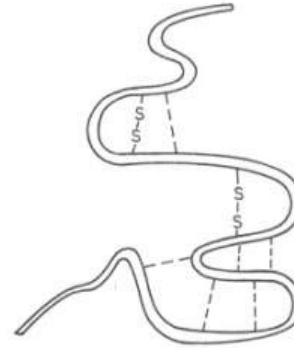
vratná (reverzibilní)

x

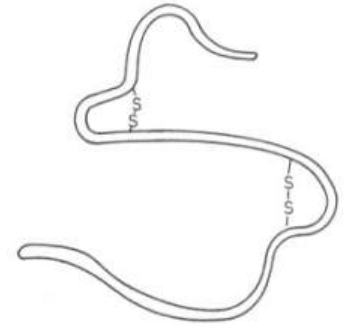
nevratná (ireverzibilní)



nativní protein



denaturovaný



degradovaný

#### Denaturace nastává působením

- fyzikální faktory  
teplota, tlak, ultrazvuku,  
EM záření
- chemická činidla  
soli, kyseliny, zásady,  
změny pH, surfaktanty

#### Změny při denaturaci

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

#### Nutriční důsledky

- zpravidla je denaturace **žádoucí**
- den. bílk. přístupnější trávicím  
enzymům
- denaturace antinutričních faktorů  
a toxických látek

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### bílkoviny ve výživě

#### význam bílkovin ve výživě

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

minimální potřeba	minimální doporučená potřeba	běžně doporučovaná dávka	potřeba dětí v období rychlého růstu
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*

#### nepřehodnotné

některé AMK nedostatkové

*rostlinné bílkoviny, živočišné pojivové tkáně*

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### osud bílkovin v organismu člověka

Organismus není schopen využít původní formu.

Trávení = enzymová hydrolýza

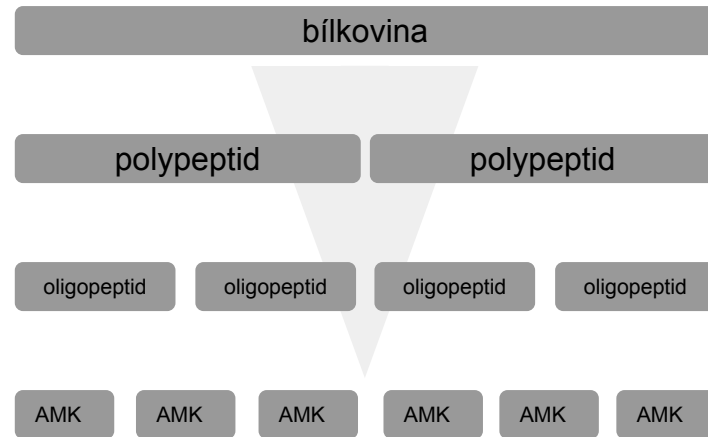
katalyzátory: proteasy (proteolytické enzymy)

#### Proteasy

- **endopeptidasy**
- **exopeptidasy**
  - aminopeptidasy
  - karboxypeptidasy

#### proteasy součástí trávicích šťáv:

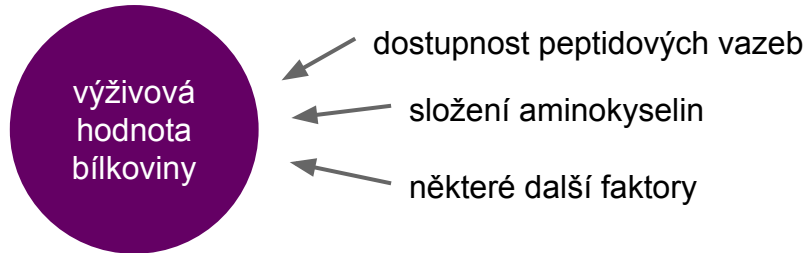
- žaludeční
- pankreatické
- střevní





## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### výživová hodnota bílkovin



#### Dříve

biologické zkoušky (NPU, PER)

#### Dnes

porovnání s **referenčním proteinem**

- aminokyselinové skóre AAS
- index esenciálních aminokyselin EAAI

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### výživová hodnota bílkovin: AAS, EAAI

#### aminokyselinové skóre (AAS)

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

$A_i^{VZ}$  - obsah v testované bílk.,

$A_i^{IP}$  - obsah v referenční bílk.

Nejmenší obsah má **limitující AMK**, která určuje výživovou hodnotu proteinu.

#### 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** a denní potřeba esenciálních aminokyselin (mg/kg)

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	

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### výskyt bílkovin

**bohaté zdroje**  
živočišné potraviny,  
luštěniny, olejniny

**středně bohaté zdroje**  
obiloviny, cereálie

**nízký obsah**  
zelenina, ovoce, okopaniny

**nulový obsah**  
oleje, cukr, ocet

**Průměrný obsah bílkovin v některých potravinách (v g / kg)**

hovězí maso	210	klobásy	130
vepřové maso	155	pšeničná mouka hladká	104
drůbež	210	pšeničná mouka hrubá	97
ryby	285	mouka žitná	76
zvěřina	215	rýže	67
mléko plnotučné	33	bílé pečivo	85
tvarůžky	300	těstoviny	118
tvrdý sýr	250	brambory	20
měkký sýr	150	zelenina	20-26
tvaroh	194	zelí	15
vejce	130	luštěniny	242
bílek	110	houby	26
žloutek	160	droždí	106
salámy	150	masox kostka	174

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny  
maso a masné výrobky

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.

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny maso a masné výrobky

### 4 hlavní druhy tkání:

- epitelové
- pojivové
- svalové
- nervové

“**maso**” = svalová tkáň (zejm. příčně pruhovaná) + podíl epitelové a pojivové tkáně

### svalové proteiny

(±20 % hm. svalů)

- ▶ proteiny svalových vláken (myofibrilární proteiny)
- ▶ rozpustné sarkoplasmatické proteiny
- ▶ nerozpustné strukturní

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



aminokyseliny, peptidy a bílkoviny  
**maso - hlavní proteiny**

svalová vlákna obklopena sarkoplasmou

stah zajišťují: myofibrily

**myofibrilární proteiny**

**myosin** (470 kDa, ATPasová aktivita)

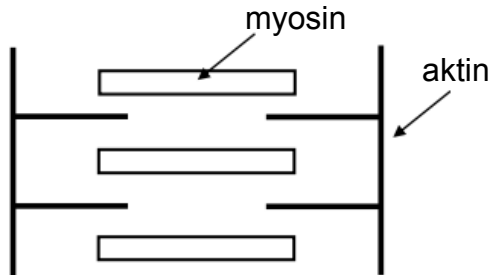
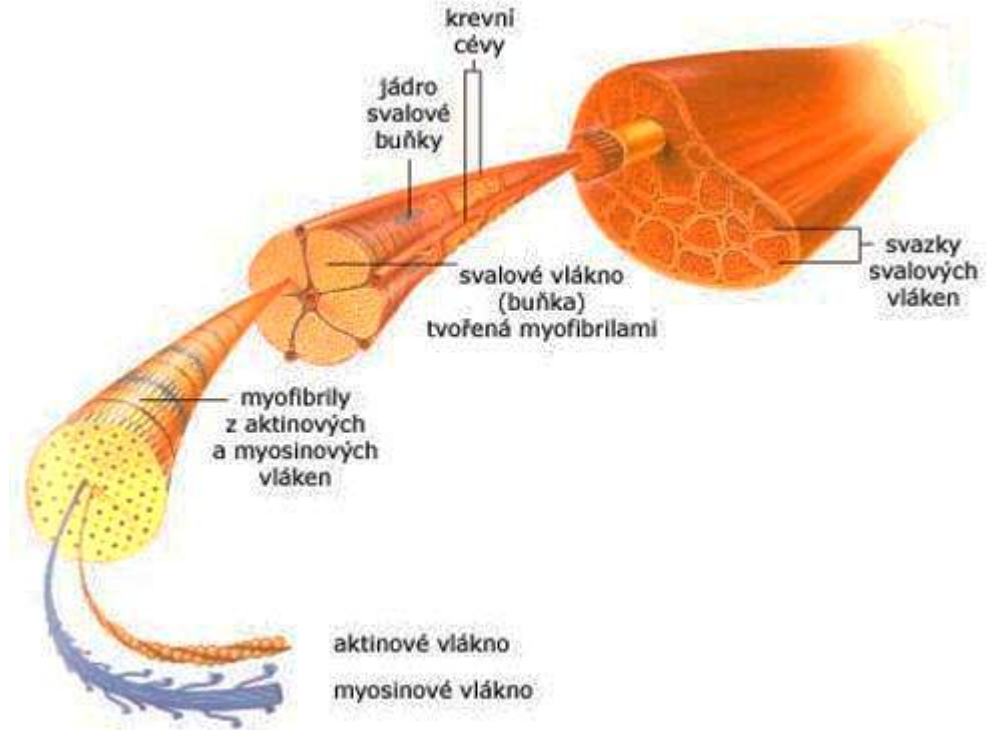
**aktin** (43.5 kDa, jednořetězový)

spolu: aktomyosin

**sarkoplasmatické proteiny**

1 % myoglobin (v sušině)

glykolytické enzymy



## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny strukturní proteiny masa

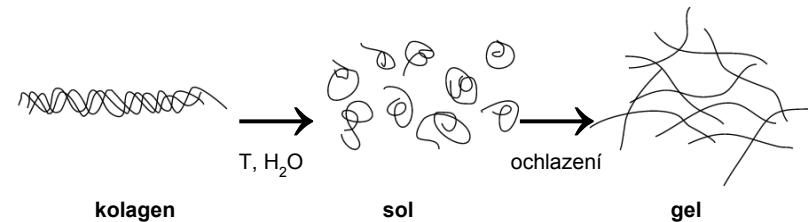
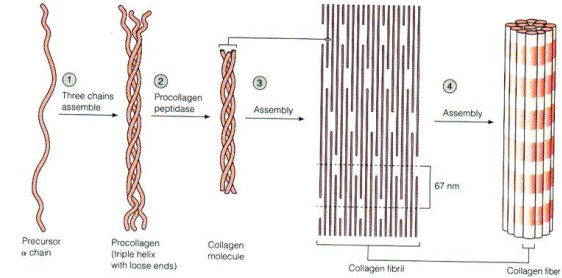
-extracelulární bílkoviny s ochrannou či podpůrnou fčí  
-fibrilární struktura, špatná trávitelnost i složení AMK

### kolageny

trojitý  $\alpha$ -helix, proteoglykan  
nepřehodnotné (hlavně Gly, Pro, Hyp)  
s věkem stabilizace struktury  
nerozpustný  
působením tepla: smršťování, želatinace

### potravinářská želatina

i při pečení, vaření  
podle počtu příčných vazeb kolagenu  
potravinářské využití  
příprava z kostí a kůží po hydrolýze a extrakci  
želírující prostředky, střívkva

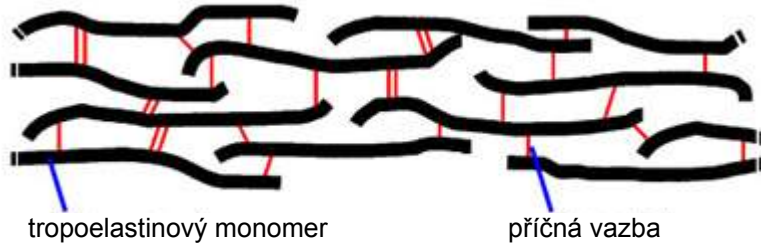


# aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

## strukturní proteiny masa

### elastiny

šlachy, cévy, blány pojivových tkání  
síťová struktura z tropoelastinu



### keratiny

obsaženy v epitelu

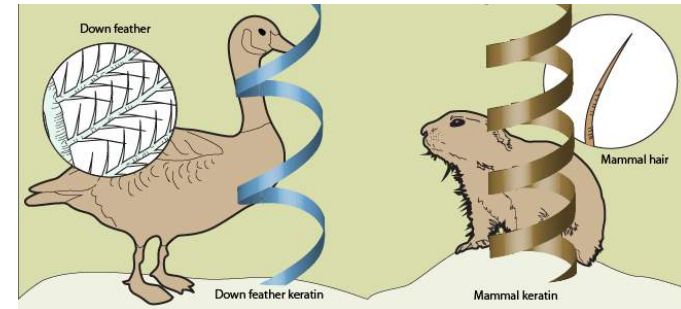
vlasový keratin

struktura:  $\alpha$ -helixy: 3x  $\Rightarrow$  protofibrila

11x protofibrila  $\Rightarrow$  mikrofibrila

100+ mikrofibril  $\Rightarrow$  keratinové vlákno

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,

0.1 % lipidy,

0.065 % cukry,

+další nízkomolekulární látky

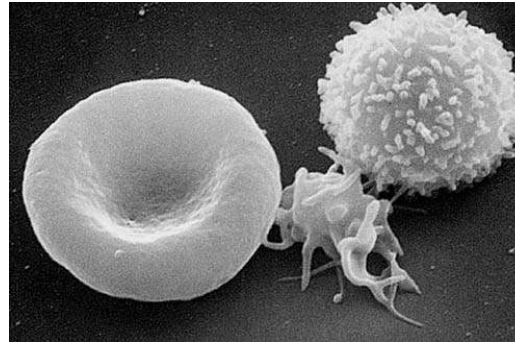
### potravinářské využití

surová krev: jelita aj.

plasma: náhrada bílku

fibrin: hydrolyzát

sušená/vařená krev: krmivo



červená krvinka, krevní destička, bílá krvinka



vepřová krev poživatelná, cca 1 litr

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)  
⇒ pH, inhibice enzymů
- $\text{Ca}^{2+}$  stále asociuje aktin + myosin → aktomyosin  
⇒ ztuhlost (*rigor mortis*)  
-trvání podle druhu masa (hodiny)  
-odeznění během hodin až dnů

## vaznost masa

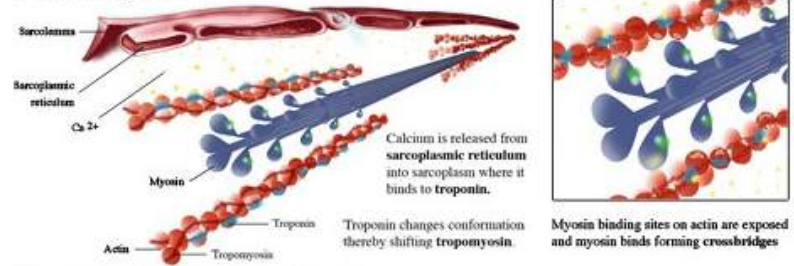
- po zabití velká
- během RM malá
- obecně lze zvýšit aditivy

## zrání masa

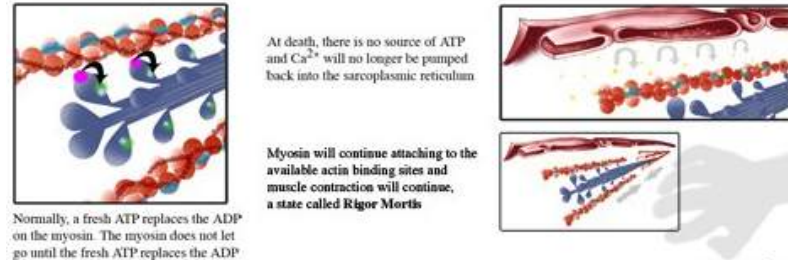
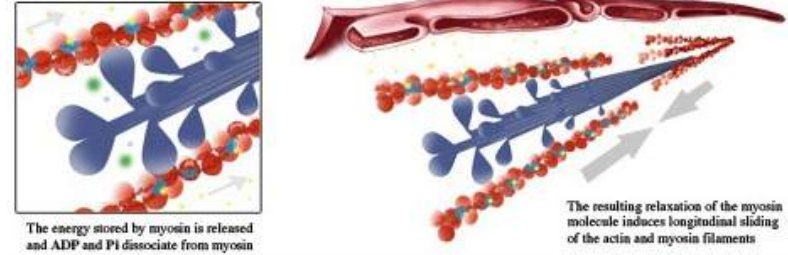
- štěpení aktomyosinu (proteasy)
  - štěpení kolagenu (kolagenasy)
- žádoucí vlastnosti a textura

## Muscle contraction before death

The sarcolemma is depolarized and the action potential is transferred along the t-tubules



## Muscle contraction after death



## 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
60–65 °C	zkracování kolagenu
80 °C	oxidace SH-skupin
90 °C	želatinace kolagenu
100 °C	desulfurace, deaminace → H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub> ⇒ aromatické látky, změna barvy
150 °C	komplexní reakce (Maillardova) → vonné látky
200 °C	izomerace, příčné vazby, toxické produkty

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### mléko a mléčné výrobky

#### mléko

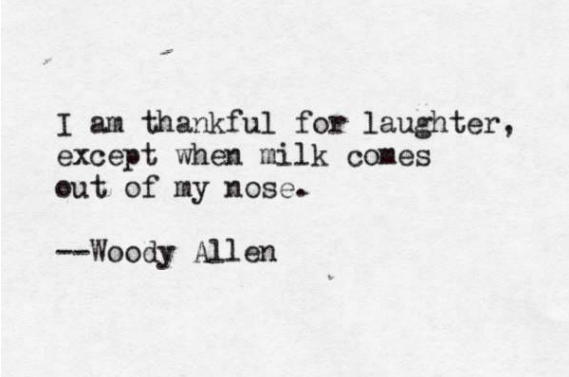
komplexní biologická tekutina, jejíž chemické a fyzikálně-chemické vlastnosti odrážejí výživové potřeby mláďat

sekreční parenchym mléčné žlázy

1 litr mléka ~ 450 až 500 litrů krve protečené žlázou

#### komplikovaný disperzní systém

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



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

—Woody Allen

## 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

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny  
**mléko a mléčné výrobky**

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

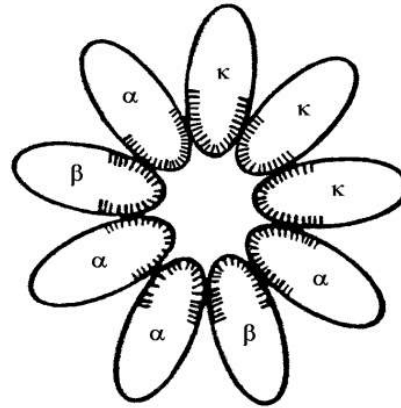
aminokyseliny, peptidy a bílkoviny  
**mléko: kaseiny**

molekuly kaseinu → submicely → micely

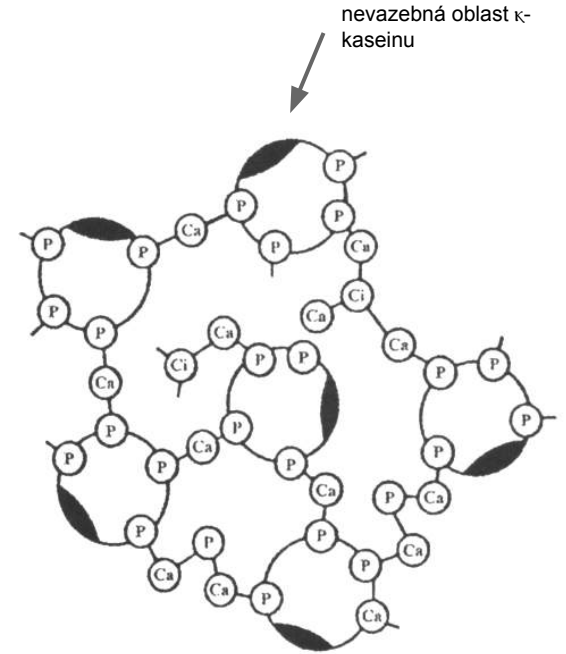
nepolární části do centra (hydrofobní interakce)

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

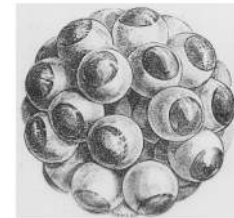
micely vznikají sesřtřováním submicel  
~ 20 000 molekul kaseinů



*přičný řez submicelou*



*vzájemné spojení submicel prostřednictvím  
fosfátu P, iontů Ca a citrátů*





aminokyseliny, peptidy a bílkoviny  
**mléko: proteiny syrovátky**

**hlavní bílkoviny syrovátky:**

$\beta$ -laktoglobulin (cca 50%)

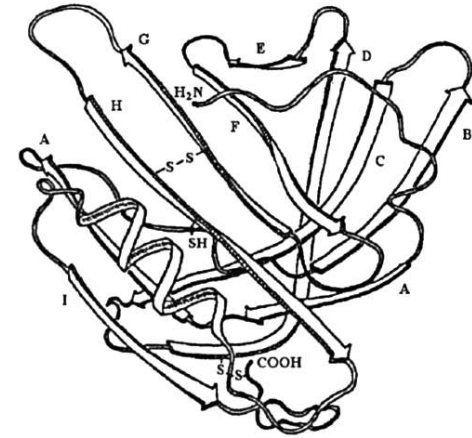
$\alpha$ -laktoglobulin

optimální složení AMK (plnohodnotné bílkoviny)

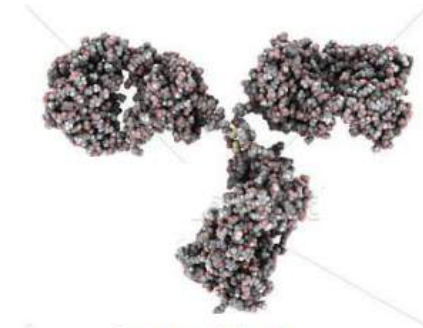
**minoritní:**

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

vysokomolekulární globulární glykoproteiny: **imunoglobuliny**  
biologicky účinné - protilátky,



*$\beta$ -laktoglobulin kravského mléka*



*imunoglobulin*

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny mléko: tepelné zpracování

shlukování tukových globulí v syrovém mléce  
(smetana): fce proteinu **makroglobulin**

bílkoviny syrovátky **termolabilní**  
kaseiny prakticky nedenaturují

### Pasterace

72–74 °C (20–40 s)	denaturuje 50–90 % bílkovin séra inaktivuje se většina enzymů
> 75 °C	redukce -S-S- degradace methioninu eliminace sulfanu
sterilizace 140 °C (4 s)	100 % denaturace séra
UHT pasterace nepřímý záhřev 135–140 °C (6–10 s) přímá pára 140–150 °C (2–4 s)	nepřežijí bakterie ani spory

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny mléko: srážení a proteolýza kaseinů

pH mléka: 6.5

při pH <4.6 ⇒ srážení kaseinů

MO: kontaminující, ale i kulturní druhy

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

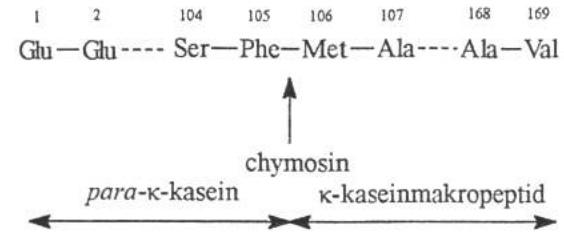


### výroba tvrdých sýrů

působením **bakterií** pH ~ 5.5

přídavek **proteolytického enzymu** - dříve *rennin*, neboli *chymosin* (ze žaludků sajících telat)

→ hydrolýza  $\kappa$ -kaseinu ve **specifické poloze** ⇒ dva peptidové řetězce



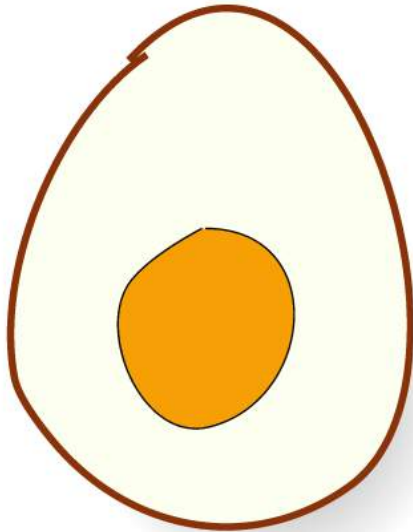
nasolení, odstranění syrovátky zraje

→ částečná proteolýza

→ částečná lipolýza

⇒ žádoucí textura, chuť a vůně

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny vejce



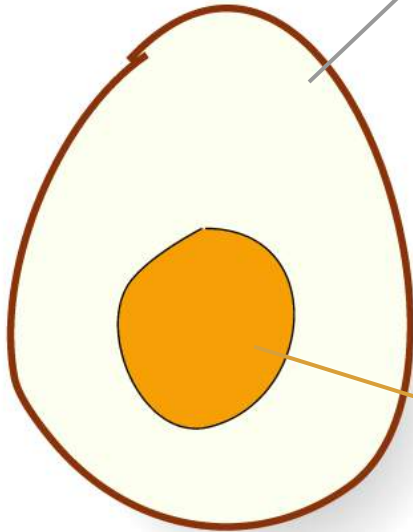
cca 13 % bílkovin  
průměrná hmotnost slepičího vejce ~ 58 g (M)  
53 % proteiny bílku, 47 % žloutku

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 - bílek a žloutek



### bílek

40+ různých bílkovin, některé biologicky aktivní:

- enzymy (lysozym)
- inhibitory (ovoinhibitor)
- složky enzymů (avidin)

hlavní složka:

#### ovalbumin A

44.5 kDa,

koagulace 57.5 °C,

obsahuje: cukry, fosfoserin a thiolové skupiny

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

### žloutek

emulze o/v

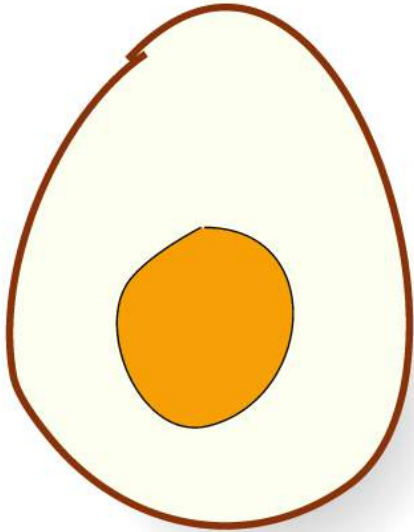
1/3 bílkoviny, 2/3 tuk

obsahuje:

- kapky (lipoproteiny)
- granule (proteiny, HDL)
- plasma (LDL)

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



### skladování

dlouhodobé skladování → závady aroma  
sírné a dusíkaté sloučeniny

### mechanické zpracování

šleháním → částečná denaturace proteinů bílku

### tepelné zpracování

57 °C	denaturace bílku
60–65 °C	denaturace většiny bílkovin
65–70 °C	denaturace bílkovin žloutku

### sušení

reakce glukózy s lysinem → nežádoucí zbarvení  
(odstranění glukózy)

### zmražení

zvýšení viskozity změnou konformace

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



hlavní zdroje:            semena rostlin  
další zdroje:            plody, listy, hlízy, bulvy, ...

obecně nízká výživová hodnota (nedostatkové AMK)

kombinace zdrojů ⇒ plnohodnotná bílkovina

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

## potraviny rostlinného původu - cereálie a pseudocereálie



obiloviny (pšenice, ...)

obsah bílkovin závisí na druhu i stupni vymletí

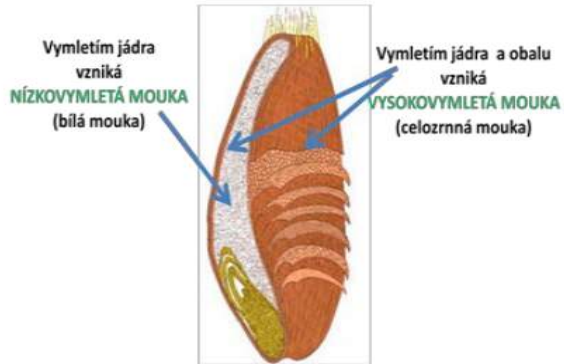
základní bílkoviny: albuminy, globuliny, prolaminy, gluteliny

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

## potraviný 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.:  $\frac{2}{3}$  vody a  $\frac{1}{3}$  hydratované gluteliny (viskozita, síťová struktura) a

gliadiny (modifikátory)

[bezlepkové výrobky <100 mg gliadinu/kg]

### změny při skladování a zpracování mouky

skladování: částečná denaturace, zlepšení vlst. skladováním (oxidace)

mísení těsta: hydratace bílkovin

kynutí: rheologické vlastnosti

pečení: denaturace

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

	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

# aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

## stanovení obsahu bílkovin na základě dusíku

### Kjeldhalova metoda

univerzální, referenční metoda

#### 1. Mineralizace

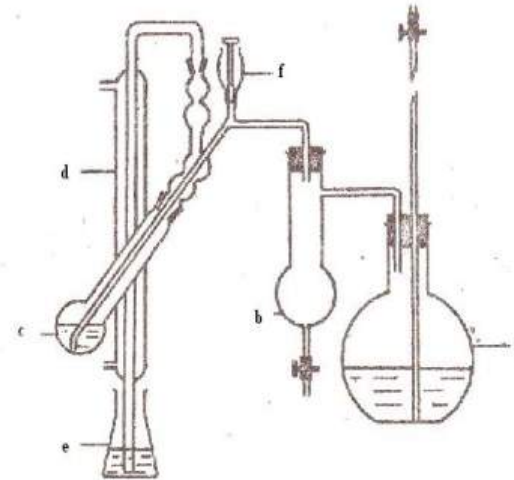
var s kyselinou sírovou a katalyzátorem  
(kat.:  $K_2SO_4$  / Se /  $CuSO_4$ )  
340 - 390 °C po dobu 20 - 60 minut

#### 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 = aminokyseliny



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.

aminokyseliny, peptidy a bílkoviny  
stanovení obsahu bílkovin na základě dusíku

Nesslerova metoda

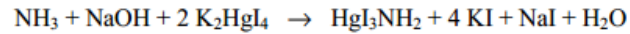


**1. Mineralizace**

var s kyselinou sírovou a  $H_2O_2$

**2. Vybarvení  $NH_4^+$  soli**

Nesslerovo činidlo v alkalickém prostředí

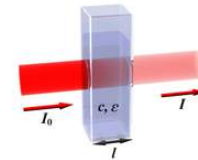


(červenohnědý produkt)

**3. Stanovení**

Spektrofotometrické stanovení

vlnová délka: 450 nm



Lambert-Beerův zákon

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

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny stanovení obsahu bílkovin

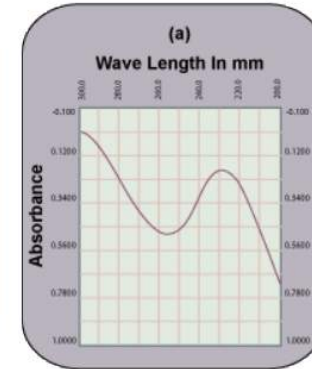
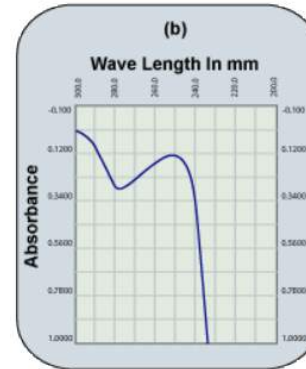
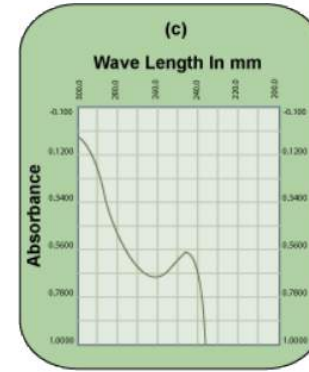
### UV spektrofotometrie

absorpce aromatických AMK (Phe, Tyr, Trp)  
 $\lambda = 280 \text{ nm}$

interferují nukleové kyseliny  
kompenzační měření při  $\lambda = 260 \text{ nm}$

obsah bílkovin  $\sim 1,45 \cdot A_{280} - 0,74 \cdot A_{260}$

závisí na složení bílkoviny a pH



- a: absorpční spektrum nukleových kyselin
- b: absorpční spektrum bílkovin
- c: absorpční spektrum směsi

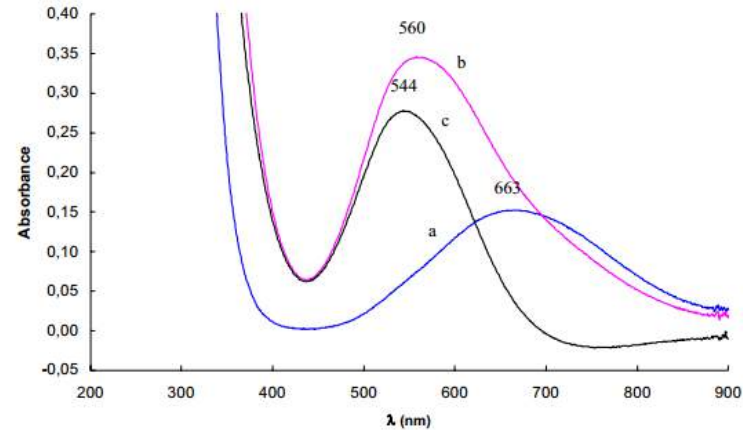
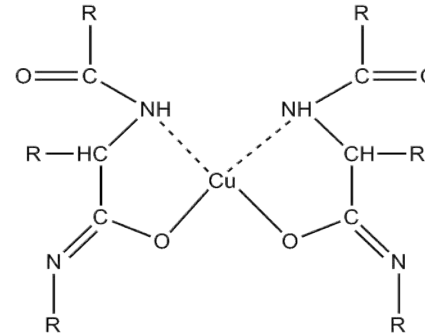
## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny stanovení obsahu bílkovin

### biuretová reakce

#### Biuretové činidlo:

síran měďnatý ( $\text{Cu}^{2+}$  ionty)  
alkalizující složka (hydroxid)  
vinan draselno-sodný  
jodid draselný

v alkalickém prostředí s bílkovinami  
→ **modré zbarvení**  
absorpce v oblasti 540-560 nm



- a 4 ml činidla + 1 ml vody
- b 4 ml činidla + 1 ml vzorku (vaječný albumin 5 mg/ml)
- c rozdílová křivka

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny stanovení obsahu bílkovin

### gelová elektroforéza PAGE

V roce 1948 byl Nobelovou cenou oceněn švédský chemik Arne Tiselius, který ve 30. letech minulého století postavil aparaturu separující proteiny krevního séra na základě jejich elektroforetických mobilit.

#### separační metoda

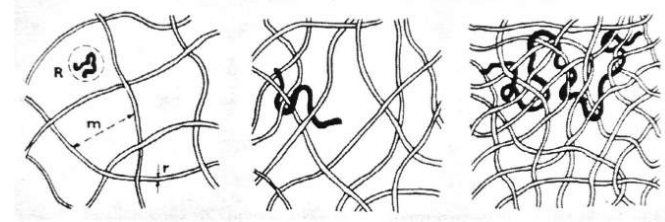
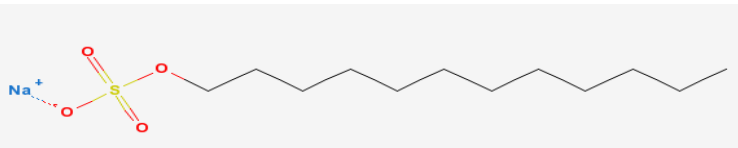
separace makromolekul podle velikosti a náboje

nosič: polyakrylamidový gel (PAGE)

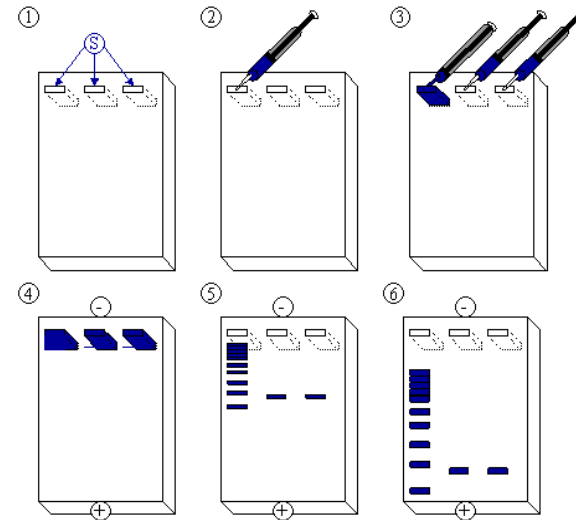
vizualizace: barvení stříbrem

modifikace metody:

**SDS-PAGE** - využití tenzidu  
molekuly negativní, dělení na základě velikosti  
(konstantní poměr velikost/náboj)



zadržování molekul různé velikosti v gelu



postup separace bílkovin pomocí PAGE

## aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

### stanovení obsahu bílkovin

#### gelová elektroforéza (SDS) PAGE

- elektroforéza komplexů denaturovaných polypeptidů s anionickým detergentem dodecylsulfátem sodným (SDS).
- navázáním SDS se nábojové rozdíly mezi různými proteiny téměř úplně potlačí, komplexy protein – SDS jsou v neutrálním a alkalickém prostředí silně negativně nabitě a putují k anodě.
- procházejí-li gelem o vhodné porozitě, je jejich pohyblivost dána téměř výhradně velikostí molekuly.
- srovnáním s pohyblivostí standardů o známé molekulové hmotnosti lze tak snadno a relativně přesně určovat molekulové hmotnosti proteinů, resp. jejich podjednotek

