

# Aminokyseliny, peptidy a bílkoviny

**aminokyseliny**

základní stavební jednotky

**peptidy**

význačné biologické účinky

**bílkoviny**

základní složka všech živých buněk  potravin



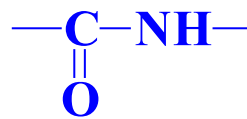
hlavní živina

**aminokyseliny**

funkční skupiny:  $\text{NH}_2$   $\text{COOH}$

sloučeniny složené z aminokyselin vázaných

**peptidovou vazbou**



**N-substituované amidy aminokyselin**

**peptidy**

2-100 aminokyselin

**bílkoviny (proteiny)**

> 100 aminokyselin (běžně stovky až tisíce)



## klasifikace

- podle vzdálenosti aminoskupiny od karboxylové skupiny

		n
2-aminokyseliny	$\alpha$ -aminokyseliny	0
3-aminokyseliny	$\beta$ -aminokyseliny	1
4-aminokyseliny	$\gamma$ -aminokyseliny	2
5-aminokyseliny	$\delta$ -aminokyseliny	3
6-aminokyseliny	$\epsilon$ -aminokyseliny	4

- podle výskytu

➤ přítomné ve všech organismech (invariabilní)

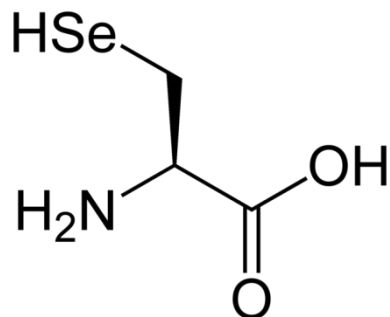
**20 základních** (kódovaných, proteinogenních) **aminokyselin** (volné, vázané)

➤ přítomné jen v některých organismech (variabilní)

**2 proteinogenní aminokyseliny** - **selenocystein, pyrrolysin**

**cca 700 dalších aminokyselin** (volné, vázané)

## 21. proteinogenní aminokyselina - selenocystein

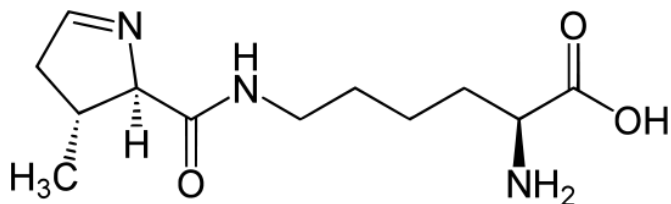


### Selenocystein (Se-Cys)

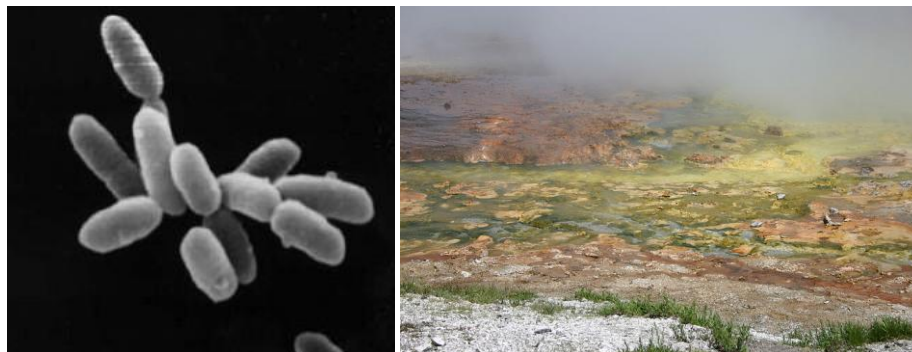
vyšší redukční potenciál než Cys - v bílkovinách s antioxidační aktivitou

v enzymech (glutathion peroxidasy, formiát dehydrogenasy, glycin reduktasy, některé hydrogenasy).

## 22. proteinogenní aminokyselina - pyrrolysin



pyrrolysin



Vrstvy termofilních archeí v [Yellowstonském národním parku](#)

**Archea** - prastará forma [života](#) - stárí se odhaduje až na 3,5 miliardy let známa především jako [extrémofilní](#) organismy stanoviště s vysokou [teplotou](#), extrémním [pH](#) či vysokým obsahem [solí](#)

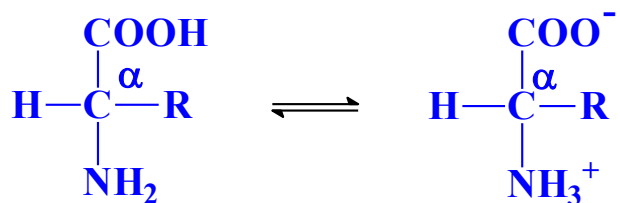
V potravinářském průmyslu našly své místo enzymy [amylázy](#), [galaktosidázy](#) a [pululanáza](#), izolované z archeí rodu [Pyrococcus](#) — i při teplotě přesahující bod varu si stále zachovávají svou katalytickou funkci, a mohou se tak použít k výrobě potravin (např. [mléka](#) a [syrovátky](#) s nízkým obsahem cukru [laktózy](#))

Methanogenní archea se užívají pro biologické odbourávání látek v rámci [čištění odpadních vod](#) - mohou sloužit k produkci [bioplynu](#)

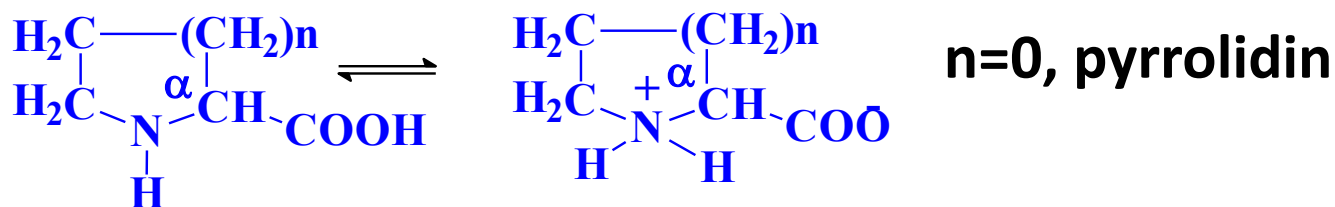
[Methanobrevibacter smithii](#) - nejčastější archeon v [lidském střevě](#) představuje asi desetinu všech prokaryotických organismů ve střevě

## základní aminokyseliny

**19**  $\alpha$ -aminokyselin s primární aminoskupinou  $-\text{NH}_2$



**1**  $\alpha$ -aminokyselina se sekundární aminoskupinou  $-\text{NH}-$  (prolin)



**19** aminokyselin = chirální sloučeniny řady L

triviální názvy

systematické názvy

symboly (třípísmenné, jednopísmenné)

Triviální název	Systematický název	Třípísmen ný symbol	Jednopísmenný symbol
glycin	aminooctová	Gly	G
L-alanin	L-2-aminopropionová	Ala	A
L-valin	L-2-amino-3-methylmáselná	Val	V
L-leucin	L-2-amino-4-methylvalerová	Leu	L
L-isoleucin	L-2-amino-3-methylvalerová	Ile	I
L-serin	L-2-amino-3-hydroxypropionová	Ser	S
L-threonin	L-2-amino-3-hydroxymáselná	Thr	T
L-cystein	L-2-amino-3-merkaptopropionová	Cys	C
L-methionin	L-2-amino-4-methylthiomáselná	Met	M
L-asparagová kyselina <sup>a)</sup>	L-aminojantarová	Asp	D
L-glutamová kyselina <sup>b)</sup>	L-2-aminoglutarová	Glu	E
L-asparagin <sup>a)</sup>	L-2-amino-4-karbamoylmáselná	Asn	N
L-glutamin <sup>b)</sup>	L-2-amino-5-karbamoylvalerová	Gln	Q
L-lysin	L-2,6-diaminohexanová	Lys	K
L-arginin	L-2-amino-5-guanidylvalerová	Arg	R
L-histidin	L-2-amino-3-(4-imidazolyl)propionová	His	H
L-fenylalanin	L-2-amino-3-fenylpropionová	Phe	F
L-tyrosin	L-2-amino-3-(4-hydroxyfenyl)propionová	Tyr	Y
L-tryptofan	L-2-amino-3-(3-indolyl)propionová	Trp	W
L-prolin	L-pyrrolidin-2-karboxylová	Pro	P

<sup>a)</sup> asparagová kyselina i asparagin

Asx

B

<sup>b)</sup> glutamová kyselina i glutamin

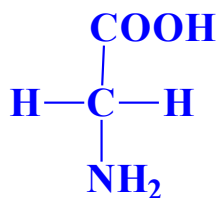
Glx

Z

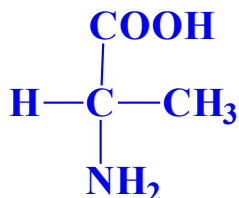
# klasifikace základních aminokyselin

podle struktury postranního řetězce a funkčních skupin

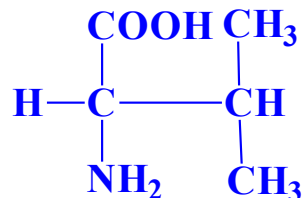
alifatické aminokyseliny s **nesubstituovaným** řetězcem



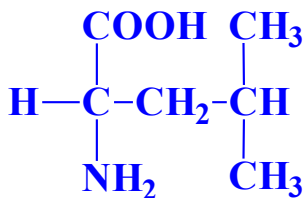
glycin



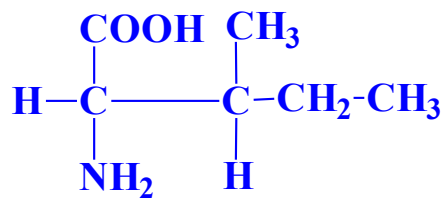
alanin



valin

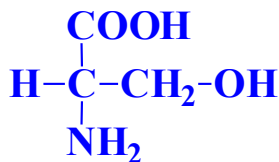


leucin

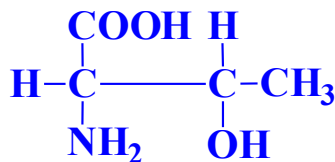


isoleucin

alifatické **hydroxy**aminokyseliny



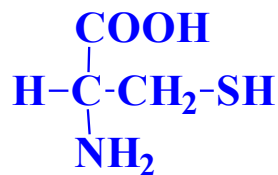
serin



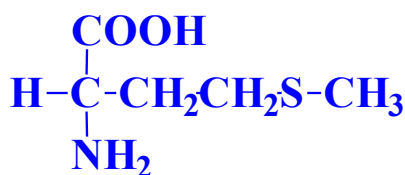
threonin



## alifatické **sirné** aminokyseliny

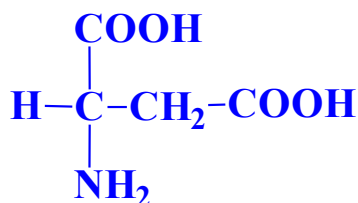


cystein

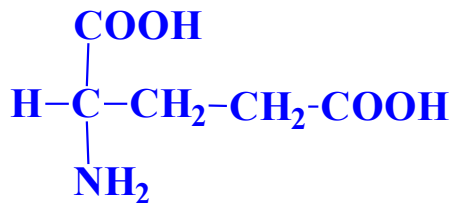


methionin

## s **karboxylovou** skupinou v postranním řetězci alifatické (monoaminodikarboxylové kyseliny, kyselé)

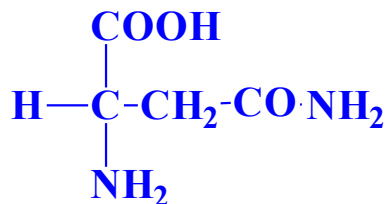


asparagová kyselina

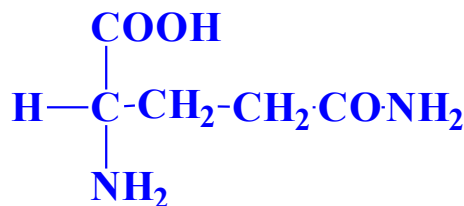


glutamová kyselina

## jejich **monoamidy** (s karboxamidovou skupinou v postranním řetězci)



asparagin



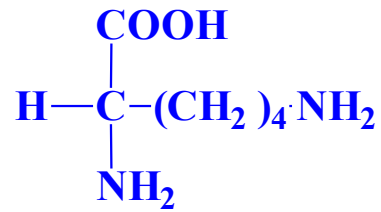
glutamin

s **bazickými** skupinami v postranním řetězci

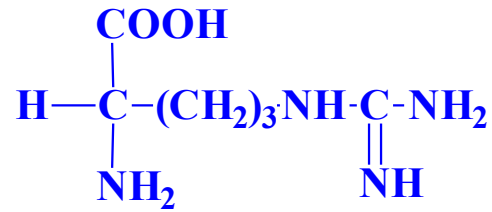
druhá aminoskupina (lysin)

guanidylová skupina (arginin)

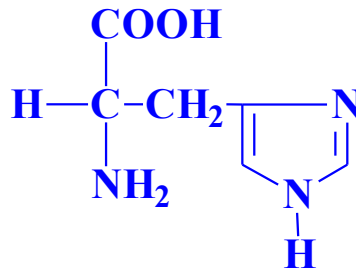
imidazolový cyklus (histidin)



lysin

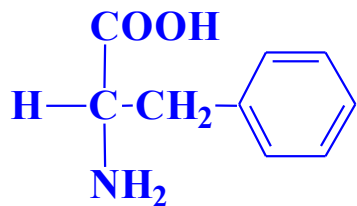


arginin

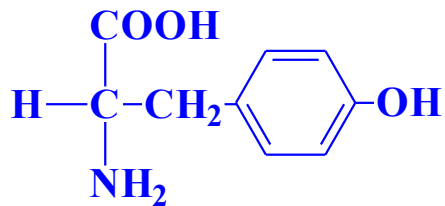


histidin

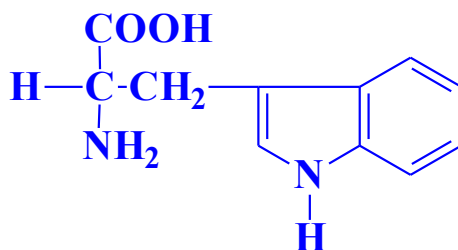
s aromatickým (heterocyklickým) postranním řetězcem



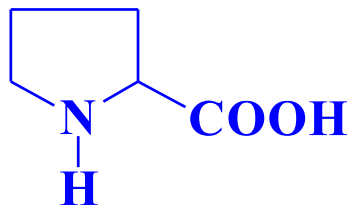
fenylalanin



tyrosin



tryptofan (derivát indolu)



prolin (derivát pyrrolidinu)

## klasifikace v biochemii

podle polarity postranního řetězce a jeho iontové formy (v neutrálním prostředí) – souvisí s interakcemi bílkovin


- nepolární, hydrofobní: Val, Leu, Ile, Phe, Tyr, Met, Pro;  
někdy Gly, Ala, Trp (amfifilní) – přechod mezi hydrofobními a hydrofilními
- polární, hydrofilní: Ser, Thr, Cys, Asp, Glu, Asn, Gln, Lys, Arg, His



podle iontové formy postranního řetězce v organismech,  
v neutrálním prostředí ):

- neutrální (nemá elektrický náboj): většina
- kyselé (záporný náboj): Asp, Glu
- bazické (kladný náboj): Lys, Arg, His

## klasifikace podle významu ve výživě člověka

- **esenciální**: Val, Leu, Ile, Thr, Met, Lys, Phe, Trp  výhradně z potravy
- **poloesenciální** (semiesenciální): Arg, His
- neesenciální: ostatní

kódované aminokyseliny v organismu člověka syntetizovány:

- z jiných aminokyselin
- z glukosy
- z mastných kyselin aj.

u rychle rostoucích organismů (dětí) esenciálními aminokyselinami některé neesenciální = poloesenciální

**limitující** = aminokyselina, které je v dané stravě/komoditě přítomno relativně nejméně (vztaženo na denní potřebu)



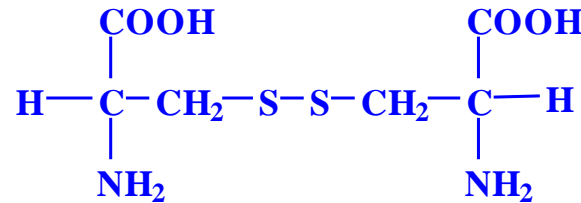
určuje výživovou hodnotu stravy/komodity, jen esenciální !

# deriváty základních aminokyselin

- 20 základních, kódovaných aminokyselin  
= ~ 90 % aminokyselin v potravinách
- jejich deriváty (vznik specifickou modifikací)
- další aminokyseliny, nejsou kódovány

deriváty základních aminokyselin

L-cystin (CySSCy)



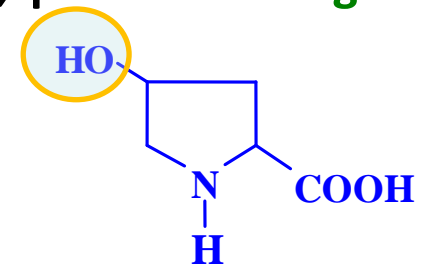
L-4-hydroxyprolin

(L-4-hydroxypyrrolidin-2-karboxylová kyselina, Hyp)

důležitou strukturní složkou bílkovin pojivových tkání, proteinu **kolagenu** a **želatiny** (obsah asi 12 %)



množství v masných výrobcích koreluje s množstvím méně kvalitních surovin, např. kůže





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
<b>Glu(+GluNH<sub>2</sub>)</b>	<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
Hylys	<u>0,0</u>	<u>0,6</u>	<u>0,0</u>

\*aktin, myosin aj.

\*\*kolagen

\*\*\*glutenin, gliadin - lepek



## Obsah aminokyselin v cereáliích a pseudocereáliích (v g vztaženo na 16 g dusíku)

AA	pšenice	žito	ječmen	oves	rýže	kukuřice	proso	pohanka	amarant
Ala	3,6	4,3	4,0	4,5	6,0	7,5	7,9	4,7	3,4
Arg	4,6	4,6	4,7	6,3	8,3	4,2	5,3	9,8	7,4
Asx	4,9	7,2	5,7	7,7	10,3	6,3	8,0	8,9	8,3
Cys	2,5	1,9	2,3	2,7	1,1	1,6	2,4	2,4	1,4
Glx	29,9	24,2	23,6	20,9	20,6	18,9	18,6	17,3	15,4
Gly	3,9	4,3	3,9	4,7	5,0	3,7	3,8	5,0	8,7
His	2,3	2,2	2,1	2,1	2,5	2,7	2,4	2,1	2,3
Ile	3,3	3,5	3,6	3,8	3,8	3,7	4,1	3,4	3,6
Leu	6,7	6,2	6,7	7,3	8,2	12,5	9,6	5,9	5,3
Lys	2,9	3,4	3,5	3,7	3,8	2,7	3,4	3,8	5,0
Met	1,5	1,5	1,7	1,7	2,3	1,9	2,5	1,5	1,8
Phe	4,5	4,4	5,1	5,0	5,2	4,9	4,8	3,8	3,6
Pro	9,9	9,4	10,9	5,2	4,7	8,9	6,1	4,3	3,6
Ser	4,6	4,3	4,0	4,7	5,4	5,0	4,9	5,0	7,1
Thr	2,9	3,3	3,3	3,3	3,9	3,6	3,9	3,6	3,5
Trp	0,9	1,9	0,9	1,1	0,8	0,7	2,0	1,4	1,5
Tyr	3,0	1,9	3,1	3,3	3,5	3,8	3,2	2,4	3,4
Val	4,4	4,8	5,0	5,1	5,5	4,8	5,5	6,7	4,3
Celkem EAA <sup>1)</sup>	32,8	31,6	35,8	37,1	38,5	40,2	41,1	34,8	28,4
Celkem AA <sup>2)</sup>	96,5	92,0	94,6	93,3	101,2	97,5	98,1	93,3	89,4
EAAI (%) <sup>3)</sup>	68	75	78	79	76	55	67	76	76
AAS (%) <sup>4)</sup>	44	46	54	57	57	41	53	51	54
Limitující AA	Lys	Trp Ile	Lys Leu	Ile Lys	Ile Lys	Lys	Lys	Lys, Ile	Lys, Ile

<sup>1)</sup> EAA = esenciální aminokyseliny, <sup>2)</sup> AA = aminokyseliny, <sup>3)</sup> EAAI = index esenciálních aminokyselin,

<sup>4)</sup> AAS = aminokyselinové skóre

## Obsah aminokyselin v luštěninách, olejninách a ořeších (v g vztaženo na 16 g dusíku)

AA	Sója	Čočka	Hrách	Fazole	Slunečnice	Arašídý	Sezam	Vlašský ořech	Lískový ořech
Ala	4,3	4,3	4,1	4,2	4,2	3,9	4,5	4,1	4,2
Arg	7,2	8,7	9,5	5,7	8,0	11,2	12,1	12,3	15,0
Asx	11,7	11,6	11,0	12,0	9,3	11,4	8,2	8,3	7,2
Cys	1,3	0,9	1,1	0,8	1,5	1,2	1,8	0,5	0,4
Glx	18,7	16,6	16,1	14,8	21,8	18,3	19,4	20,1	20,5
Gly	4,2	4,2	4,0	3,8	5,4	5,6	4,9	7,0	8,7
His	2,5	2,7	2,3	2,8	2,3	2,4	2,4	2,0	1,8
Ile	4,5	4,3	4,3	4,2	4,2	3,4	3,6	3,9	6,2
Leu	7,8	7,6	6,8	7,6	6,4	6,4	6,7	7,5	6,2
Lys	6,4	7,2	7,5	7,2	3,6	3,5	2,7	1,6	2,9
Met	1,3	0,8	0,9	1,1	1,9	1,2	2,8	1,3	0,8
Phe	4,9	5,2	4,6	5,2	4,4	5,0	4,4	4,1	3,6
Pro	5,5	4,3	3,9	3,6	4,5	4,4	3,7	4,7	5,6
Ser	5,1	5,3	4,3	5,6	4,3	4,8	4,7	6,1	9,6
Thr	3,9	4,0	4,1	4,0	3,7	2,6	3,6	2,7	2,7
Trp	1,3	1,5	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0	1,0	1,1
Tyr	3,1	3,3	2,7	2,5	1,9	3,9	3,1	3,1	3,7
Val	4,8	5,0	4,7	4,6	5,2	4,2	4,6	4,4	6,4
<b>Celkem EAA <sup>1)</sup></b>	<b>39,3</b>	<b>39,8</b>	<b>38,2</b>	<b>38,6</b>	<b>34,1</b>	<b>32,4</b>	<b>34,8</b>	<b>26,5</b>	<b>33,1</b>
<b>Celkem AA <sup>2)</sup></b>	<b>98,5</b>	<b>97,4</b>	<b>93,4</b>	<b>90,9</b>	<b>93,9</b>	<b>94,2</b>	<b>94,7</b>	<b>94,5</b>	<b>106,7</b>
<b>EAAI (%) <sup>3)</sup></b>	<b>62</b>	<b>41</b>	<b>50</b>	<b>47</b>	<b>93</b>	<b>69</b>	<b>63</b>	<b>60</b>	<b>35</b>
<b>AAS (%) <sup>4)</sup></b>	<b>47</b>	<b>31</b>	<b>37</b>	<b>34</b>	<b>56</b>	<b>43</b>	<b>43</b>	<b>24</b>	<b>22</b>
<b>Limitující AA</b>	Met Val	Met Trp	Met Trp	Met Trp	Met Lys	Met Ile	Lys Ile	Met Lys	Met Lys

<sup>1)</sup> EAA = esenciální aminokyseliny, <sup>2)</sup> AA = aminokyseliny, <sup>3)</sup> EAAI = index esenciálních aminokyselin,

<sup>4)</sup> AAS = aminokyselinové skóre

# další aminokyseliny (nebílkovinné)

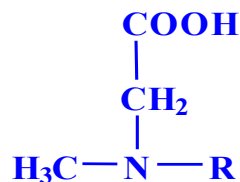
## sekundární metabolity

- produkty různých metabolických pochodů
- prekurzory biosyntézy některých nebílkovinných dusíkatých sloučenin
- některé specifické funkce (nervové mediátory a hormony)
- toxické látky (ochrana rostlin před predátory)
- zásobní a transportní forma dusíku

## produkty mikroorganismů

produkty chemické transformace bílkovin (isomerace, hydrolýza) nebo volných aminokyselin (isomerace)

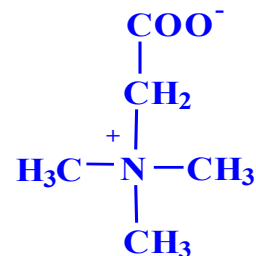
# N-substituované $\alpha$ -aminokyseliny



**N-methylglycin (sarkosin, R = H)    N,N-dimethylglycin**

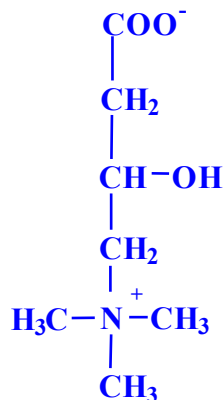
degradací kreatinu

složka pangamové kyseliny  
(vit B<sub>13</sub>, droždí, obiloviny)



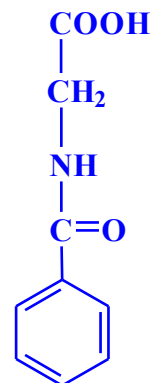
**N,N,N-trimethylglycin (betain)**

cukrová řepa, melasa



**L-karnitin (3-hydroxy-4-trimethylaminobutyrate, vitamin B<sub>t</sub>)**

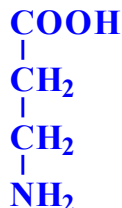
živočišné potraviny, doplňky stravy  
metabolismus lipidů , (vit B<sub>t</sub>)



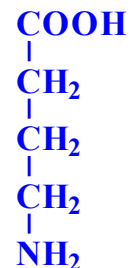
**hippurová kyselina (N-benzoylglycin)**

z Gly při detoxikaci benzoové kyseliny  
(rostliny, mléko)

# $\beta$ -aminokyseliny a $\gamma$ -aminokyseliny



$\beta$ -alanin (3-aminopropionová kyselina)  
dekarboxylací Asp (lyasy)  
složka pantothenové kyseliny (vit. B5)



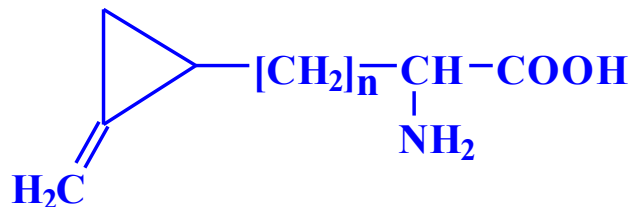
$\gamma$ -aminomáselná (4-amino-máselná) kyselina (GABA)  
dekarboxylací Glu  
mozková tkáň, inhibitor přenosu nervových vzruchů

## alicyklické aminokyseliny



1-aminocyklopropan-1-karboxylová kyselina

ovoce (jablka, hrušky,...)  
prekurzor ethylenu (stimuluje zrání)



2-amino-3-(2-methylencyclopropyl)propionová kys.  
(hypoglycin)

v nezralých plodech ovoce ackee (Afrika, Jamajka,...)  
hypoglykemické a další toxické účinky



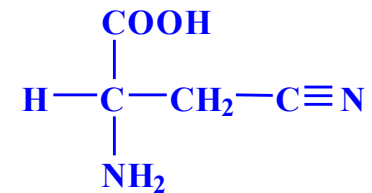
# kyanoaminokyseliny

## $\beta$ -kyano-L-alanin

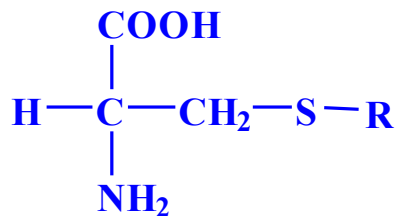
neurotoxin

eliminace toxických kyanidů u rostlin (hlavně hrachor, vikev)

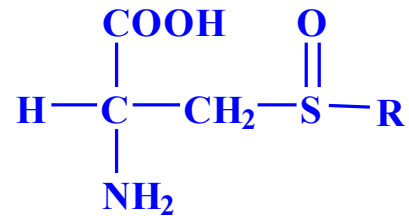
dekarboxylací  $\beta$ -aminopropionitril, původce osteolathyrismu



# sirné a selenové aminokyseliny



S-alk(en)yl deriváty L-cysteinu



S-alk(en)yl-L-cysteinsulfoxidy

S-methylcysteinsulfoxid (methiin, R = CH<sub>3</sub>)

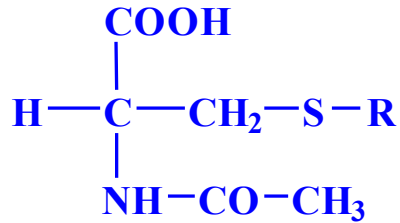
brukvovité (zelí), liliovité (česnek aj.) , toxický pro přežvýkavce

S-allyl-cysteinsulfoxid (alliin, R = CH<sub>2</sub>-CH=CH<sub>2</sub>)

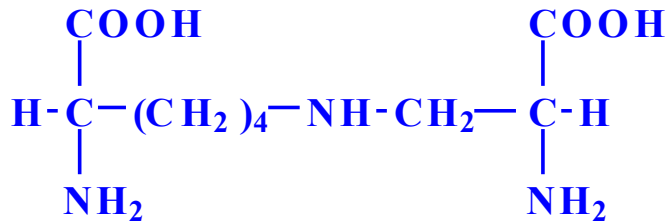
česnek, aróma, nutriceutikum

S-(prop-1-en-1-yl)cysteinsulfoxid (isoalliin, R = CH=CH-CH<sub>3</sub>)

cibule (málo česnek)



***N*-acetyl-*S*-substituované cysteiny (merkapturáty)  
 merkapturová kyselina (*N*-acetylcystein, R = H)  
 dekontaminace cizorodých látek**



**lysinoalanin**

**produkt reakce cysteinu při zpracování potravin, nefrotoxicita**

**selenová analoga Cys, Met**

**hlavní organické formy Se**

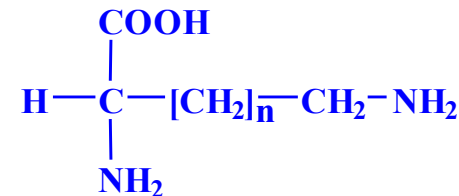
**hlavní zdroje Se**



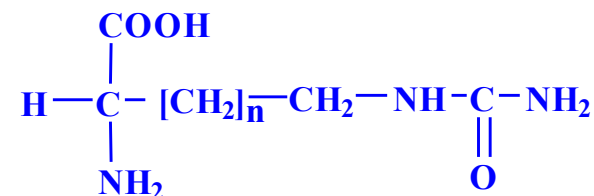


# bazické aminokyseliny a příbuzné sloučeniny

**L-ornithin (L-2,5-diaminovalerová kyselina, n = 2)**  
biosyntéza argininu, ornithinový (močovinový) cyklus



**L-citrullin (n = 2, karbamoylderivát ornithinu)**

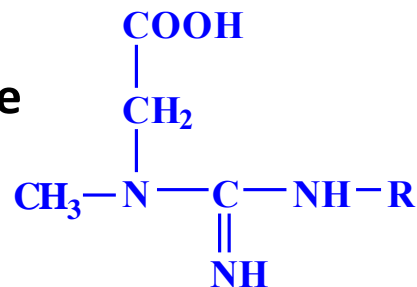


meziprodukt tvorby močoviny, součást dusíkové rezervy rostlin, transportní forma dusíku

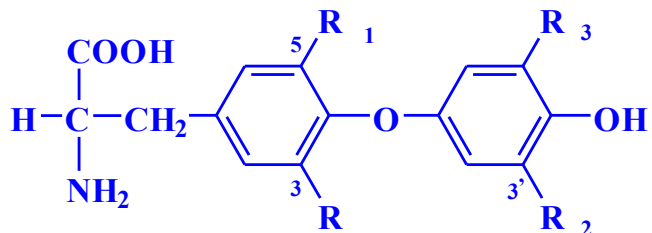
**kreatin-fosfát**

svalová tkáň (3-6 g/kg), rezerva energie pro svalovou práci a regeneraci ATP

kreatin (R = H)



# aromatické aminokyseliny

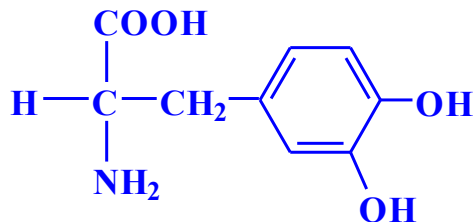


thyronin,  $R = R^1 = R^2 = R^3 = H$

trijodthyronin,  $R = R^1 = R^2 = I, R^3 = H$

tetrajodthyronin (thyroxin),  $R = R^1 = R^2 = R^3 = I$

hormonální účinky



L-3,4-dihydroxyfenylalanin (DOPA)

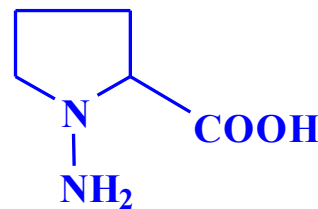
prekurzorem hnědých až černých pigmentů = melaniny,

reakce enzymového hnědnutí

# heterocyklické aminokyseliny

## linatin

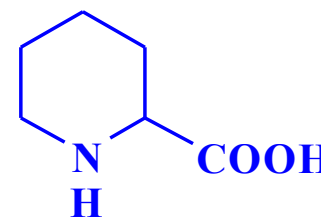
semena Inu, antivitamin B<sub>6</sub>



## L-pipekolová (L-2-piperidin-karboxylová) kyselina

hlavně luštěniny

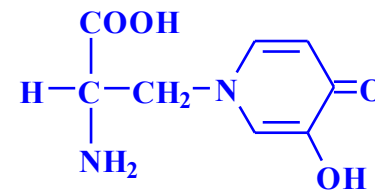
stimulátor receptorů  $\gamma$ -aminomáselné kyseliny v mozku savců (hyperpipekolová acidemie čili hyperpipekolatemie) při chronických chorobách jater a některých genetických poruchách



## L-mimosin

pícní luštěnina leucena

hmotnostní ztráty, zvířata ztrácejí srst (depilátor), oční katary, struma (3,4-dihydroxypyridin vzniklý odbouráním v bachoru), teratogenita



# FYZIOLOGIE A VÝŽIVA

pestrá strava  zásobování esenciálními AK je dostačující

možnost obohacování potravin esenciálními (limitujícími) AK

- **Lys** (nízký obsah v obilovinách a obecně v rostlinných proteinech)
- **Met**, event. s **Cys** (nižší obsah v masných a mléčných proteinech)
- **Thr** (nízký obsah v pšeničných a žitných proteinech)
- **Trp** (nižší obsah v kaseinech mléka, proteinech kukuřice a rýže)

aminokyselinové skóre AAS (Amino Acid Score) 
$$AAS(\%) = \frac{100 A_i}{A_{si}}$$

index esenciálních aminokyselin EAAI (Essential Amino Acid Index)

**lidská výživa a krmiva hospodářských zvířat (užitkovost)**

0,05-0,2 % jako aditivní látky v krmných směsích (hlavně Lys, Met)

# FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI

## Acidobazické vlastnosti

ve fyziologických hodnotách pH

$\alpha$ -karboxylové skupiny,  $\alpha$ -aminoskupiny a  $\alpha$ -iminoskupiny disociovány

- amfolyty (amfoterní elektrolyty)
- tvoří tzv. vnitřní sůl (dipolární, obojetný, amfoterní ion, amfion, zwitterion)

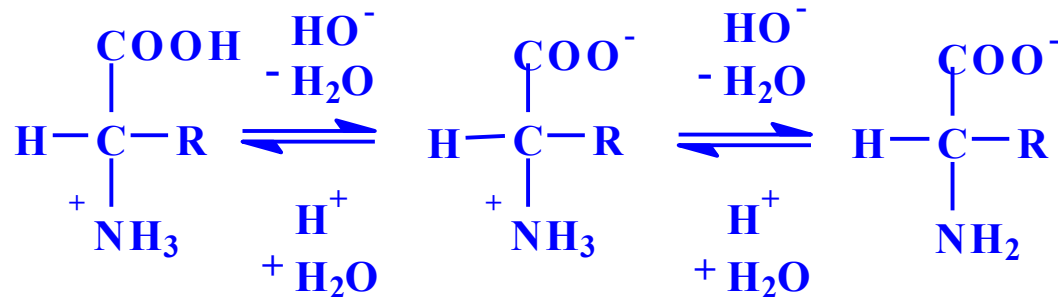
AK nese současně kladný i záporný elektrický náboj

výsledný elektrický náboj molekuly je nulový

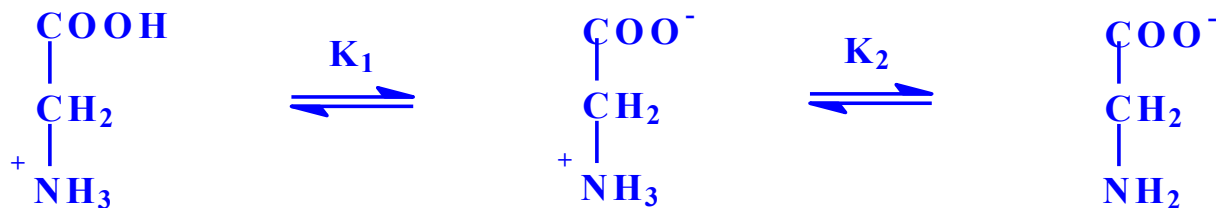
**amfion** - převládající formou téměř všech aminokyselin **ve fyziologickém prostředí** živočišných tkání a rostlinných pletiv

v závislosti na pH prostředí - kromě **amfionů** i **kationy** (reagují-li s kyselinami a chovají-li se jako zásady) a **aniony** (chovají-li se jako kyseliny)

**disociace aminokyselin v závislosti na pH prostředí**



**disociace glycinu v závislosti na pH prostředí:**



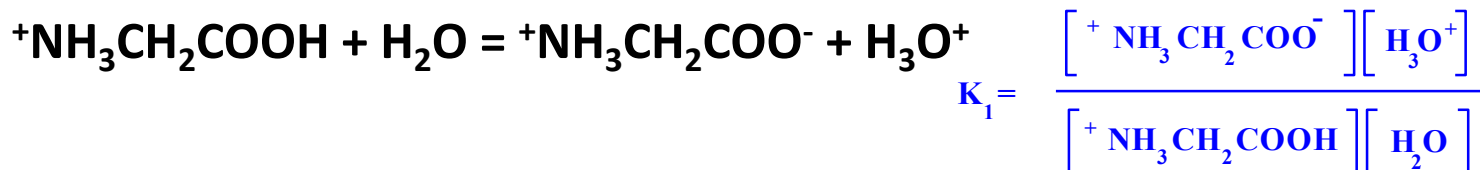
ion I<sub>1</sub> (kation)  
volný náboj +1  
pH < 2

ion I<sub>2</sub> (amfion)  
volný náboj 0  
pH ≈ 6

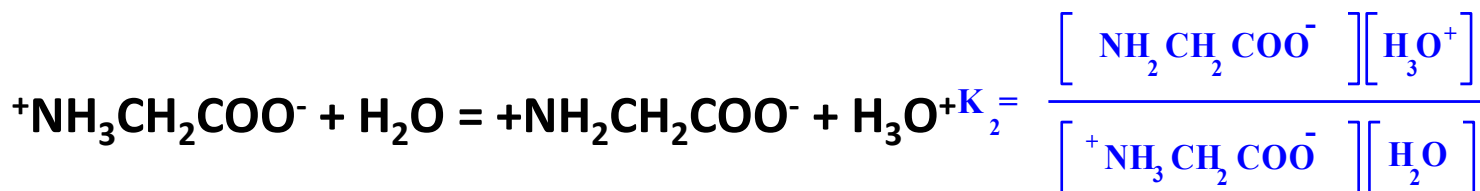
ion I<sub>3</sub> (anion)  
volný náboj -1  
pH > 10

- mírou kyselosti a bazicity funkčních skupin  **disociační konstanty**

- $K_1$  popisuje kyselost  $\alpha$ -karboxylové skupiny:



- $K_2$  popisuje bazicitu  $\alpha$ -aminoskupiny, tedy reakci:



např. hodnoty disociačních konstant glycinu při 25°C:

$$K_1 = 4,47 \cdot 10^{-3}$$

$$K_2 = 1,67 \cdot 10^{-10}$$

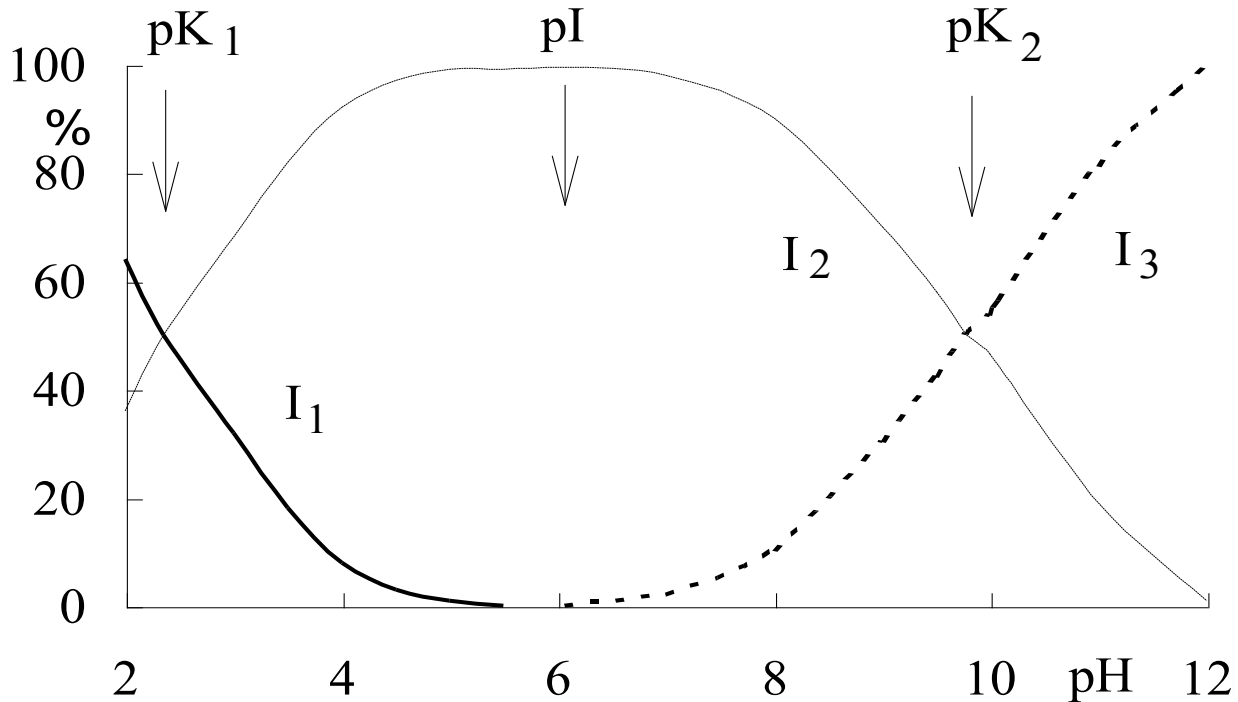
$\text{p}K_i$  ( $-\log K_i$ )

$$\text{p}K_1 = 2,35$$

$$\text{p}K_2 = 9,78$$

- maximální koncentrace amfiontu v  $\text{pH} = \text{pI}$  (isoelektrický bod):

$$\text{pI} = \frac{\text{pK}_1 + \text{pK}_2}{2} = 6,1$$



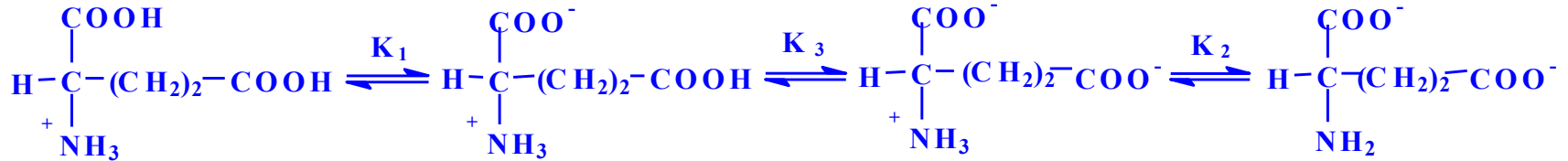
závislost iontových forem glycinu na pH

———— = kation (I<sub>1</sub>)    - - - - = amfion (I<sub>2</sub>)    ..... = anion (I<sub>3</sub>)



# kyselé aminokyseliny

disociace Glu v závislosti na pH:



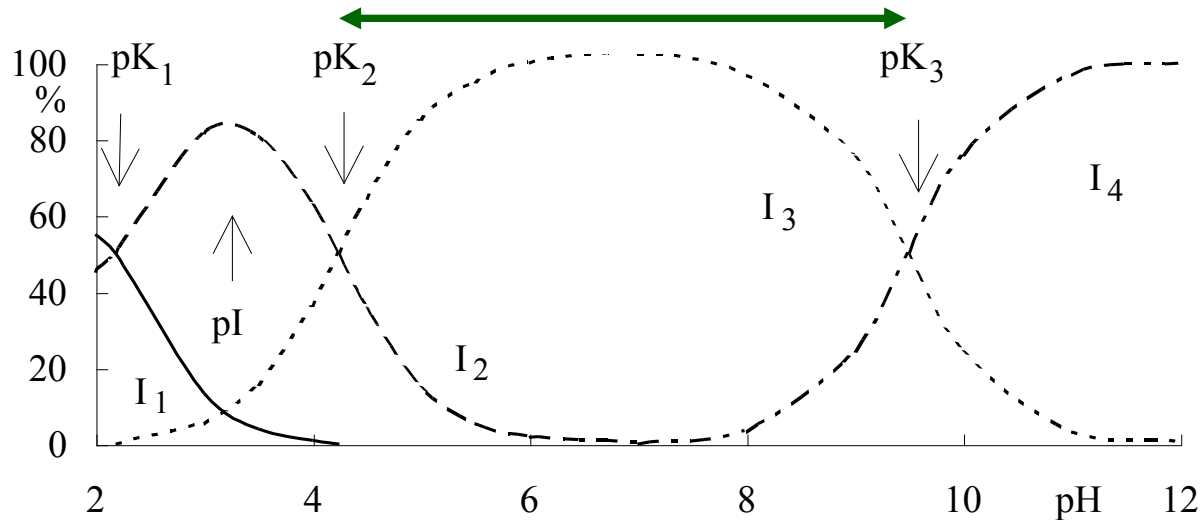
ion  $I_1$  (kation)  
volný náboj +1  
pH < 2

ion  $I_2$  (amfion)  
volný náboj 0  
pH ≈ 3

ion  $I_3$  (anion)  
volný náboj -1  
pH ≈ 7

ion  $I_4$  (anion)  
volný náboj -2  
pH > 10

žádoucí organoleptické vlastnosti



závislost iontových forem glutamové kyseliny na pH

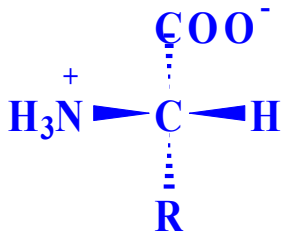
— = kation ( $I_1$ )    - - - = amfion ( $I_2$ )    ..... = anion ( $I_3$ )    - · - · - = anion ( $I_4$ )

# optická aktivita

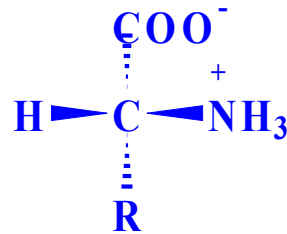
glycin = výjimka

ostatní aminokyseliny = chirální atom uhlíku  $C_{\alpha}$

dva optické isomery, enantiomery



L-aminokyselina  
(*S*)-aminokyselina



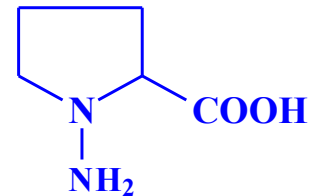
D-aminokyselina  
(*R*)-aminokyselina

- **aminokyseliny s L-konfigurací = (*S*)-stereoisomery**  
odvozené od L-glyceraldehydu  
výjimka: L-cystein = (*R*)-stereoisomer  
(priorita zbytku  $R=CH_2SH$  vyšší než  $-COOH$ )
- **aminokyseliny s D-konfigurací = (*R*)-stereoisomery**  
odvozené od D-glyceraldehydu

# aminokyseliny s D-konfigurací



- v přírodě ojediněle v biologicky aktivních peptidech rostlin a živočichů
- v peptidoglykanech buněčných stěn mikroorganismů
- volné sloučeniny (např. linatin v semenech lnu)



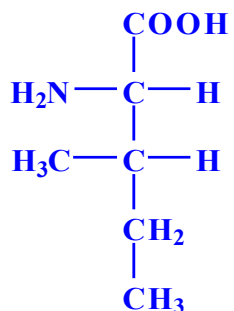
v čerstvých, tepelně nezpracovaných potravinách  
nejčastěji mikrobiálního původu

- hydrolýzou peptidoglykanů buněčných stěn mikroorganismů
- působením mikrobiálních racemas z L-aminokyselin (biogenní D-aminokyseliny)

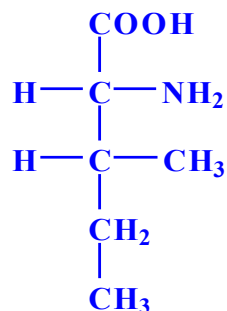
jiného původu

- neenzymovou isomerací L-aminokyselin při zpracování potravin za vyšších teplot v alkalickém prostředí (abiogenní D-aminokyseliny)

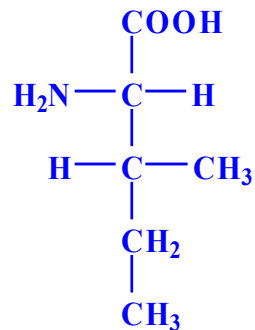
# diastereoisomery



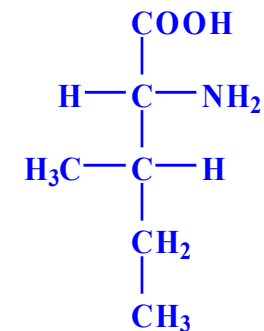
**L-isoleucin**  
**(2S, 3S)-isoleucin**



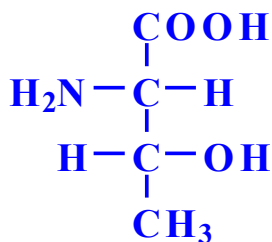
**D-isoleucin**  
**(2R, 3R)-isoleucin**



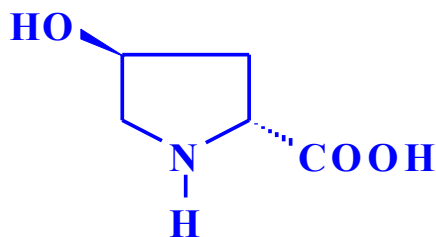
**L-allo-isoleucin**  
**(2S, 3R)-isoleucin**



**D-allo-isoleucin**  
**(2R, 3S)-isoleucin**



**L-threonin**  
**(2S, 3R)-threonin**



**L-4-hydroxyprolin**  
**(2S, 4R)-4- hydroxyprolin**

## ORGANOLEPTICKÉ VLASTNOSTI

sensoricky aktivní látky, organoleptické vlastnosti, zejména chuť podle organoleptických vlastností:

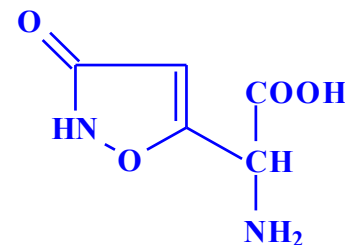
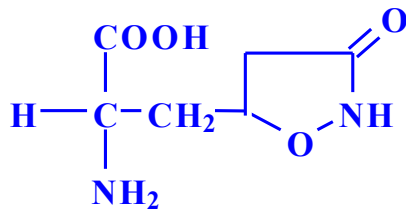
- **sladké** (Gly, Ala, Thr, Pro)
- **kyselé** (Asp, Glu)
- **hořké** (s hydrofobními postranními řetězci: Leu, Ile, Phe, Tyr, Trp)
- **indiferentní** (ostatní)

**umami** (japonsky lahodná) plná, masová, přinášející v ústech pocit uspokojení unikátní organoleptické vlastnosti = Glu,

resp. **natrium-hydrogen glutamát**

aditivní látka, intenzifikátor masové chuti pokrmů

srovnatelnou chuť **tricholomová** (čirůvky), **ibotenová kyselina** (muchomůrky)



# CHEMICKÉ VLASTNOSTI

reakce:(isomerační)

eliminační

adiční

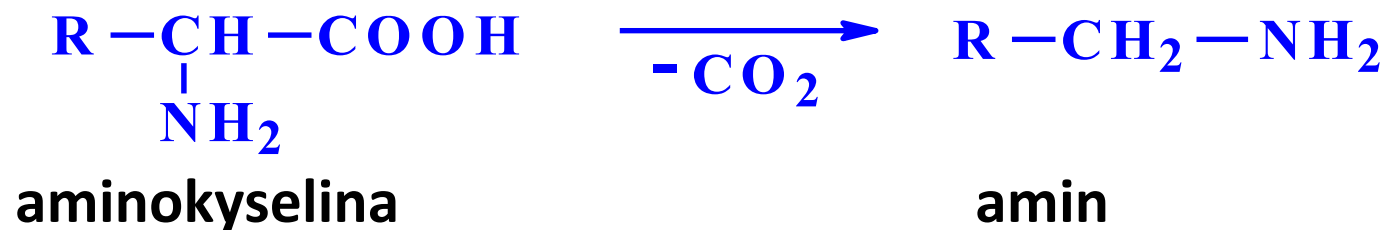
oxidační

vznik aromatických látek

(aminy, aldehydy, alkoholy, sirné sloučeniny)

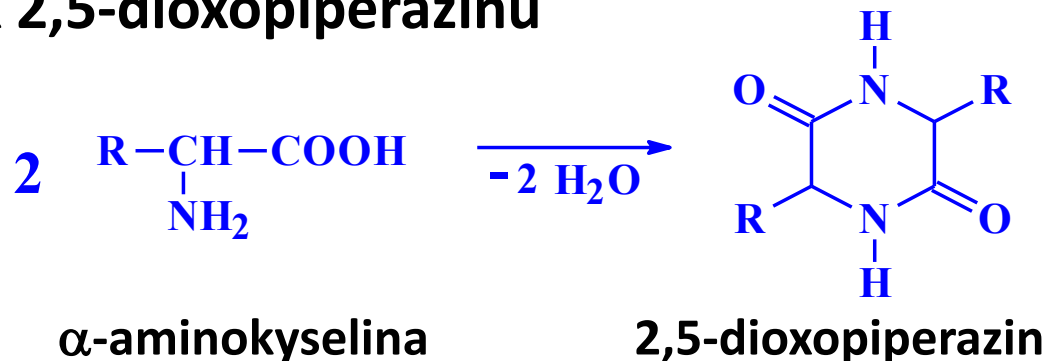
**Eliminační reakce**

**dekarboxylace** (eliminace CO<sub>2</sub>)



## eliminace amoniaku a vody

### vznik 2,5-dioxopiperazinů



Gly aj.

### vznik alk-2-enových kyselin

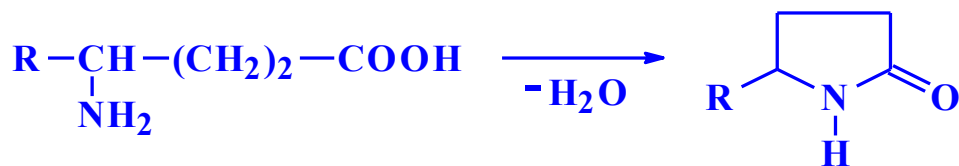


$\beta$ -aminokyselina

alk-2-enová kyselina

Asp

### vznik $\gamma$ -laktamů z $\gamma$ -aminokyselin

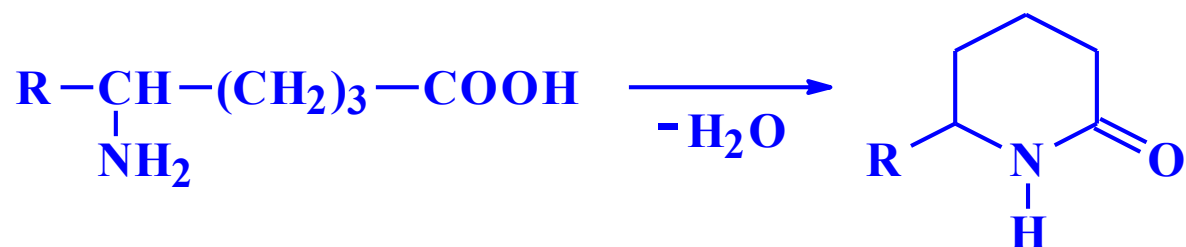


$\gamma$ -aminokyselina

$\gamma$ -laktam

Glu

## vznik $\delta$ -laktamů z $\delta$ -aminokyselin

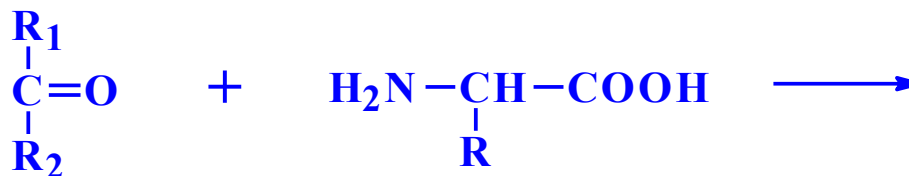


$\delta$ -aminokyselina

$\delta$ -laktam

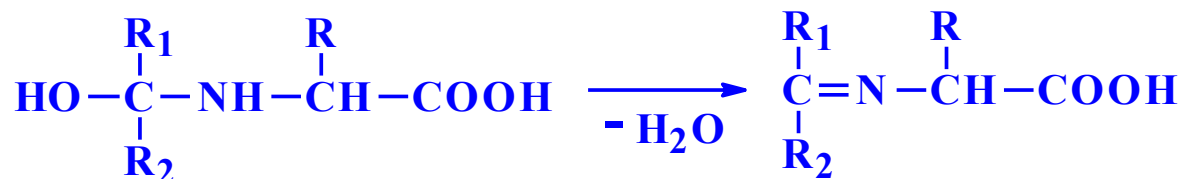
## Adiční reakce

reakce s aldehydy a ketony



karbonylová sloučenina

$\alpha$ -aminokyselina

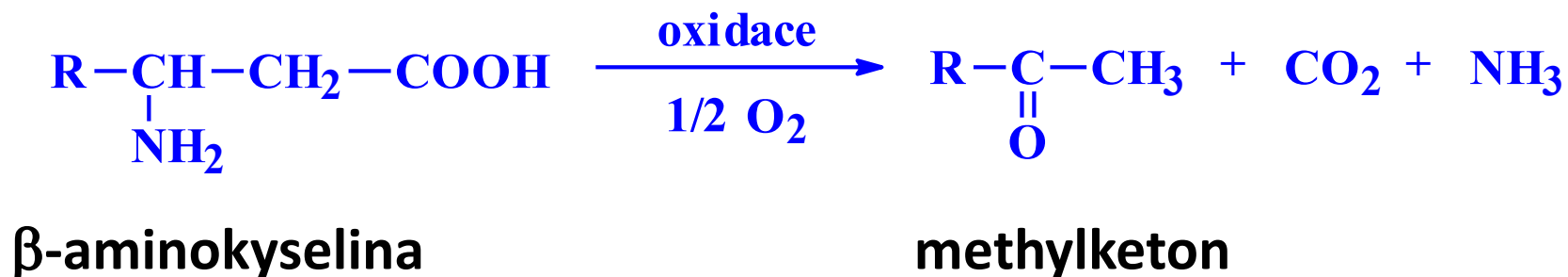
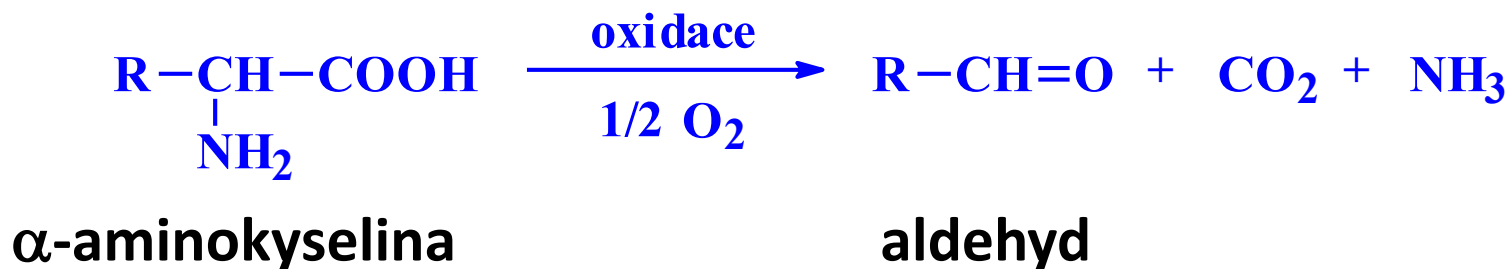


imin (Schiffova báze)



## OXIDAČNÍ REAKCE

### Streckerova degradace (oxidační dekarboxylace)



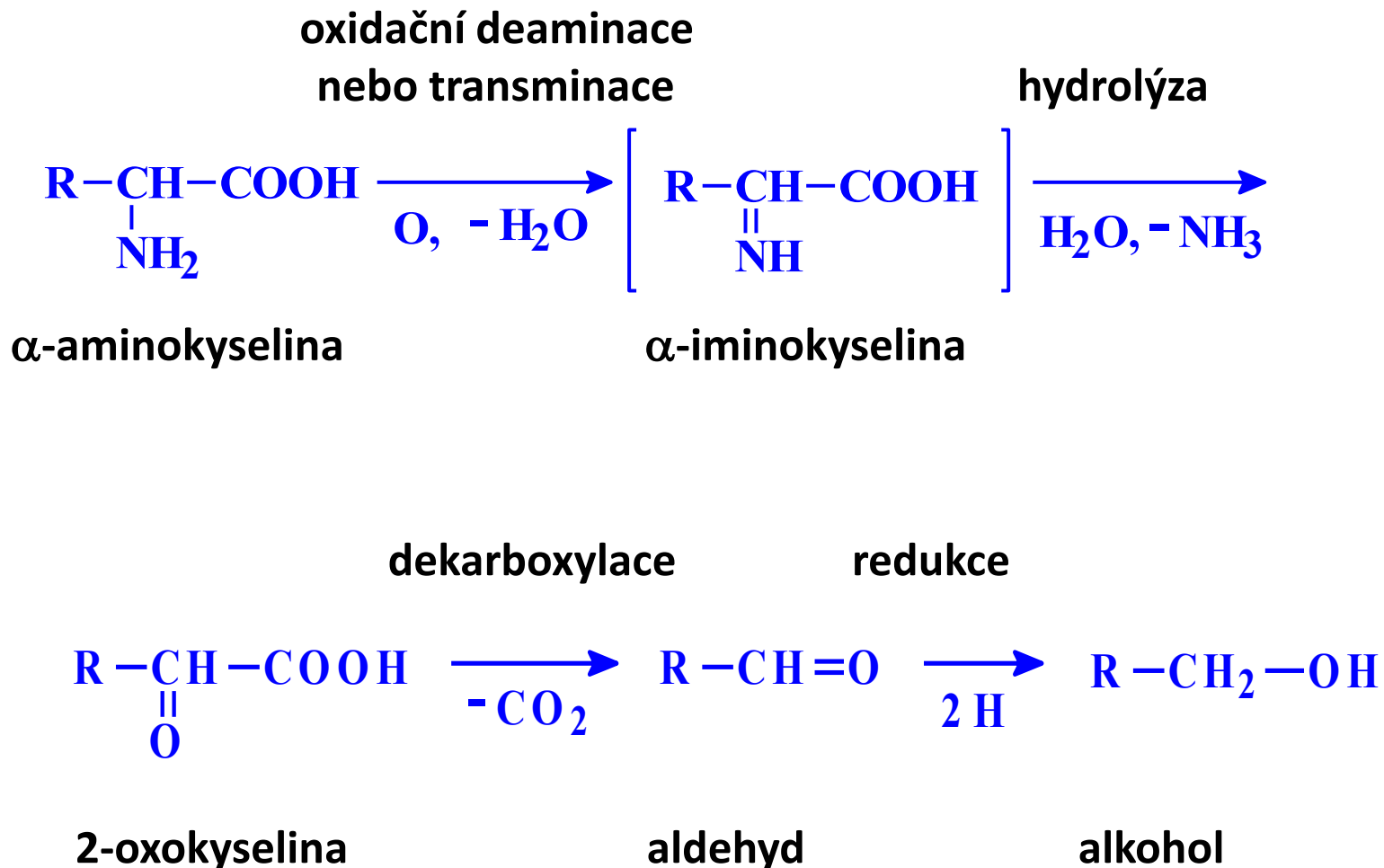
# aldehedy vznikající Streckerovou degradací běžných $\alpha$ -aminokyselin

aminokyselina	produkt degradace
Gly	methanal (formaldehyd)
Ala	ethanal (acetaldehyd)
Thr	propanal
$\alpha$ - a $\gamma$ -aminomáselná k.	propanal
Val	2-methylpropanal
Leu	3-methylbutanal
Ile	2-methylbutanal
Met	methional
Phe	2-fenylethanal (fenylacetaldehyd)
norvalin	butanal
norleucin	pentanal
Cys	2-merkptoacetaldehyd
Orn	4-aminobutanal
Asp	oxaloctová k. (acetaldehyd)
Glu	2-oxoglutarová k. (propanal)

## oxidační deaminace a transaminace

(enzymy, mechanismus jako při Streckerově degradaci)

2-ketokyseliny → aldehydy → alkoholy

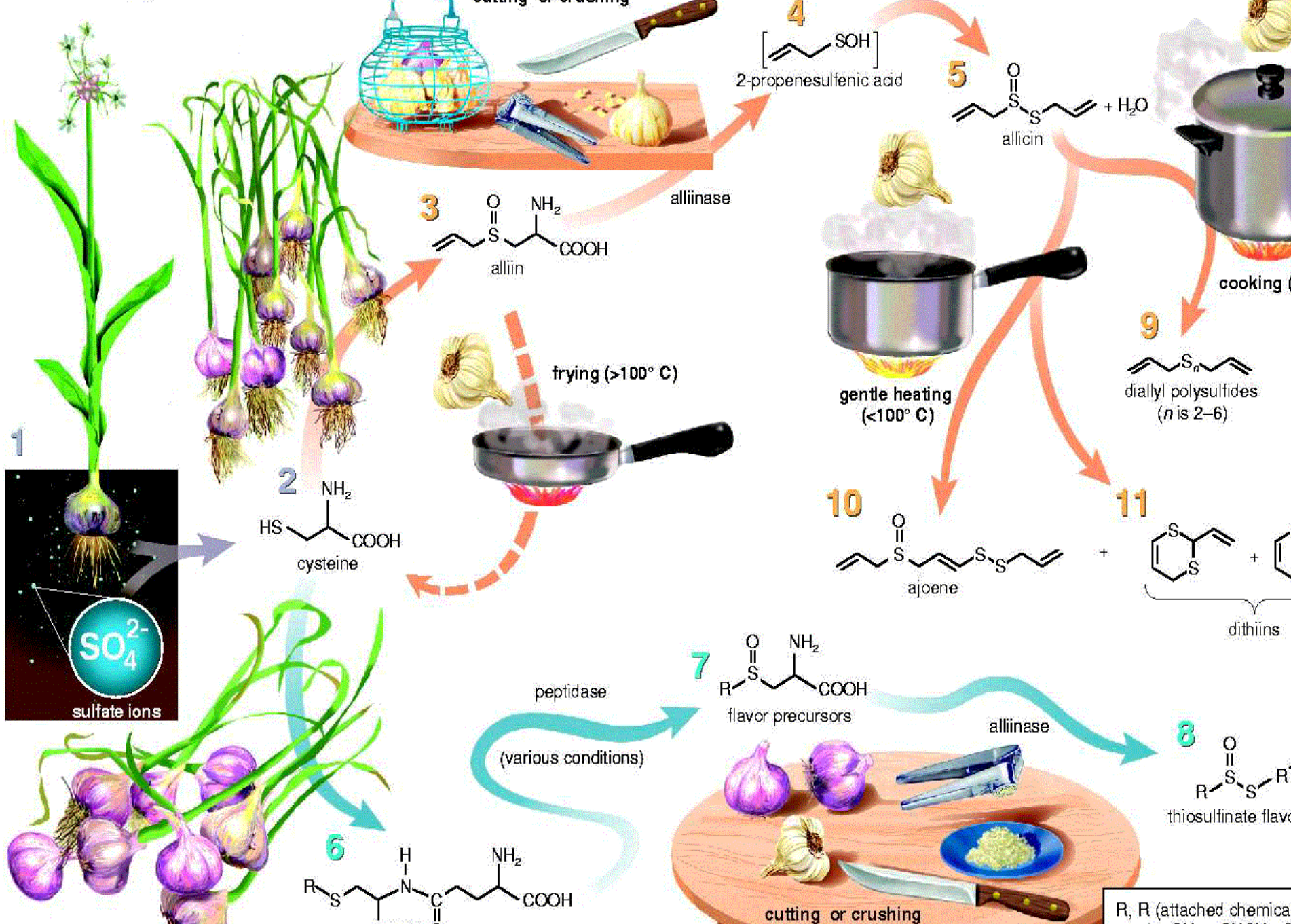


- aldehydy hlavně v ovoci a zelenině
- alkoholy v alkoholických nápojích (alkoholy přiboudliny)  
působením alkoholdehydrogenas

### vliv na aroma

alkohol	aminokyselina
propan-1-ol	Thr
butan-1-ol	Thr
2-methylbutan-1-ol (isobutanol)	Val
(S)-2-methylbutan-1-ol	Ile
3-methylbutan-1-ol	Leu
2-fenylethanol	Phe
tyrosol	Tyr
tryptofol	Trp

# The Chemistry of Garlic



R, R (attached chemical groups) can be CH2=CH-CH2-