

MO 20 AMINOKYSELINY A PROTEINY

1. Vlastnosti aminokyselin.
2. Druhy vazeb vyskytujících se v proteinech.
3. Struktura proteinů.
4. Klasifikace proteinů.

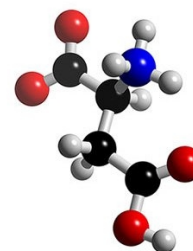
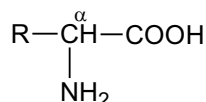
AMINOKYSELINY A BÍLKOVINY

- pokud bychom měli označit některou ze skupin **biomolekul** za **klíčové** jsou to biopolymery složené z **aminokyselin** – **bílkoviny**
- **aminokyseliny** jsou **základní stavební jednotka peptidů a bílkovin (proteinů)**
jsou především součástí **biokatalyzátorů - enzymů**, které **urychlují** a **řídí** všechny **metabolické** reakce

AMINOKYSELINY - AK

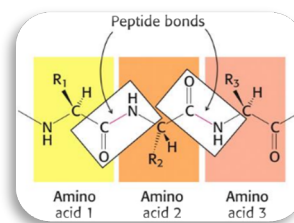
charakteristika:

- ze živých organismů bylo izolováno **několik set** aminokyselin
- nejdůležitějších je dvacet, ze kterých jsou zbudovány bílkoviny – **kódované AK = proteinogenní AK !!!**
 - jako kódované se označují proto, že informace o jejich zařazení do bílkovin je uložena v nukleových kyselinách prostřednictvím genetického kódu
 - tzn. že pro každou aminokyselinu existuje konkrétní kód nebo kódy tvořené **3** po sobě jdoucími **nukleotidy**
→ viz **nukleové kyseliny**
- většina přírodních aminokyselin jsou **α-aminokyseliny** (funkční skupiny jsou na α-uhlíku (C₂)), mají proto stejný základní **skelet**:



- v molekulách je přítomna:
 - jednovazná/é **aminoskupina/y** **-NH₂**
 - jednovazná/é **karboxylová funkční skupina/y** **-COOH**

- AK jsou spojeny **peptidovými vazbami** – **CO – NH –**



zdroj aminokyselin:

- **rostliny a většina** mikroorganismů kryjí veškerou spotřebu samovýrobou
- živočichové vyrábí jen některé, ostatní musí přijímat potravou, hlavně ve formě bílkovin

neesenciální aminokyseliny:	postradatelné	org. je syntetizují	12 AK
esenciální aminokyseliny:	nepostradatelné	nutno přijímat v potravě	8 AK

- Valin, Leucin, Isoleucin, Threonin, Lysin, Methionin, Fenylalanin, Tryptofan
- (Histidin, Arginin - **semiesenciální** aminokyseliny (pouze pro **děti**))

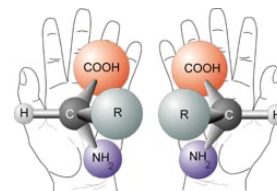
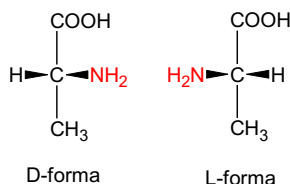
- některé se vyskytují pouze v určitých biologických druzích a mají rozmanité funkce, úlohu některých zatím neznáme

kódované α -aminokyseliny

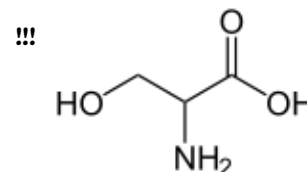
optická izomerie - formy aminokyselin:

- s **výjimkou glycinu** obsahují všechny kódované aminokyseliny ve své struktuře **asymetrický = chirální atom uhlíku C***
- asymetrický atom C* nese čtyři různé substituenty
- takové sloučeniny mohou vytvářet **2 optické izomery** lišící se rozmístěním substituentů na asymetrickém atomu uhlíku
- **enantiomery** neboli optické **antipody**
- tyto izomery se označují v biochemii tradičně jako **D-** a **L-formy** (nověji se v organické chemii označují jako R- a S-izomery - pravidla pro jejich určení jsou poměrně složitá, ale jednoznačnější)
- enantiomery odlišně **stáčí rovinu polarizovaného světla: doleva (-) či doprava (+)**
- směs enantiomerů v poměru **1:1** (ekvimolární směs) se nazývá **směs racemická** (racemát)
- racemát je **opticky inaktivní** = nestáčí rovinu polarizovaného světla

- **zrcadlové**, neztotožnitelné formy - izomery

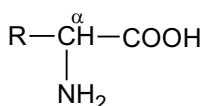


- v bílkovinách se vyskytují **pouze L-formy** !!!
- řada mikroorganismů využívá **D-formy** k tvorbě vysoce toxických peptidů – antibiotika
- modelovou sloučeninou pro zařazení aminokyselin do řady D- a L- je **serin**



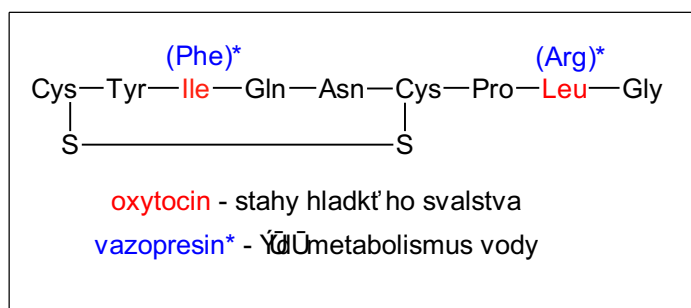
názvosloví:

- pro pojmenování se častěji než systematické používají **triviální** názvy odvozené od zdroje, z něhož byly prvně izolovány, nebo z výrazné vlastnosti, např.:



název	R	původ názvu
glycin	H -	podle sladké chuti (řec. glykós)
tyrosin	OH-C ₆ H ₄ -CH ₂ -	podle sýra (řec. tyros)
asparagin	NH ₂ -CO-CH ₂ -	podle chřestu (lat. asparagus)

- při zápisu složitých struktur peptidů a bílkovin se místo vzorců AK používají pouze **třípísmenné symboly** např. Gly, Tyr, Asn
- to je možné proto, že propojení jednotlivých aminokyselin do řetězců je prostřednictvím tzv. **peptidové vazby** stále stejné (viz dále)
- ukázka zápisu struktury **dvou lidských hormonů OXYTOCINU a VAZOPRESINU**, lišících se dvěma aminokyselinami, které mají zcela odlišné účinky



PŘEHLED KÓDOVANÝCH AMINOKYSELIN – dle kys./zás./pol./nepol. charakteru

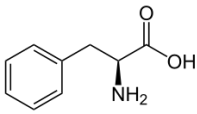
Přirozené aminokyseliny, tvořící základ bílkovin v živých organismech

Převzato: Vacík a kol: Přehled středoškolské chemie, SPN 1995

Název	Zkratka	R—	Typ
alanin	Ala	CH ₃ —	hydrofobní
leucin	Leu	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \end{array}$	
isoleucin	Ile	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \end{array}$	
valin	Val	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \end{array}$	
prolin	Pro	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{NH} \end{array}$	
fenylalanin	Phe	$\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 -$	
tryptofan	Trp	$\text{C}_8\text{H}_6\text{N}_2 - \text{CH}_2 -$	
methionin	Met	CH ₃ —S—CH ₂ —CH ₂ —	
glycin	Gly	H—	polární
serin	Ser	HO—CH ₂ —	
threonin	Thr	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \\ \\ \text{OH} \end{array}$	
tyrosin	Tyr	HO—C ₆ H ₄ —CH ₂ —	
asparagin	Asn	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} \\ \\ \text{C} - \text{CH}_2 - \\ \\ \text{O} \end{array}$	
glutamin	Gln	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} \\ \\ \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \\ \\ \text{O} \end{array}$	
cystein	Cys	HS—CH ₂ —	
lysin	Lys	H ₂ N—CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —CH ₂ —	bazický
arginin	Arg	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \\ \\ \text{NH} \end{array}$	
histidin	His	$\begin{array}{c} \text{CH} = \text{C} - \text{CH}_2 - \\ \quad \\ \text{N} \quad \text{NH} \\ \\ \text{CH} \end{array}$	
kyselina asparagová	Asp	HOOC—CH ₂ —	kyselé
kyselina glutamová	Glu	HOOC—CH ₂ —CH ₂ —	

PŘEHLED KÓDOVANÝCH AMINOKYSELIN – dle struktury postranního řetězce

struktura postranního řetězce R	triviální název	zkratky	izoelektrický bod pI
a) bez postranního řetězce			
- H	glycin	Gly G	6,0
b) s uhlovodíkovým nesubstituovaným řetězcem			
- CH ₃	alanin	Ala A	6,0
- CH(CH ₃) ₂	valin	Val V	6,0
- CH ₂ CH(CH ₃) ₂	leucin	Leu L	6,0
- CH(CH ₃)CH ₂ CH ₃	isoleucin	Ile I	6,0
c) s hydroxylem v postranním řetězci			
- CH ₂ OH	serin	Ser S	5,7
- CH(OH)CH ₃	threonin	Thr T	5,6
d) se sírnou skupinou v postranním řetězci			
- CH ₂ SH	cystein	Cys C	5,0
- CH ₂ CH ₂ -S-CH ₃	methionin	Met M	5,7
e) s karboxylem v postranním řetězci			
-CH ₂ COOH	kys. asparágová (aspartát)	Asp D	3,0
- CH ₂ CH ₂ COOH	kys. glutamová (glutamát)	Glu E	3,2
f) s karboxyamidovou skupinou v postranním řetězci			
- CH ₂ CONH ₂	asparagin	Asn N	5,4
- CH ₂ CH ₂ CONH ₂	glutamin	Gln Q	5,7
g) s postranním řetězcem s bazickou skupinou			
-(CH ₂) ₄ NH ₃ ⁺	lysin	Lys K	9,7
	arginin	Arg R	10,8
	histidin	His H	7,6
h) s aromatickým postranním řetězcem			
	fenylalanin	Phe F	5,5
	tyrosin	Tyr Y	5,6
	tryptofan	Trp W	5,9
i) s postranním řetězcem jako součástí kruhu			
	prolin	Pro P	6,3

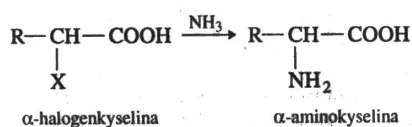
vzorec	triviální název	systematický název	zkratka	acyl
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	glycin	k. 2-aminoethanová k. α-aminooctová	Gly	glycyl
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	alanin	k. 2-aminopropanová k. α-aminopropionová	Ala	alanyl
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{H}_3\text{C} \quad \text{NH}_2 \end{array}$	valin	k. 2-amino-3-methylbutanová k. α-amino-3-methylmáselná	Val	valyl
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{H}_3\text{C} \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$	leucin	k. 2-amino-4-methylpentanová	Leu	leucyl
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \quad \quad \text{CH}_3 \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$	isoleucin	k. 2-amino-3-methylpentanová	Ile	isoleucyl
	fenylalanin	2-amino-3-fenylpropanová kyselina	Phe	fenylalanyl

SYSTEMATICKÉ NÁZVY NĚKTERÝCH AMINOKYSELIN

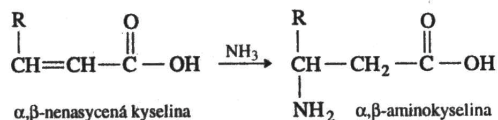
$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	serin	2-amino-3-hydroxypropanová kyselina	Ser	seryl
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \quad \\ \text{OH} \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$	threonin	2-amino-3-hydroxybutanová kyselina	Thr	threonyl
$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	kyselina asparagová		Asp	aspartyl
$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\ \quad \quad \quad \\ \quad \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$	kyselina glutamová	2-aminopentandiová	Glu	α-glutamyl

příprava aminokyselin:

α -aminokyseliny:



β -aminokyseliny:



aromatické aminokyseliny:



chemické (i fyzikální) vlastnosti

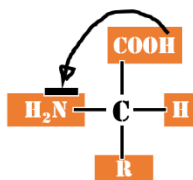
- pro konečné uspořádání bílkovinných řetězců jsou důležitější **fyzikální** vlastnosti postranních řetězců aminokyselin než jejich **chemická** povaha (viz Přehled 1)
- krystalické látky s poměrně vysokým bodem tání
- jsou to především velikost, **polarita** a **acidobazický** charakter

a) polarita

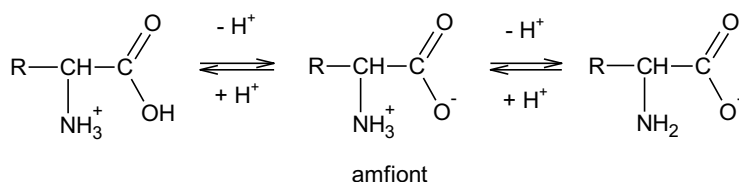
- kyseliny můžeme podle polarity dělit do dvou krajních skupin
 - aminokyseliny
 - **nepolární** – např. alanin
 - **polární** – např. asparagin
- mohou tvořit **vodíkové vazby** a podílet se na elektrostatických interakcích

b) acidobazické vlastnosti

- aminokyseliny mají **dipolární** charakter, tzn. že v závislosti na pH prostředí se mohou chovat jako **kyseliny** i jako **zásady**
- řadí se mezi tzv. **amfolyty**
- za určitých vlastností prostředí se mohou vyskytovat v podobě **obojakého iontu** – **amfiontu** !!!



- tj. iont, který navenek vystupuje jako **elektroneutrální částice**, ale ve skutečnosti ve své struktuře obsahuje celý **kladný i záporný náboj**
- tato vlastnost se často využívá při separaci a identifikaci aminokyselin (elektroforéza – izoelektrická fokusace)



izoelektrický bod¹ pI

- **hodnota pH** při, kterém je výsledný náboj nulový = AK se vyskytuje v podobě **amfiontu**

aminokyseliny:

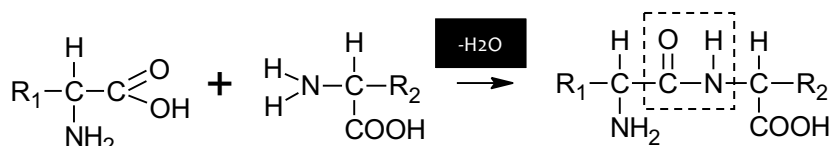
neutrální
kyselé
zásadité

chemické vlastnosti:

- nejběžnější reakce, kterým mohou aminokyseliny podléhat v rámci metabolismu, lze rozdělit do 4 skupin

a) kondenzace

- reakce, při kterých dochází k propojování aminokyselin do řetězců
- vzniká dipeptid až polypeptid (tj. bílkovina) obsahující **peptidové vazby**
- dipeptid obsahuje **1**, tripeptid **2**, atd... **peptidové vazby**

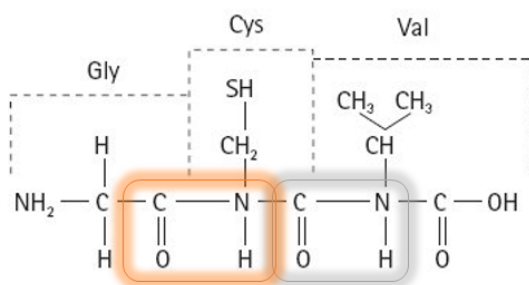


dipeptid (spojen **peptidovou** vazbou)

N-konec

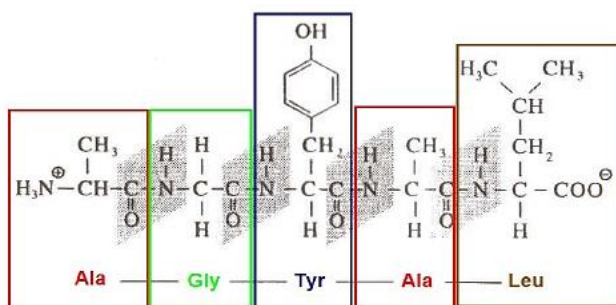
C-konec

- vznik **tripeptidu**, jež vznikl kondenzací aminokyseliny **glycinu**, **cysteinu** a **valinu**:



- vznik **pentapeptidu**, jež vznikl kondenzací aminokyseliny **alanin**, **glycin**, **tyrosinu**, **alaninu** a **leucinu**:

¹ pI = ½ (pK₁ + pK₂) pK ... disociační konstanty kyselin tzn. -NH₃⁺ a -COOH



CV:

Napište rovnici reakce, při které vzniká:

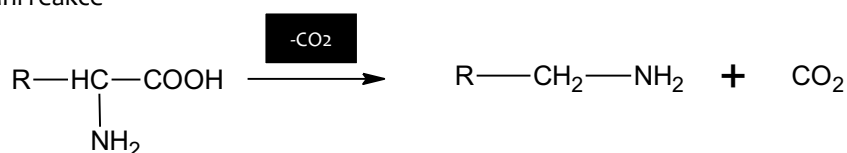
!!!

a) dipeptid složený z **alaninu** a **cysteinu**

b) tripeptid složený z **fenylalaninu**, **glycinu** a **serinu**

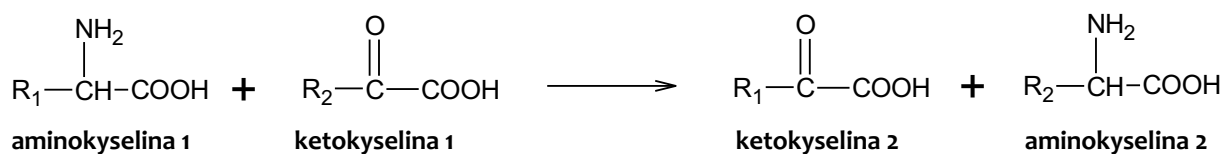
b) dekarboxylace

- reakce, které si využívají při odbourávání nadbytečných aminokyselin
- vznik aminokyselin (viz MO 18)
- irreverzibilní reakce



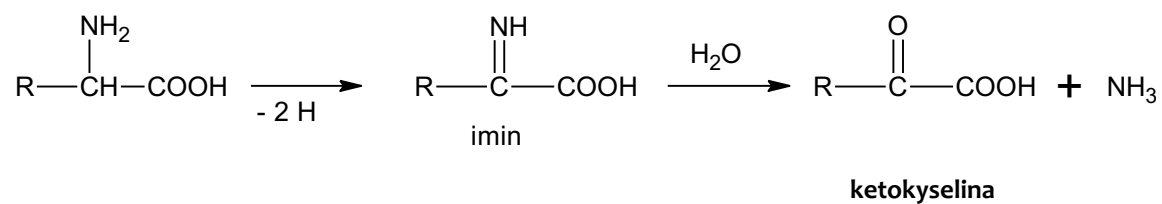
c) transaminace

- reakce slouží k **přenosu aminoskupiny** z **jedné** molekuly na **druhou**
- z **aminokyselin**, která je v nadbytku se může vyrobit **aminokyselina** potřebná



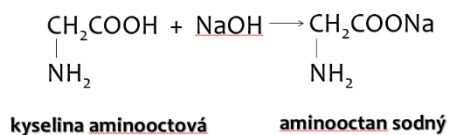
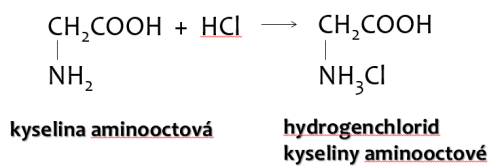
d) oxidační deaminace

- reakce sloužící při **získávání energie** z aminokyselin a bílkovin (např. při hladovění)
- vznik **ketokyselin**
- úplným odbouráním aminokyselin vzniká **oxid uhličitý**, **voda** a **amoniak**



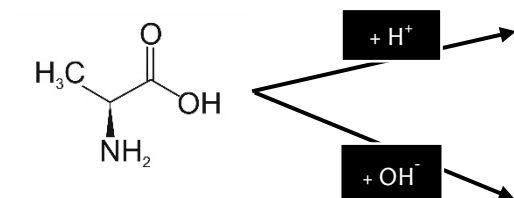
e) reakce s kyselinami a se zásadami

- AK mají **amfoterní** vlastnosti

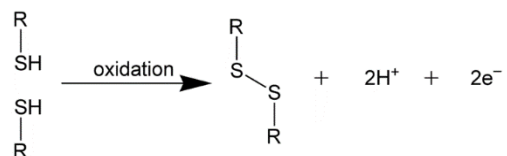


CV: Chování AK **alaninu** v kyselém a zásaditém prostředí:

!!!



f) tvorba **disulfidických můstků** u AK **cysteinu** a **methioninu**:

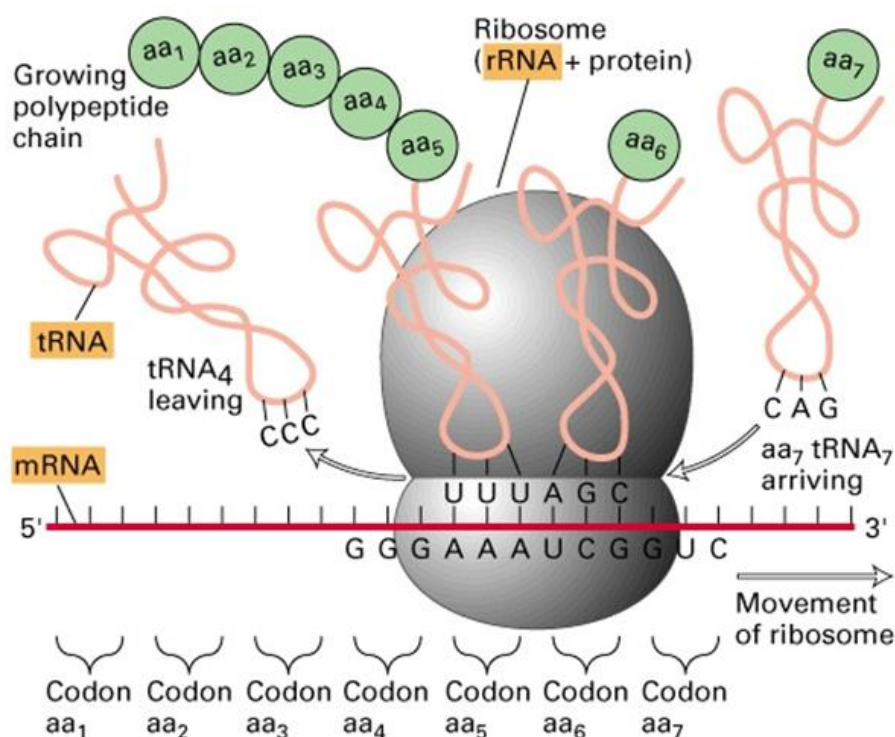


dodatky:

GENETICKÝ KÓD – KÓDOVÁNÍ AMINOKYSELIN

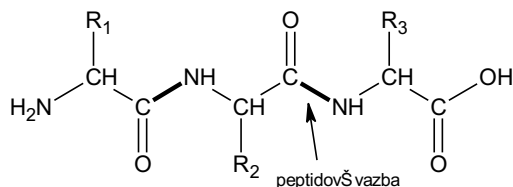
	U		C		A		G	
U	UUU	fenylalanin	UCU	serin	UAU	tyrosin	UGU	cystein
	UUC	fenylalanin	UCC	serin	UAC	tyrosin	UGC	cystein
	UUA	leucin	UCA	serin	UAA	stop	UGA	stop
	UUG	leucin	UCG	serin	UAG	stop	UGG	tryptofan
C	CUU	leucin	CCU	prolin	CAU	histidin	CGU	arginin
	CUC	leucin	CCC	prolin	CAC	histidin	CGC	arginin
	CUA	leucin	CCA	prolin	CAA	glutamin	CGA	arginin
	CUG	leucin	CCG	prolin	CAG	glutamin	CGG	arginin
A	AUU	izoleucin	ACU	treonin	AAU	asparagin	AGU	serin
	AUC	izoleucin	ACC	treonin	AAC	asparagin	AGC	serin
	AUA	izoleucin	ACA	treonin	AAA	lysin	AGA	arginin
	AUG	metionin	ACG	treonin	AAG	lysin	AGG	arginin
G	GUU	valin	GCU	alanin	GAU	kys.	GGU	glycin
	GUC	valin	GCC	alanin	GAC	asparagová	GGC	glycin
	GUA	valin	GCA	alanin	GAA	kys.	GGA	glycin
	GUG	valin	GCG	alanin	GAG	glutamová	GGG	glycin

PROCES TVORBY BÍLKOVINY - TRANSLACE



BÍLKOVINY (PROTEINY)²

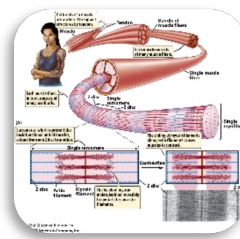
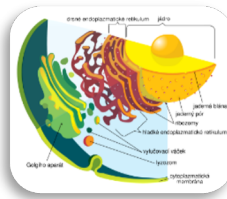
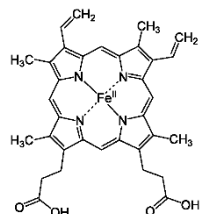
- **biomakromolekulární** látky tvořené více než 100 zbytky **aminokyselin** – **polypeptidy**
- obsahují atomy uhlíku, vodíku, kyslíku, ale také síry, dusíku a fosforu
- produkty **kondenzace** aminokyselin = **aminokyseliny** spojené **peptidovou vazbou**
- př. strukturní vzorec obecného tripeptidu:



- bílkoviny jsou látky s **nejpestřejší** škálou **funkcí**

funkce bílkovin:

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ pohybová ▪ stavební ▪ transportní ▪ řídící ▪ ochranné ▪ katalytická | <ul style="list-style-type: none"> - např. aktin a myozin jsou obsaženy mimo jiné ve svalích - např. keratin, elastin, kolagen jsou obsaženy např. ve vlasech, šlachách či kloubech - např. hemoglobin zajišťuje přenosu jiných látek (př. dých. plyny, živiny) - např. hormony ACTH, STH, ADH, oxytocin - např. imunoglobuliny napomáhají při obraně organismu - např. enzymy – uskutečnění biochemických dějů v buňce |
|--|--|



dělení dle základních strukturních vlastností:

fibrilární - skleroproteiny

- mají **vláknitou** strukturu
- jsou většinou **nerozpustné** ve **vodě**
- tvoří hlavně **podpůrné** struktury
- např. **keratin** (rohovina) – obsažen v pokožce, nehtech, vlasech
- kolagen** – vazivo, chrupavky, kosti
- fibrin** – bílkovina krevní plazmy podílející se na srážení krve
- aktin a myozin** – bílkoviny svalových tkání

globulární - sféroproteiny

- mají přibližně **kulovitý** tvar
- většinou dobře **rozpustné** ve **vodě**
- např. bílkovinné složky **enzymů**
- imunoglobuliny** – protilátky

² z řec. prótos - první

globin
albumin

- součást hemoglobinu
- hlavní bílkovina krevní plazmy

dělení dle zdroje:

- **rostlinné**
čočka, fazole, hrách
- **živočišné**
maso – hovězí, méně pak kuřecí
vejce, mléko, sýry, aj.

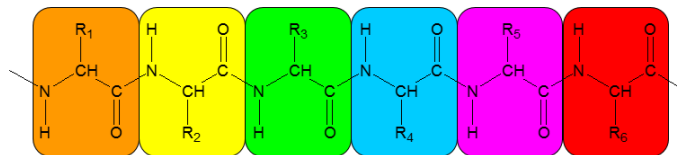
struktura bílkovin:

- primární
- sekundární
- terciární

každá molekula bílkoviny zahrnuje **všechny** typy struktur (prim.-terc.) !!!

a) primární

- vyjádřena **pořadím aminokyselin** v **bílkovinném řetězci**
- pořadí AK určeno **pořadím nukleotidů v mRNA**, resp. DNA
- má vliv na chemické a biologické vlastnosti molekuly
- zejména biologická funkce je podmíněna prostorovým uspořádáním řetězce

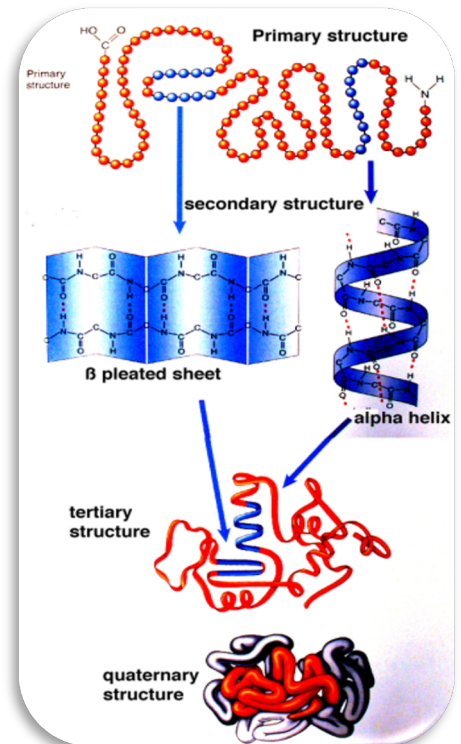


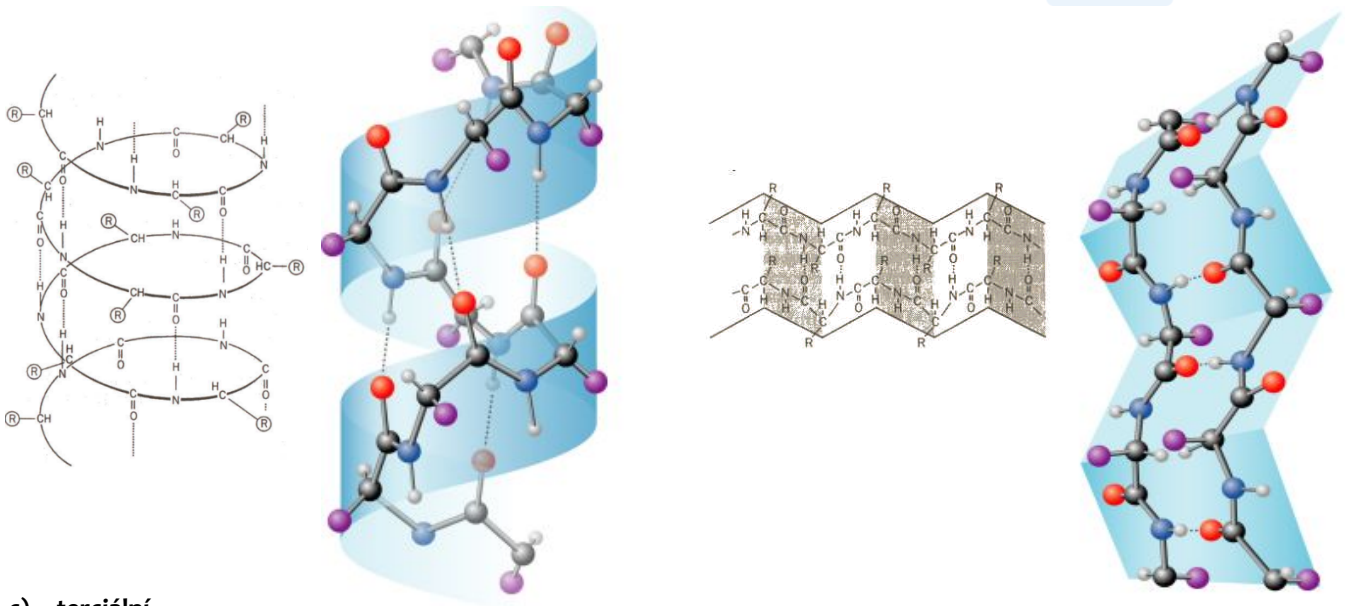
b) sekundární

- pravidelné **prostorové uspořádání** hlavního řetězce – přítomnost **vodíkových vazeb** (mezi atomem O karbonylu a H atomem skupiny -NH-)
- makromolekulární řetězec má snahu **stabilizovat** se vytvářením takových **prostorových uspořádání**, v nichž by si aminokyselinové zbytky vzájemně **nepřekážely** a v nichž by bylo co **nejvíce vodíkových vazeb**

α-šroubovice (α-helix)

β-skládaný list

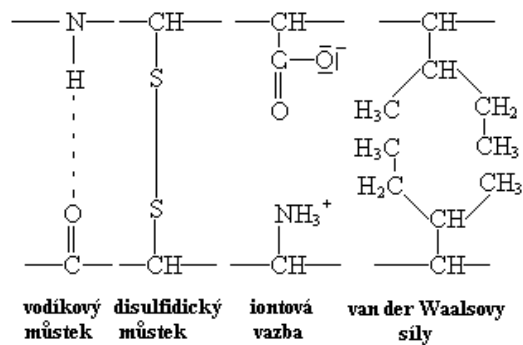
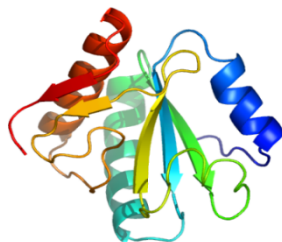




c) terciální

- jedná se o prostorové uspořádání sekundární struktury = uspořádání α -helixů a β -listů v prostoru
- bílkovina získává charakteristický **tvar**
- molekula je navíc zpevněna:

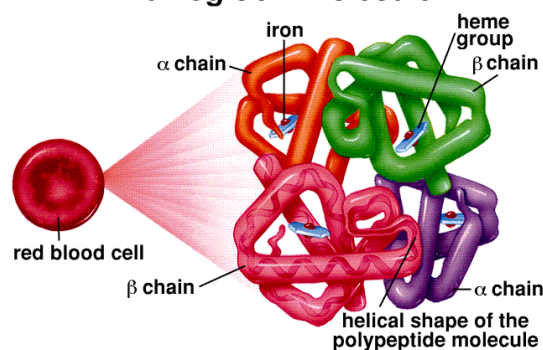
(vodíkovými můstky)
disulfidickými můstky
iontovými interakcemi
Van der Walsovými silami



d) kvartérní

- uspořádání jednotlivých polypeptidových řetězců u složitějších bílkovinných molekul
- proteinové **aglomeráty**, tvořící jednu funkční **bílkovinu**
- podjednotky jsou **samostatné polypeptidické struktury**, které jsou navzájem spojeny **nekovalentními interakcemi**

Hemoglobin Molecule



důkazové reakce bílkovin:

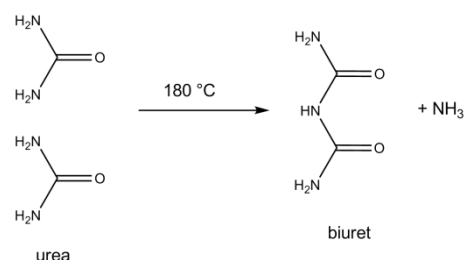
- důkazy **peptidové vazby**
- v lékařství mohou sloužit např. k určení bílkovin v moči apod.

xantoproteinová reakce

- ke zkoumanému vzorku přidáme konc. HNO_3 , zahřejeme k varu a přidáme amoniak
- přítomnost bílkoviny se projeví **žlutooranžovým** zbarvením

biuretová reakce

- ke zkoumanému vzorku přidáme NaOH , poté přikapáváme modrou skalici
- přítomnost bílkoviny způsobí **modrofialové zbarvení**
- po přidání **amoniaku zoranžoví**



koagulace = srážení bílkovin z roztoku

- **nevratná** (irreversibilní) - soli těžkého kovu (Pb); sraženinu nelze rozpustit
- **vratná** (reversibilní) - přidání solí (např. NaCl) vzniká sraženina, kterou lze přidáním vody rozpustit

denaturace bílkovin:

- **změna struktury bílkovin**, způsobené účinkem **fyzikálních** a chemických **faktorů**, které vedou ke **ztrátě biologických vlastností** bílkoviny způsobená **poškozením terciální struktury**
- změna tvaru, optické aktivity, rozpustnosti, barvy....
- podle intenzity poškození může být **vratná** nebo častěji **nevratná** (ireverzibilní)
- může být způsobena vysokou teplotou, změnou pH, přítomností iontů těžkých kovů
- zvyšuje **stravitelnost** bílkovin
- při denaturaci se hubí **choroboplodné zárodky**
- k denaturaci dochází:

- ✓ změnou pH (přídavek kyseliny či zásady)
- ✓ zvýšením teploty (var) nebo tlaku
- ✓ sloučeniny těžkých kovů (Pb)
- ✓ karbonylové sloučeniny

vysolování

- bílkoviny ztrácejí **solvatační** obal v roztoku solí
- metoda **separace** proteinů (bílkovin) založená na skutečnosti, že bílkoviny jsou v prostředí vysokých koncentrací solí méně **rozpuštěné**
- když **vzroste koncentrace solí** v roztoku (NaCl), část molekul vody je přitahována k iontům soli místo k elektricky nabitým oblastem v molekule proteinu
- důsledku jsou oslabeny interakce protein-voda a **převládá interakce protein-protein**, které vedou ke **koagulaci** proteinu

koloidní roztoky:

- tvořeny bílkovinami rozpustnými ve vodě
- rozptýlené částice bílkovin jsou objemné

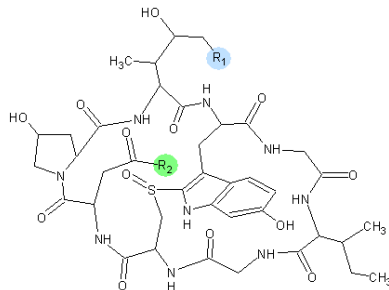
syntéza bílkovin:

- proces proteosyntézy – viz **MO 22** – NK a **MO 24** – Metabolismy základních živin

PEPTIDY

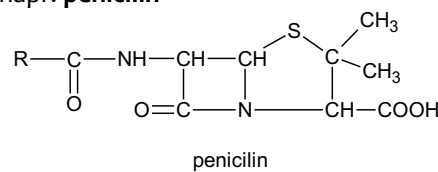
- **nízkomolekulární** obdoby bílkovin
- vznikají **při odbourávání bílkovin**, některé jsou syntetizovány a mohou mít specifickou funkci, např.:

- některé **hormony** – např. hormony hypofýzy (**vazopresin, oxytocin**), insulin ad.
- některé **nervové přenašeče** – např. **endorfiny** (opiátové receptory)



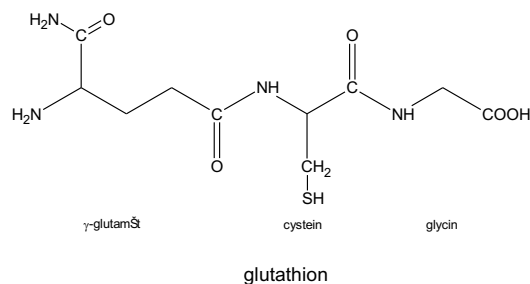
$R_1 = \text{OH}$	$R_2 = \text{NH}_2$	α -Amanitin
$R_1 = \text{OH}$	$R_2 = \text{OH}$	β -Amanitin
$R_1 = \text{H}$	$R_2 = \text{NH}_2$	γ -Amanitin

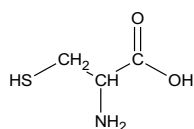
- peptidotoxiny – např. **neurotoxiny** hadů a štírů, včelí toxin, amanitin muchomůrek
- antibiotika** – např. **penicilin**



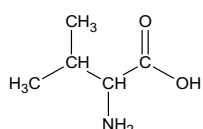
g) glutathion

- přírodní tripeptid obsažený ve většině buněk, nukleofilní činidlo schopné odstraňovat z buněk těžké kovy a organické elektrofilní sloučeniny

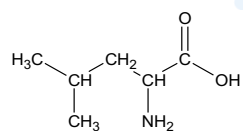




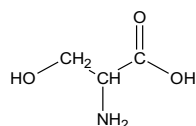
2-amino-3-merkaptopropanovŠ kys.
Cystein (Cys)



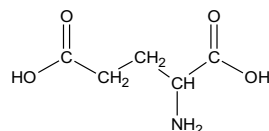
2-amino-3-methylbutanovŠ kys.
Valin (Val)



2-amino-4-methylpentanovŠ kys.
Leucin (Leu)



2-amino-3-hydroxypropanovŠ kys.
Serin (Ser)



2-aminopentandiovŠ kys.
Kyselina glutamovŠ (Glu)