

# BIOCHEMIE I - SEMINÁŘ

## **Vyučující:**

Doc. Mgr. Pavel Bouchal, Ph.D.

Mgr. Vojtěch Sedláček, Ph.D.

# PROGRAM SEMINÁŘE

- Úvod+aminokyseliny
- Peptidy
- Bílkoviny
- Test 1
- Termodynamika enzymových reakcí
- Úvod do enzymové kinetiky
- Sacharidy a lipidy - struktura
- Test 2
- Metabolismus sacharidů
- Metabolismus lipidů, citrátový cyklus
- Respirační řetězec a fotosyntéza
- Test 3

Opravné termíny zápočtu

## LITERATURA

- Elektronická skripta Úlohy z biochemie, V. Mikeš
- Prezentace  
(IS MU: Studijní materiály/Učební materiály/Bouchal)

## PODMÍNKY ZÍSKÁNÍ ZÁPOČTU

- Účast ve výuce: povolena 1 neomluvená absence (nemoc – lékařské potvrzení na studijní oddělení => omluva)
- Testy (3), min. 50% z **celkového** počtu bodů => zápočet v řádném termínu
- Souhrnný test z učiva celého předmětu => zápočet v 1. (2.) opravném termínu

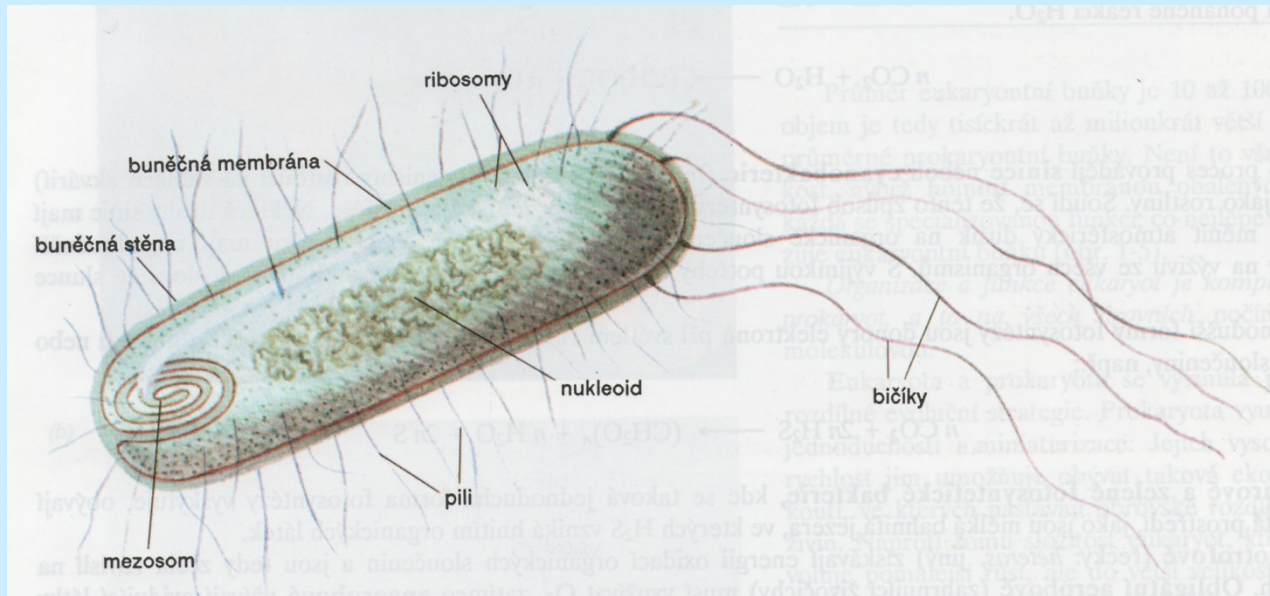
Zdroje obrázků:

Voet D., Voetová J.G.: Biochemie. Victoria Publishing Praha, 1995.

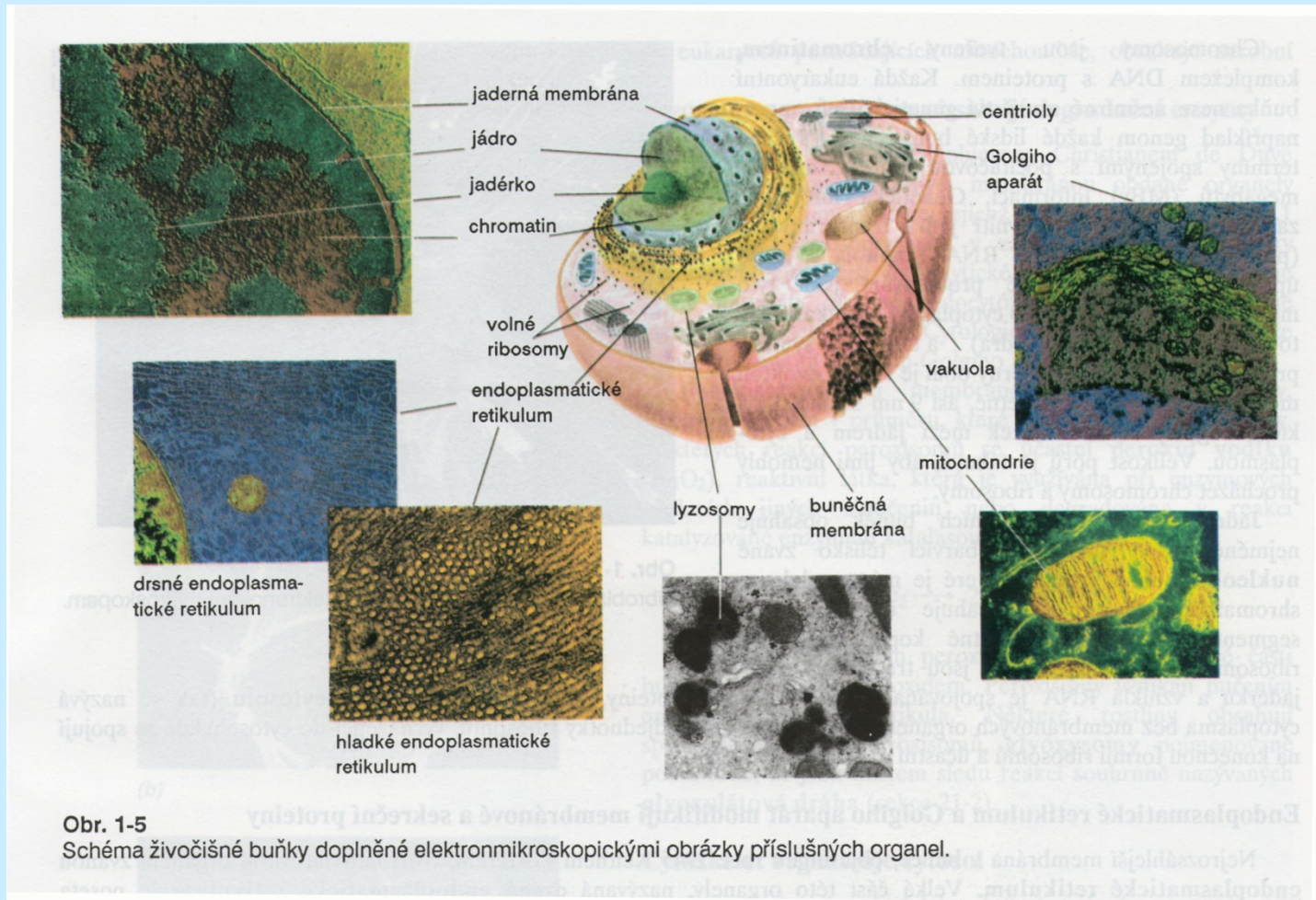
Potáček, M.: Organická chemie pro biology. Masarykova univerzita, Brno 1995.

Mikeš, V.: Úlohy z biochemie. Elektronická skripta.

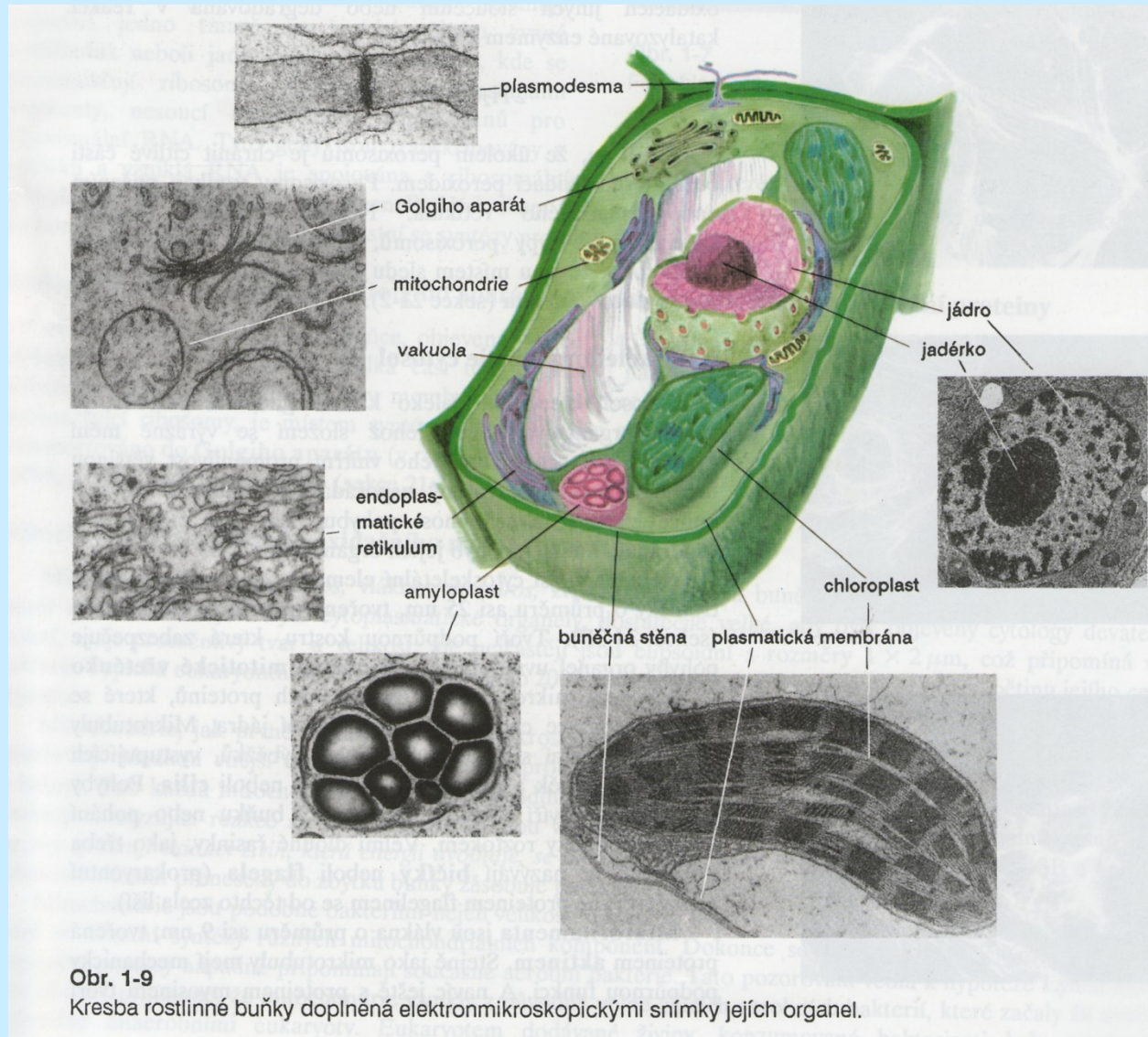
# PROKARYOTICKÁ BUŇKA



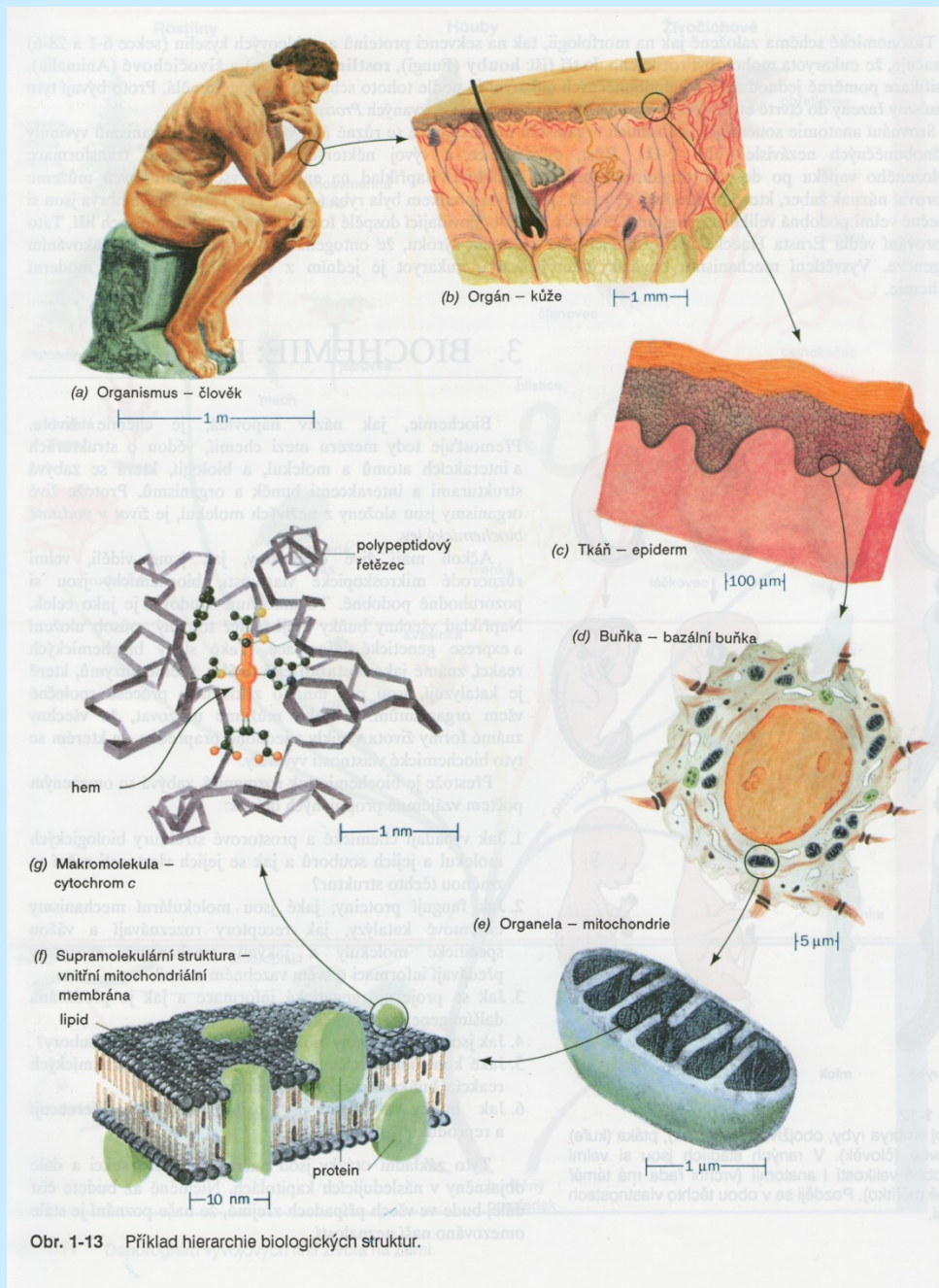
# EUKARYOTICKÁ BUŇKA - ŽIVOČIŠNÁ



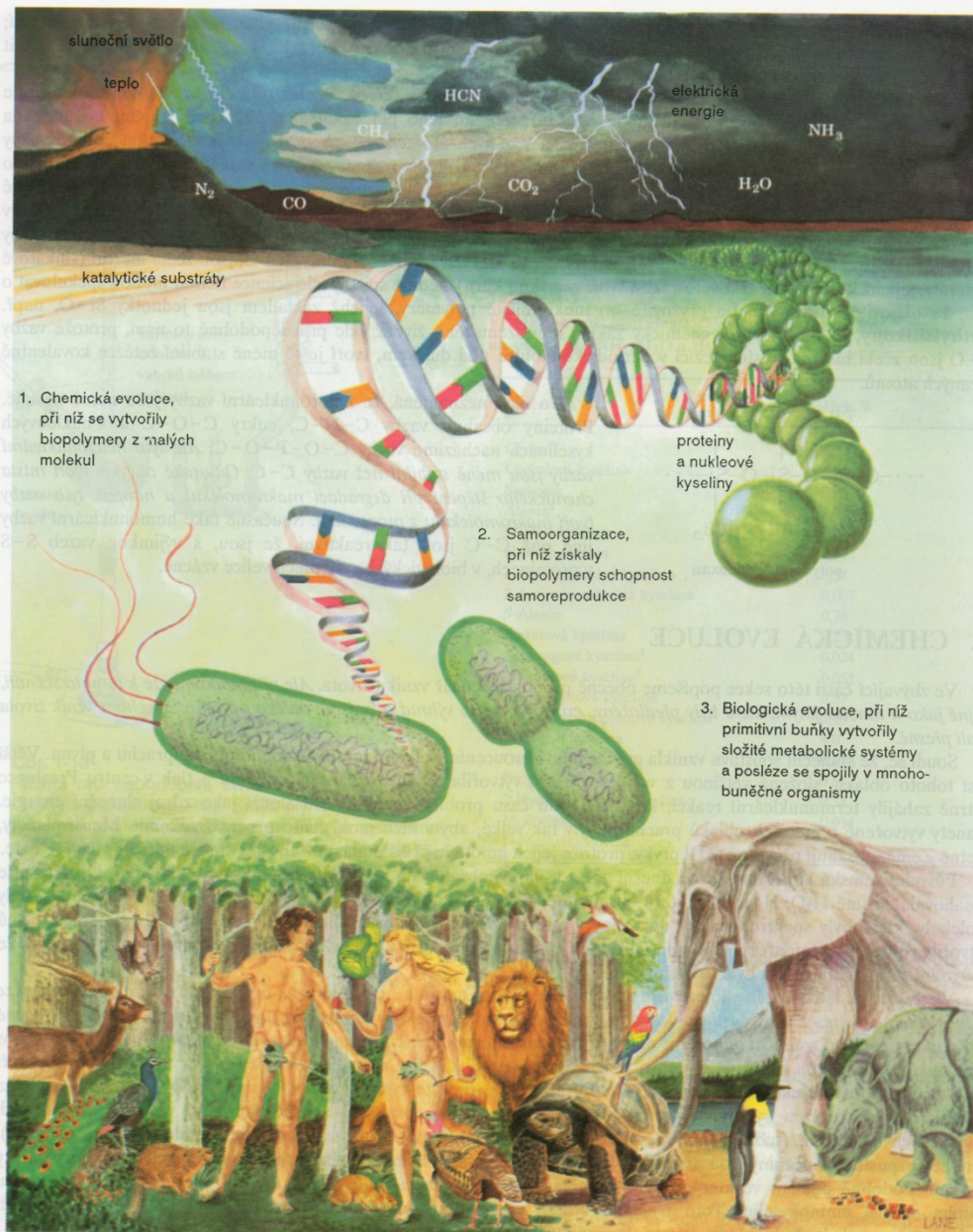
# EUKARYOTICKÁ BUŇKA - ROSTLINNÁ



# HIERARCHIE BIOLOGICKÝCH STRUKTUR

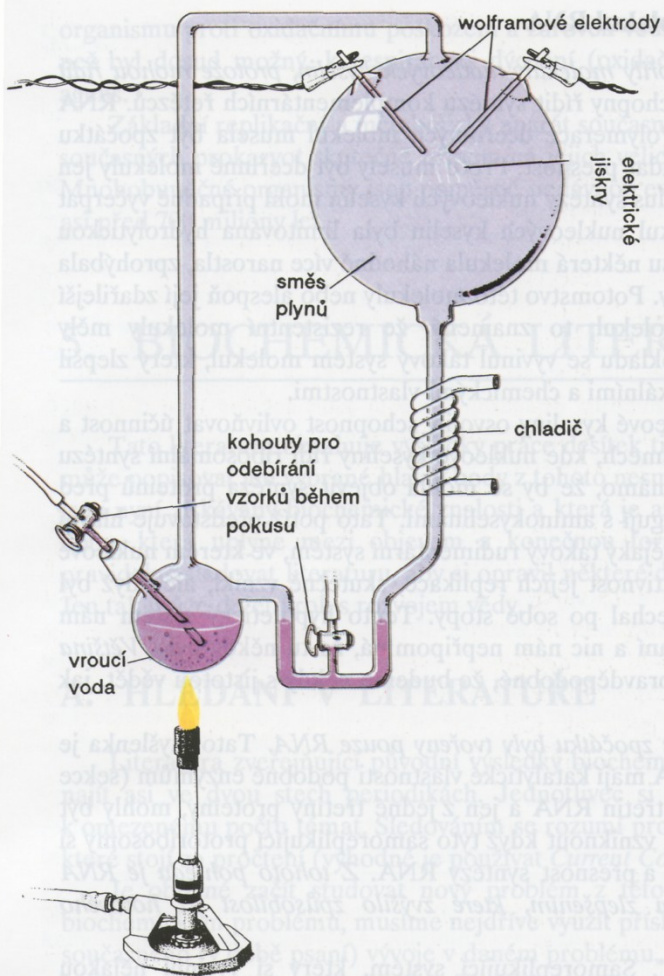


Obr. 1-13 Příklad hierarchie biologických struktur.



Obr. 1-17 Život vznikl? Pravděpodobná odpověď je, že byl řízen Davisonovým principem přežití schopnějšího; podobně Tři stadia vývoje života. molekularní úroveň.





**Obr. 1-18**

Přístroj pro napodobení syntézy organických sloučenin na prebiotické Zemi. Směs plynů připomínající primitivní redukční zemskou atmosféru je vystavena elektrickým výbojům, které simulují účinek blesků, zatímco voda v systému cirkuluje tak, aby se nově vytvořené sloučeniny v ní rozpouštěly a akumulovaly.

Báze nukleových kyselin se také tvořily za předpokládaných prebiotických podmínek. Adenin vzniká kondenzací HCN, hojně složky prebiotické atmosféry, v reakci katalyzované  $\text{NH}_3$  (sumární vzorec adeninu je  $(\text{HCN})_5$ ). Ostatní báze byly syntetizovány podobnými reakcemi, jichž se účastnily HCN a  $\text{H}_2\text{O}$ . Cukry vznikly polymerací formaldehydu ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) v reakcích katalyzovaných dvojmocnými kationty, oxidem hliníovým, nebo jíly. Asi není náhoda, že tyto látky jsou základními složkami biologických molekul. *Zjevně to byly neobvyklejší organické sloučeniny v prebiotických časech.*

**Tabulka 1-3**

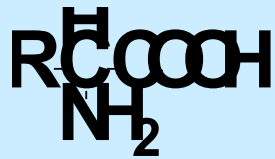
Výtěžky po působení elektrických výbojů na směs  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  a  $\text{H}_2$

Sloučenina	Výtěžek, %
Glycin <sup>a</sup>	2,1
Glykolová kyselina	1,9
Sarkosin	0,25
Alanin <sup>a</sup>	1,7
Mléčná kyselina	1,6
N-Methylalanin	0,07
2-Aminomáselná kyselina	0,34
2-Aminoisomáselná kyselina	0,007
$\beta$ -Alanin	0,76
Jantarová kyselina	0,27
Asparagová kyselina <sup>a</sup>	0,024
Glutamová kyselina <sup>a</sup>	0,051
Iminodioxová kyselina	0,37
Iminoacetopropionová kyselina	0,13
Mravenčí kyselina	4,0
Octová kyselina	0,51
Propionová kyselina	0,66
2-Hydroxomáselná kyselina	0,34
Močovina	0,034
N-Methylmočovina	0,051

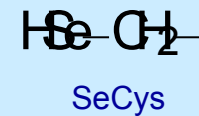
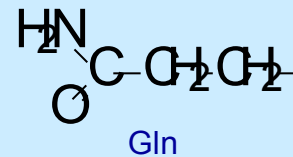
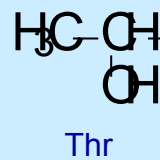
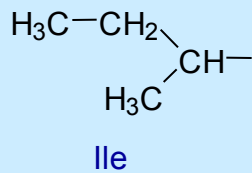
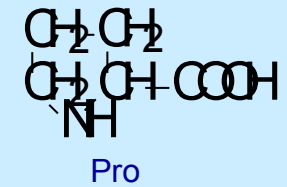
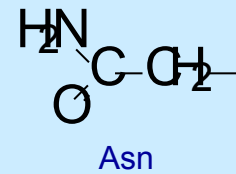
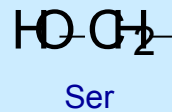
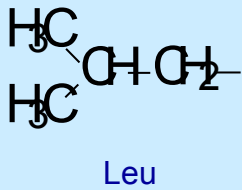
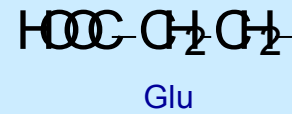
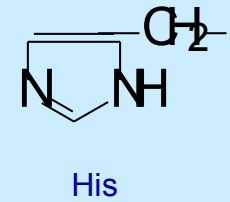
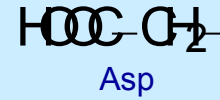
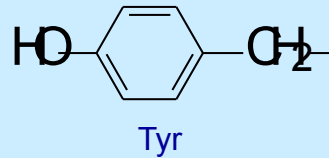
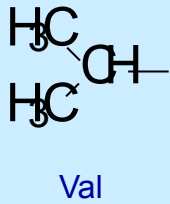
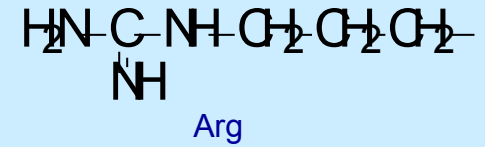
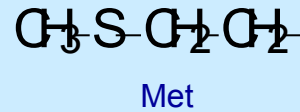
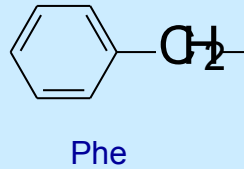
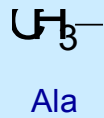
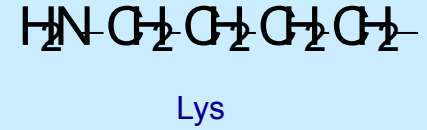
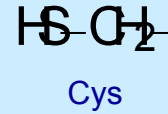
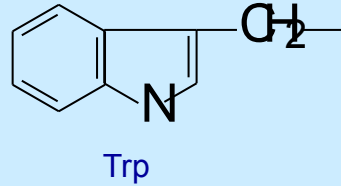
<sup>a</sup>Přirozené složky proteinů.

**Tabulka 1-1**  
**Molekulové složení *E. coli***

<b>Složka</b>	<b>Hmotnostní procento</b>
H <sub>2</sub> O	70
Proteiny	15
DNA	1
RNA	6
Polysacharidy a jejich prekurzory	3
Lipidy a jejich prekurzory	2
Ostatní malé organické molekuly	1
Anorganické ionty	1



## PŘEHLED AMINOKYSELIN



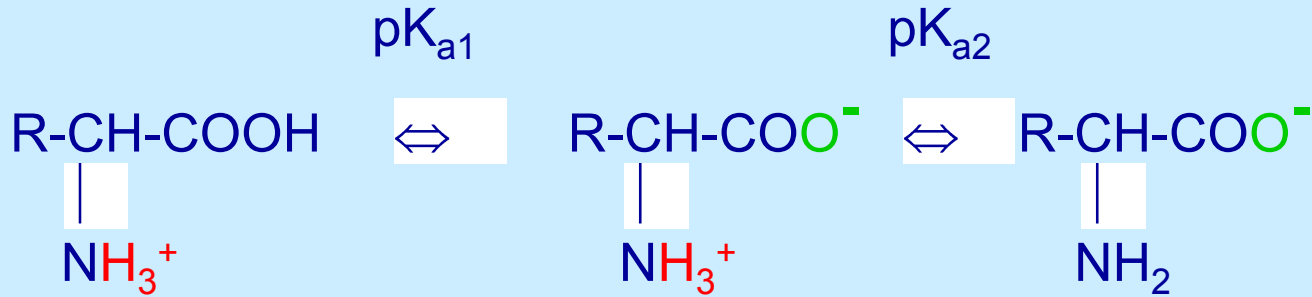
# JEDNO- A TŘÍPÍSMENNÉ ZKRATY AMINOKYSELIN

Aminokyselina	Třípísmenná zkratka	Jednopísmenná zkratka <sup>a</sup>	Aminokyselina	Třípísmenná zkratka	Jednopísmenná zkratka <sup>a</sup>
Alanin	Ala	A	Histidin	His	H
Arginin	Arg	R	Isoleucin	Ile	I
Asparagin	Asn	N	Leucin	Leu	L
Asparagová kys.	Asp	D	Lysin	Lys	K
Asparagin nebo asparagová kys.	Asx	B	Methionin	Met	M
Cystein	Cys	C	Prolin	Pro	P
Fenylalanin	Phe	F	Serin	Ser	S
Glutamin	Gln	Q	Threonin	Thr	T
Glutamová kys.	Glu	E	Tryptofan	Trp	W
Glutamin nebo glutamová kys.	Glx	Z	Tyrosin	Tyr	Y
Glycin	Gly	G	Valin	Val	V

<sup>a</sup> Písmenem X se značí jednak neurčené aminokyseliny, jednak aminokyseliny nepatřící mezi základní.

# DISOCIACE AMINOKYSELIN

## I. DISOCIACE KARBOXYLOVÉ SKUPINY A AMINOSKUPINY



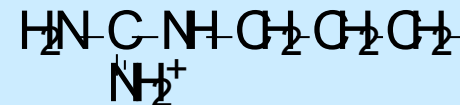
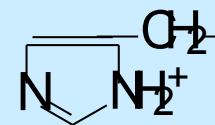
## II. DISOCIACE BOČNÍHO ŘETĚZCE

- $\text{pK}_{a3}$
1. -R nedisociuje
  2.  $-\text{RH} \rightleftharpoons -\text{R}^-$  KYSELÉ AK: protonovaná forma je nenabitá
  3.  $-\text{RH}^+ \rightleftharpoons -\text{R}$  BAZICKÉ AK: protonovaná forma je kladně nabitá

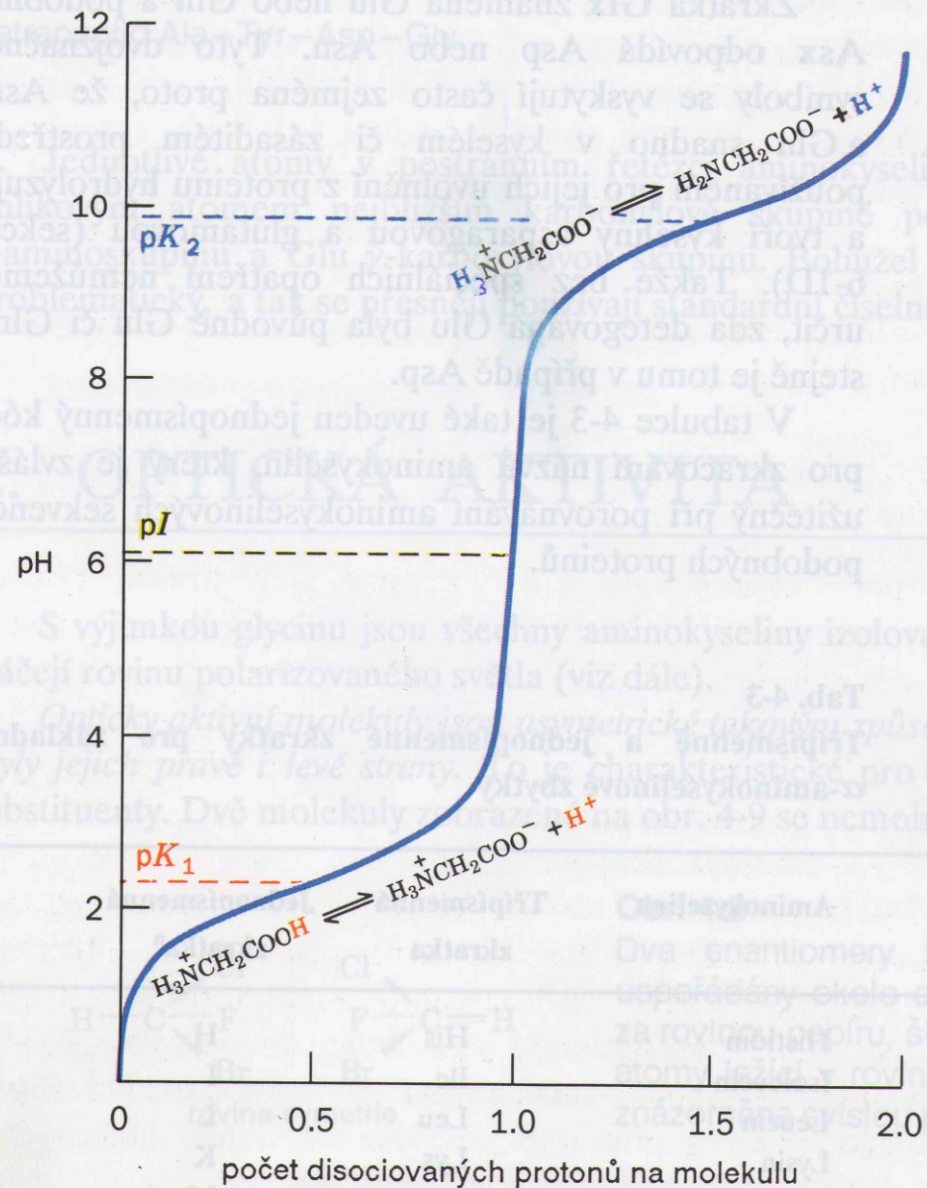
Typ disociace bočního řetězce a jeho náboj při daném pH lze rozlišit pouze na základě znalosti jeho chemické struktury!!!

# DISOCIAČNÍ KONSTANTY AMINOKYSELIN

AK	$pK_{a1}$	$pK_{a2}$	$pK_{a3}=pK_a$ bočního řetězce	
• Ala	2.3	9.9		
• Gly	2.4	9.8		
• Phe	1.8	9.1		
• Ser	2.1	9.2		
• Val	2.3	9.6		
• Asp	2.0	10.0	3.9	-COOH
• Glu	2.2	9.7	4.3	-COOH
• His	1.8	9.2	6.0	-imidazolium
• Cys	1.8	10.8	8.3	-SH
• Tyr	2.2	9.1	10.9	-fenol
• Lys	2.2	9.2	10.8	-NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>
• Arg	1.8	9.0	12.5	-guanidinium
• Asn	2.0	8.8		
• Gln	2.2	9.1		
• Trp	2.4	9.4		
• Leu	2.4	9.6		
• Ile	2.3	9.6		
• Met	2.3	9.2		
• Thr	2.2	9.1		
• Pro	2.0	10.6		



# TITRAČNÍ KŘIVKA GLYCINU



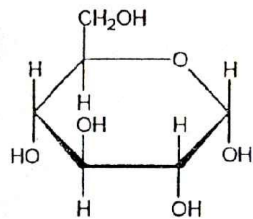
Obr. 4-5

Titrační křivka glycinu. Podobně jsou ionizovány také ostatní monoaminomonokarboxylové kyseliny.

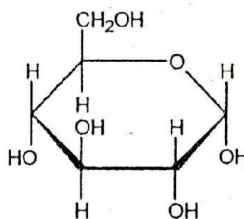




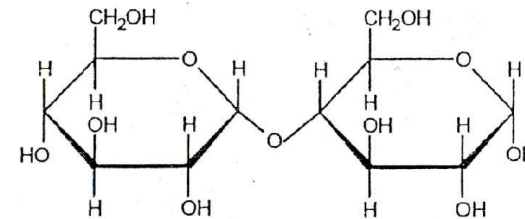
# VYBRANÉ DISACHARIDY



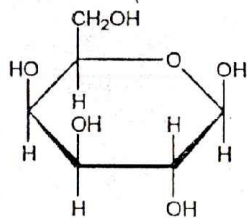
$\alpha$  - D - glukopyranosa



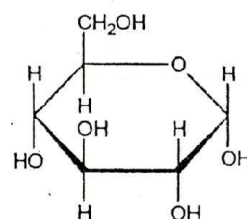
$\alpha$  - D - glukopyranosa



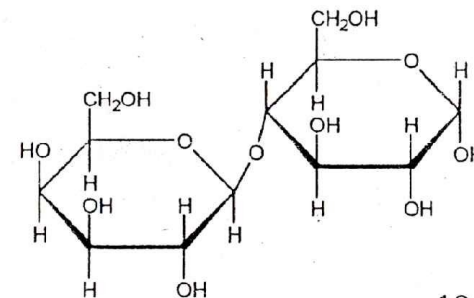
4-O- $\alpha$ -D-glukopyranosyl-D-glukopyranosa  
(maltosa)



$\beta$  - D - galaktopyranosa

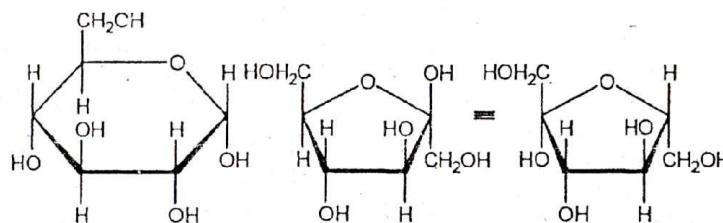


$\alpha$  - D - glukopyranosa



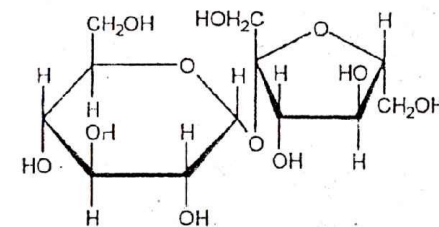
4-O- $\beta$ -D-galaktopyranosyl-D-glukopyranosa  
(laktosa)

19. 3. 1.



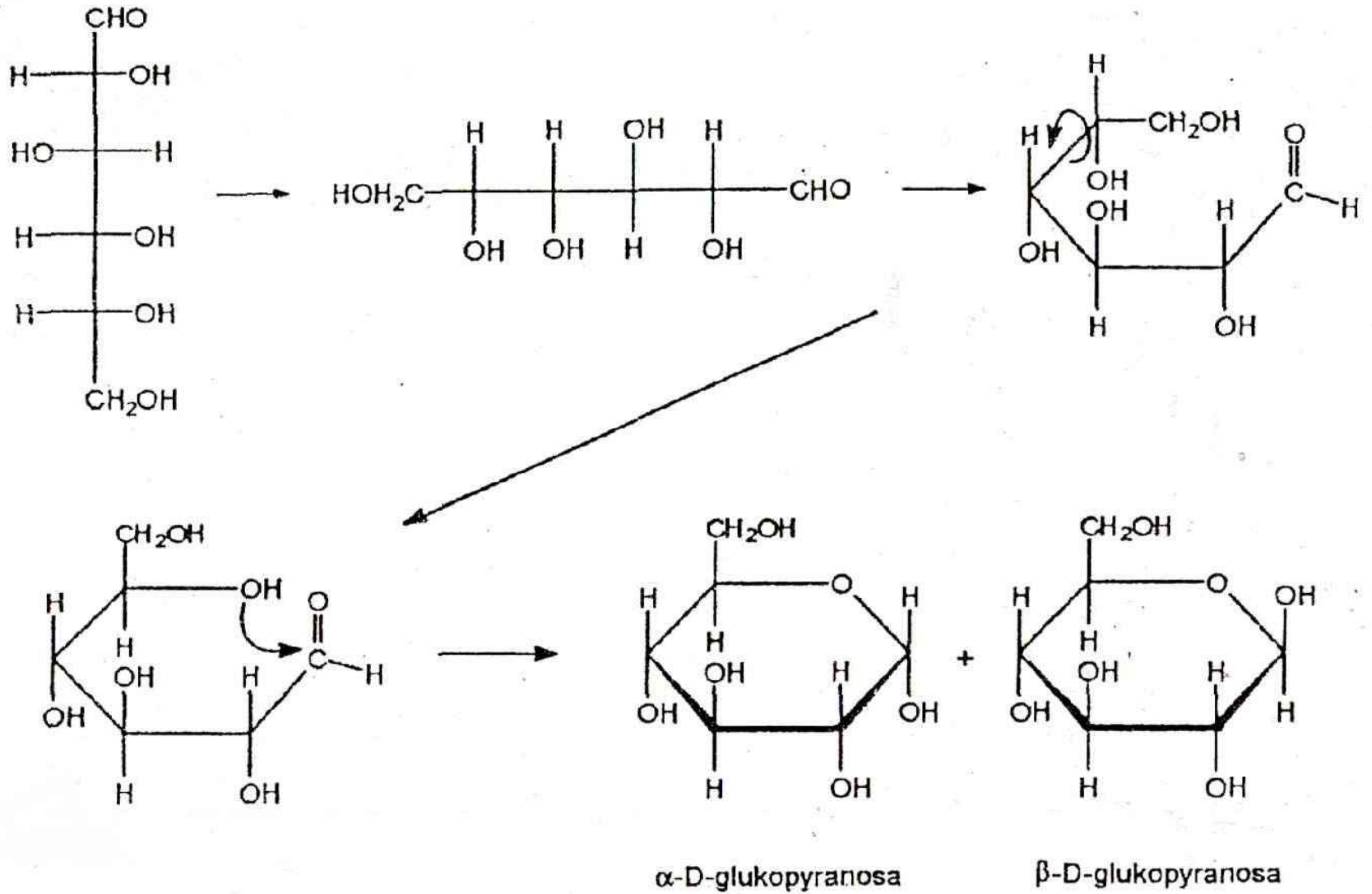
$\alpha$  - D - glukopyranosa

$\beta$  - D - fruktofuranosa

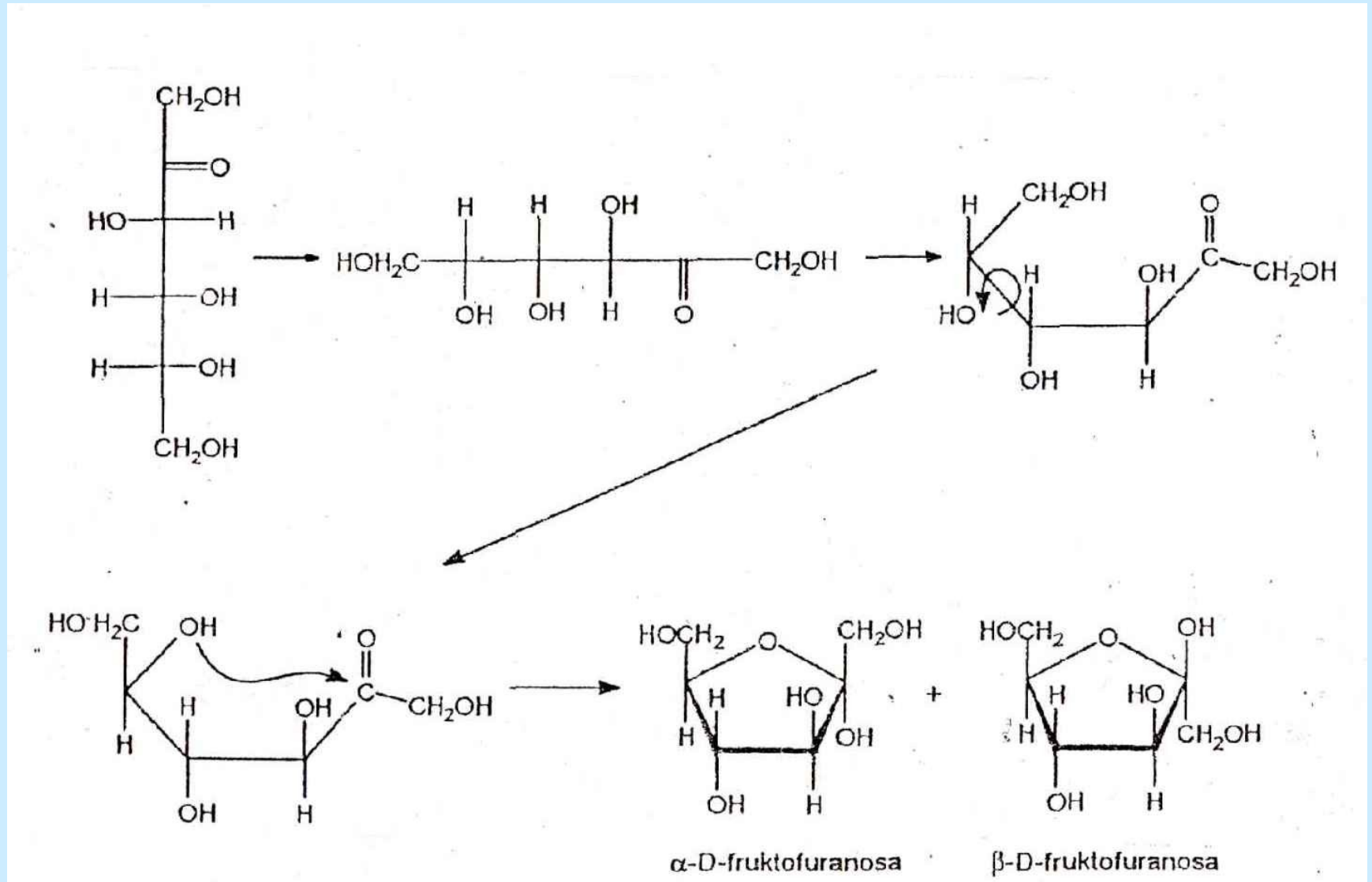


$\beta$ -D-fruktofuranosyl- $\alpha$ -D-glukopyranosid  
(sacharosa)

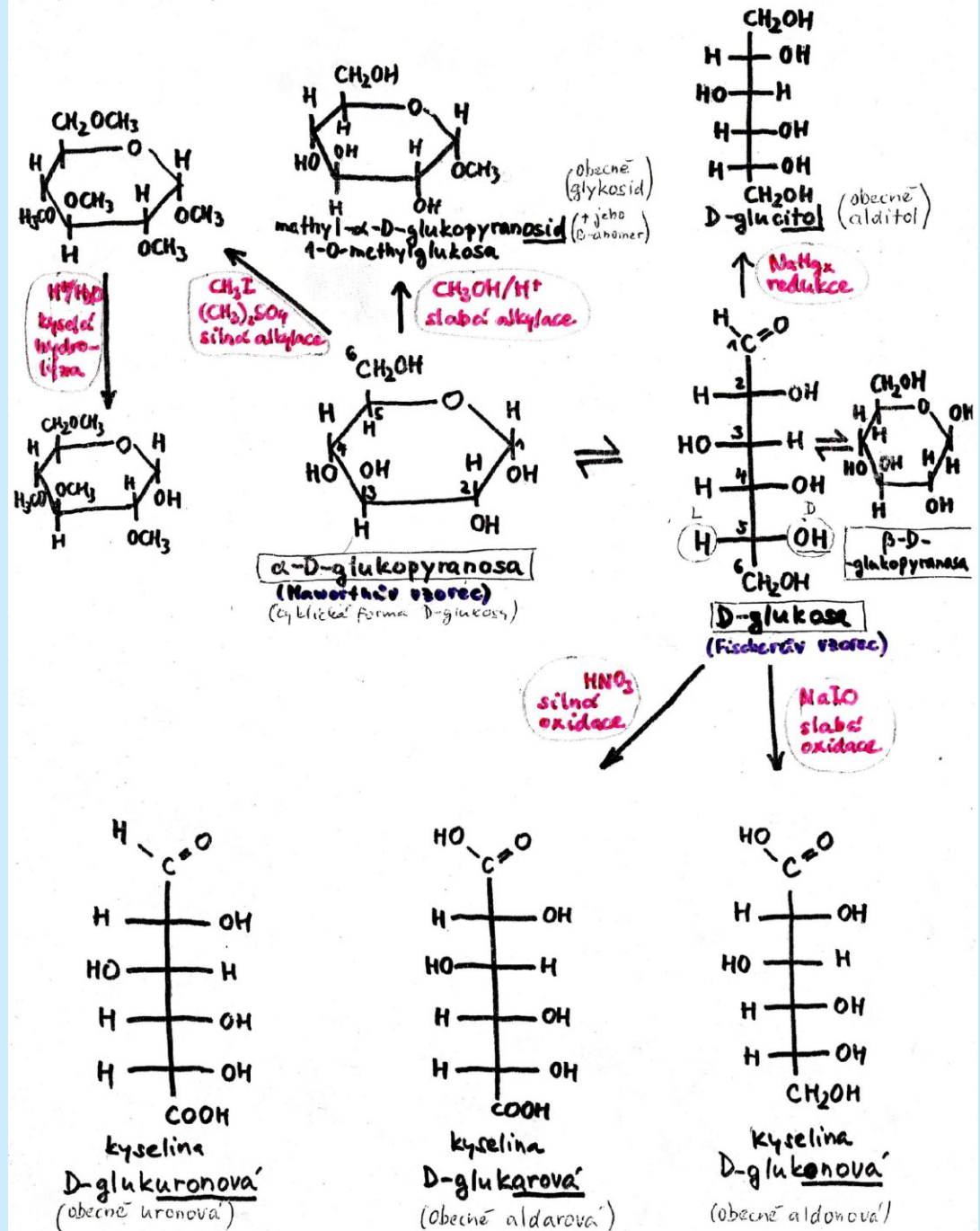
# UZAVÍRÁNÍ CYKLU: ALDOSY



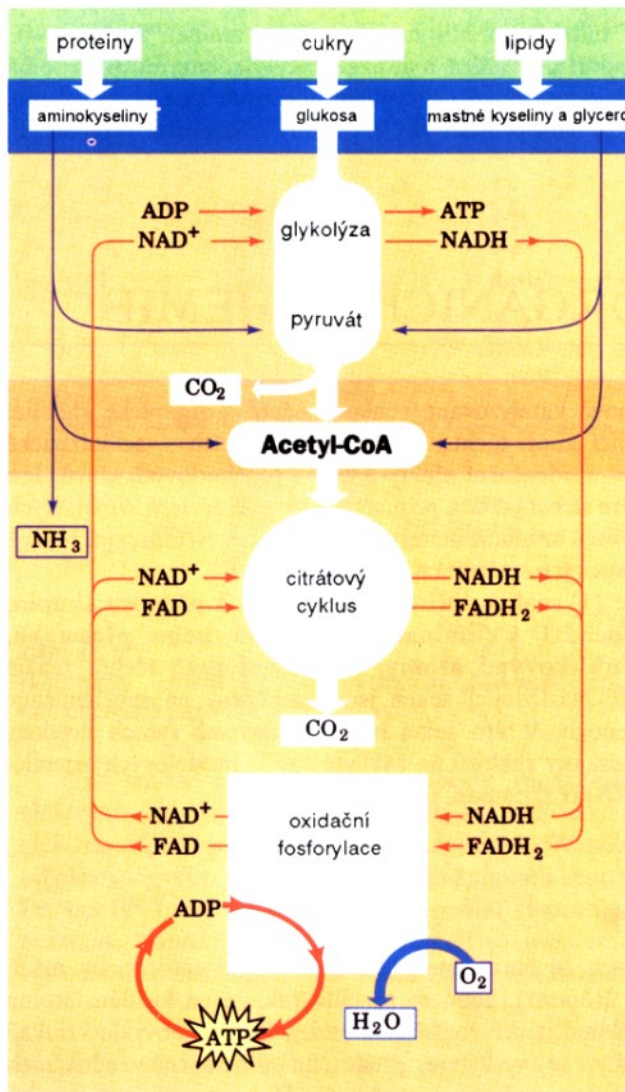
# UZAVÍRÁNÍ CYKLU: KETOSY



# VYBRANÉ CHEMICKÉ VLASTNOSTI MONOSACHARIDŮ

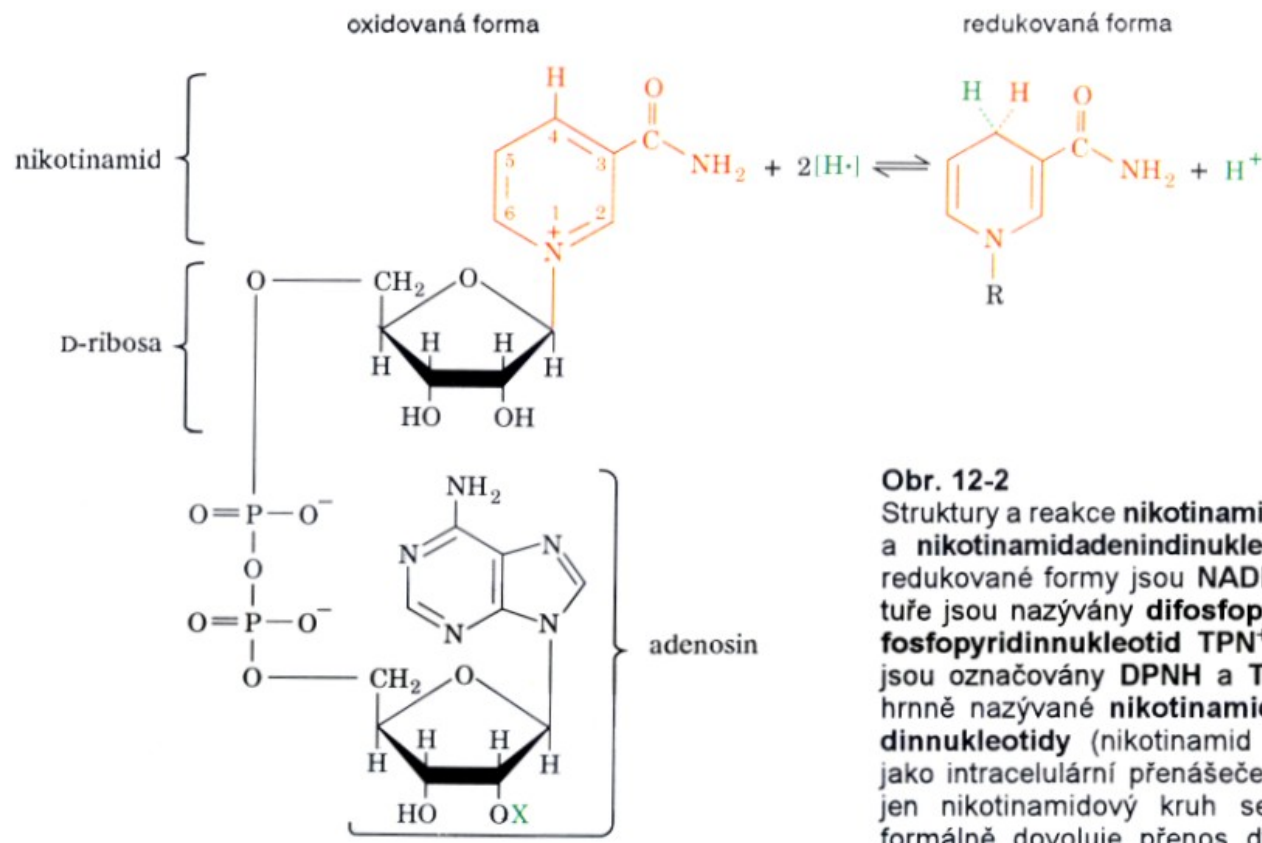


# PŘEHLED AEROBNÍHO METABOLISMU



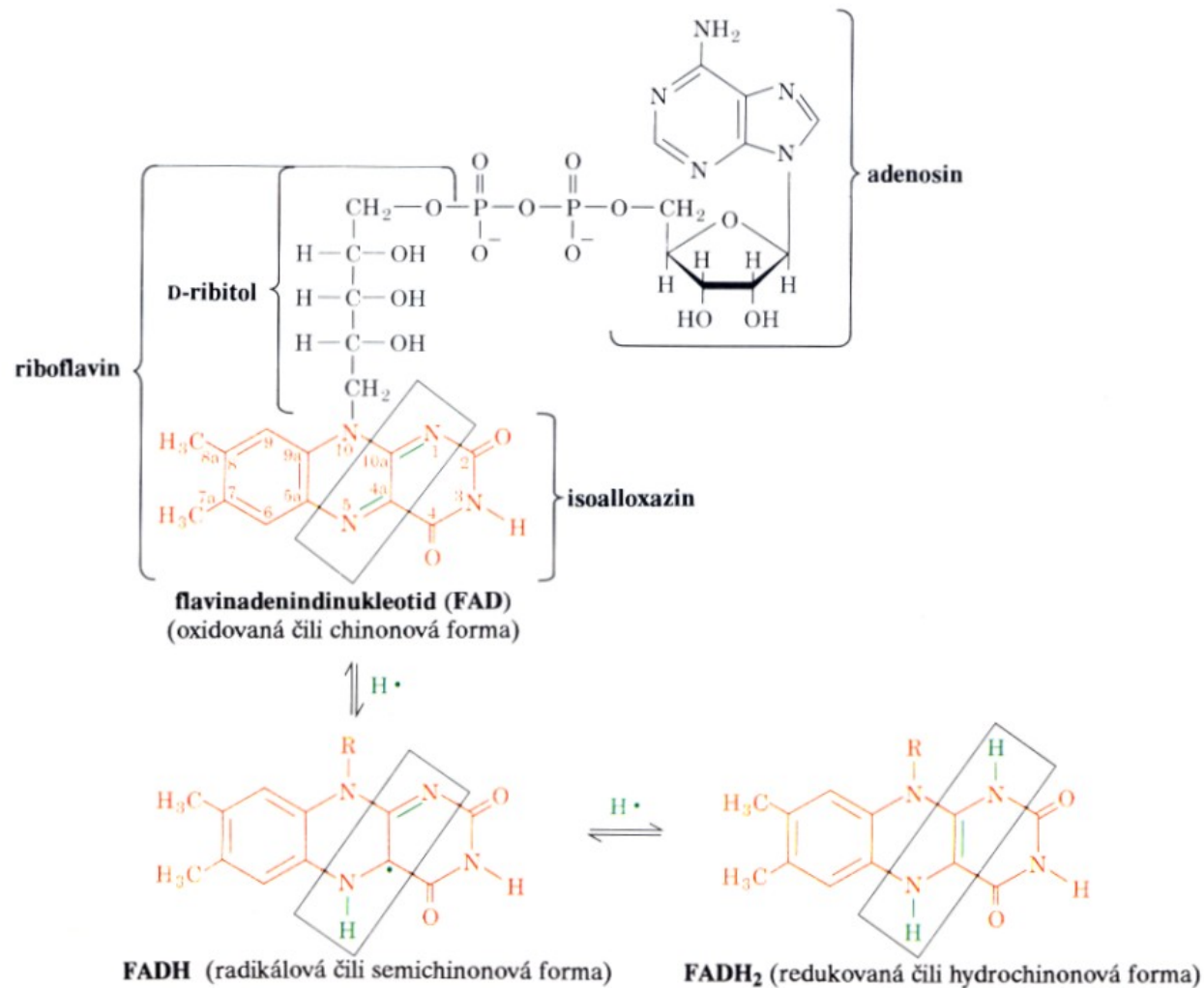
Obr. 15-3

Složité metabolity, jako jsou sacharidy, lipidy a proteiny, jsou nejprve degradovány na své monomerní jednotky, hlavně glukosu, mastné kyseliny a aminokyseliny, a dále na společný meziprodukt – acetyl-CoA. Acetylová skupina je poté oxidována kyslíkem na oxid uhličitý přes citrátový cyklus za současné redukce  $\text{NAD}^+$  a  $\text{FAD}$ . Reoxidace těchto koenzymů přes řetězec přenosu elektronů a oxidační fosforylaci vede ke vzniku vody a ATP.



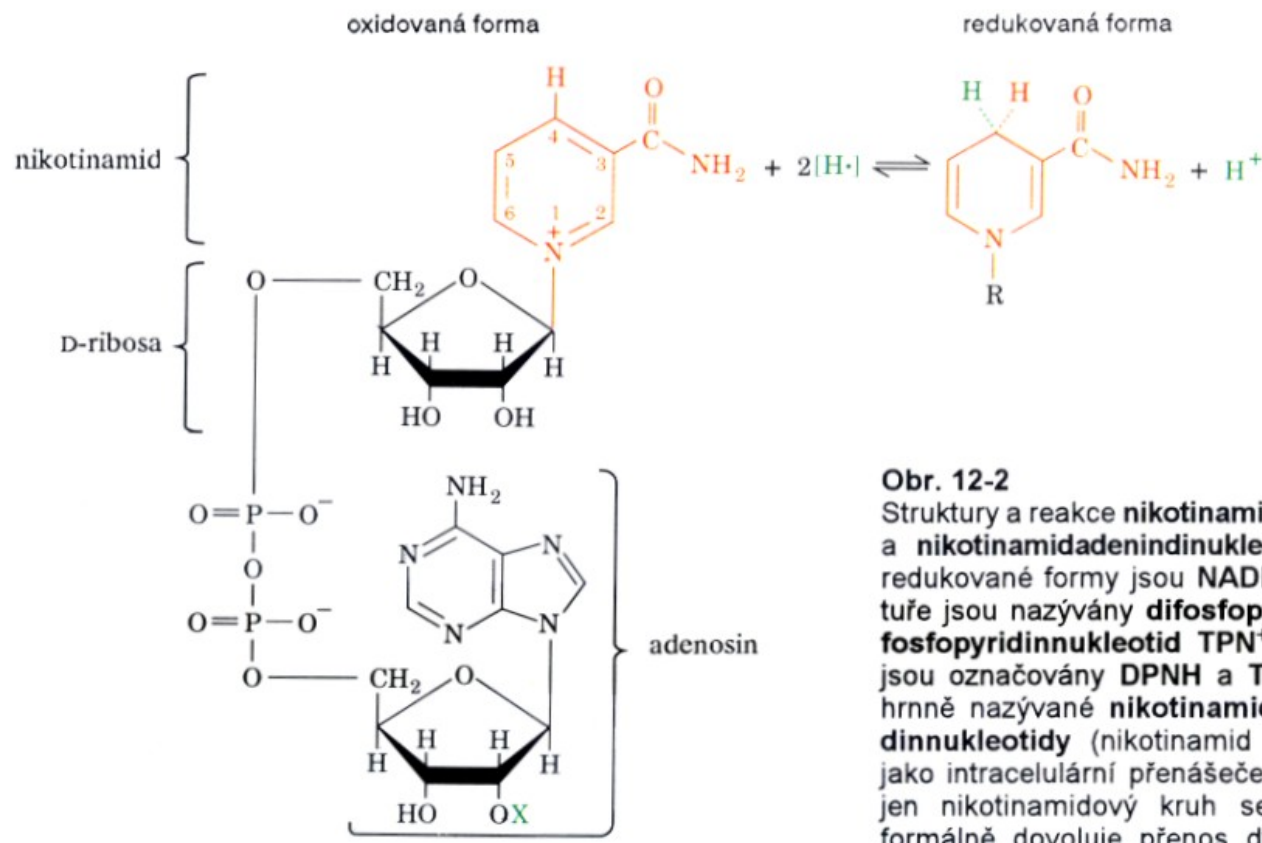
X = H            nikotinamidadeninukleotid (NAD<sup>+</sup>)  
 X = PO<sub>3</sub><sup>2-</sup>    nikotinamidadeninukleotidfosfát (NADP<sup>+</sup>)

**Obr. 12-2**  
 Struktury a reakce **nikotinamidadeninukleotidu (NAD<sup>+</sup>)** a **nikotinamidadeninukleotidfosfátu (NADP<sup>+</sup>)**. Jejich redukováne formy jsou **NADH** a **NADPH**. (V starší literatuře jsou nazývány **difosfopyridinnukleotid DPN<sup>+</sup>** a **trifosfopyridinnukleotid TPN<sup>+</sup>** a jejich redukováne formy jsou označovány **DPNH** a **TPNH**.) Tyto sloučeniny souhrnně nazývané **nikotinamidové koenzymy** nebo **pyridinnukleotidy** (nikotinamid je derivát pyridinu) působí jako intracelulární přenašeče elektronů. Všimněme si, že jen nikotinamidový kruh se v reakci mění. Redukce formálně dovoluje přenos dvou vodíkových atomů (H-) ačkoli ve skutečnosti se redukce může uskutečňovat jiným mechanismem.



**Obr. 14-27**

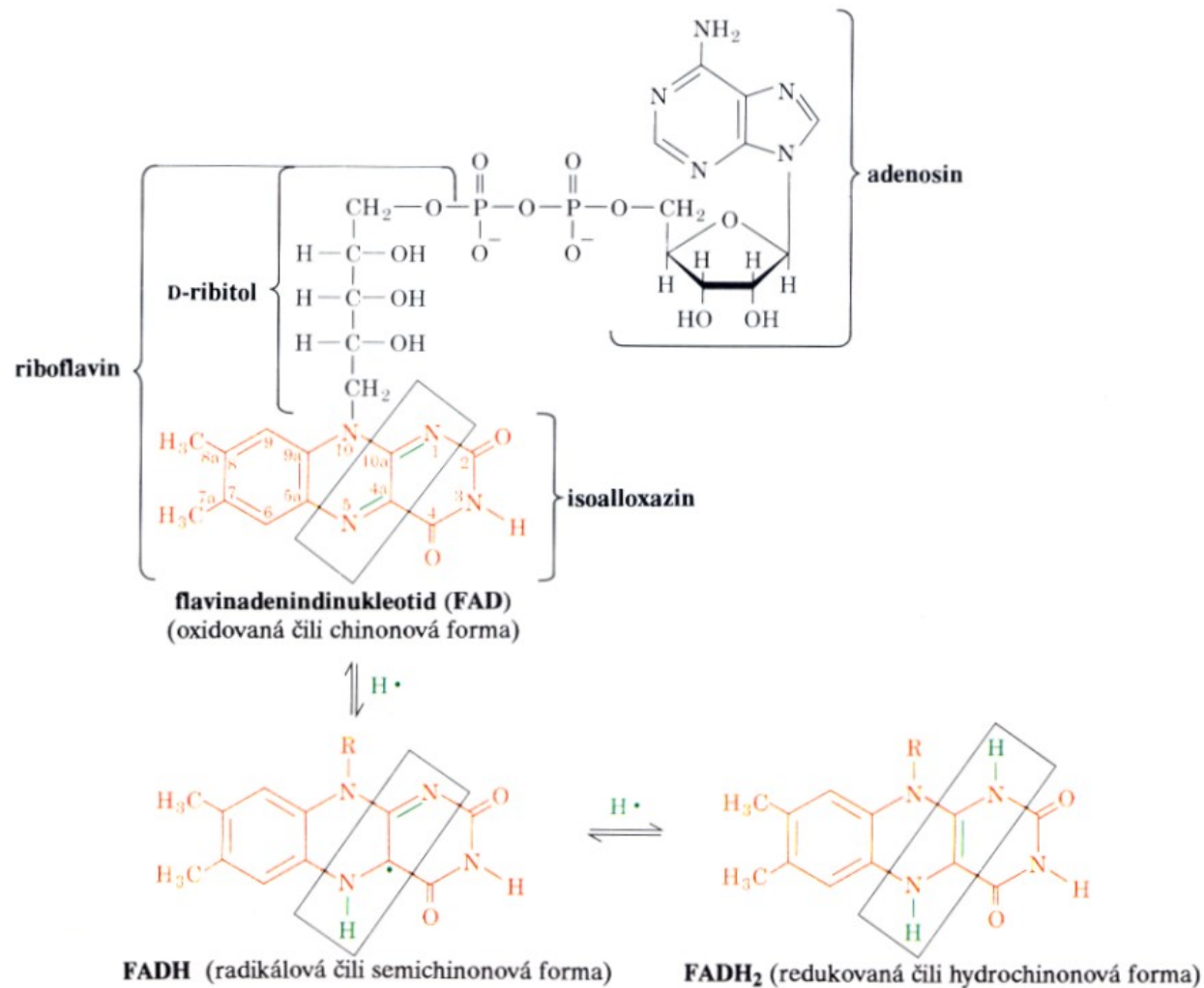
Molekulový vzorec a reakce koenzymu flavinadenindinukleotidu (FAD). Termín "flavin" je totožný s isoalloxazinovým kruhovým systémem. Zbytek D-ribitolu je odvozen od cukru D-ribosy. FAD může být napůl redukován na stabilní radikál FADH<sup>•</sup> nebo plně redukován na FADH<sub>2</sub> (*obdělňáky*). Proto každý enzym obsahující FAD se pohybuje mezi dvěma oxidačními stavy FAD. FAD je většinou pevně vázán na své enzymy tak, že tento koenzym je normálně spíše prostetickou skupinou než kosubstrátem, jak je tomu např. v případě NAD<sup>+</sup>.



X = H            nikotinamidadeninukleotid (NAD<sup>+</sup>)  
 X = PO<sub>3</sub><sup>2-</sup>    nikotinamidadeninukleotidfosfát (NADP<sup>+</sup>)

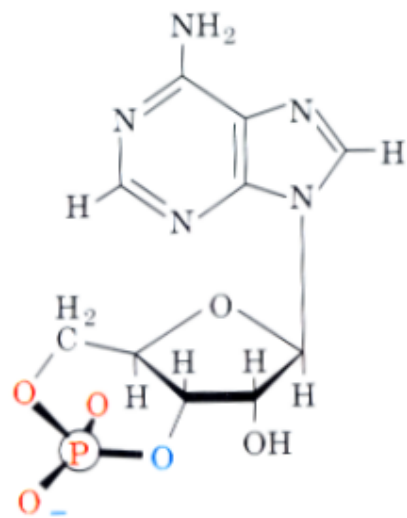
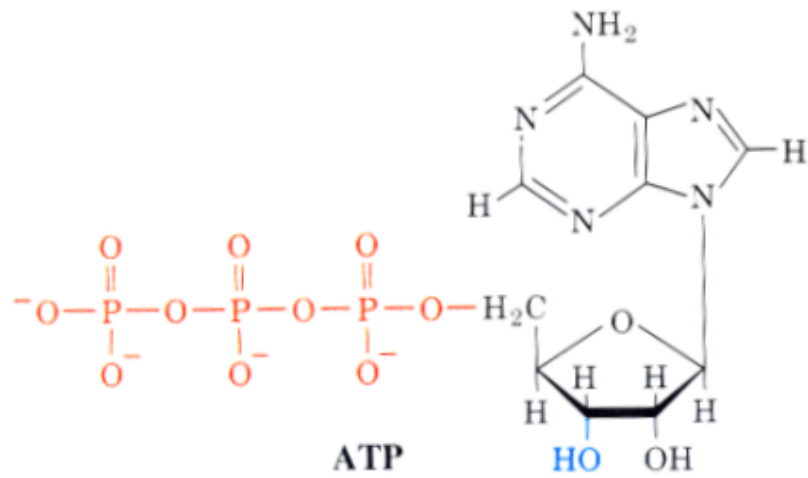
**Obr. 12-2**  
 Struktury a reakce **nikotinamidadeninukleotidu (NAD<sup>+</sup>)** a **nikotinamidadeninukleotidfosfátu (NADP<sup>+</sup>)**. Jejich redukováne formy jsou **NADH** a **NADPH**. (V starší literatuře jsou nazývány **difosfopyridinnukleotid DPN<sup>+</sup>** a **trifosfopyridinnukleotid TPN<sup>+</sup>** a jejich redukováne formy jsou označovány **DPNH** a **TPNH**.) Tyto sloučeniny souhrnně nazývané **nikotinamidové koenzymy** nebo **pyridinnukleotidy** (nikotinamid je derivát pyridinu) působí jako intracelulární přenašeče elektronů. Všimněme si, že jen nikotinamidový kruh se v reakci mění. Redukce formálně dovoluje přenos dvou vodíkových atomů (H-) ačkoli ve skutečnosti se redukce může uskutečňovat jiným mechanismem.



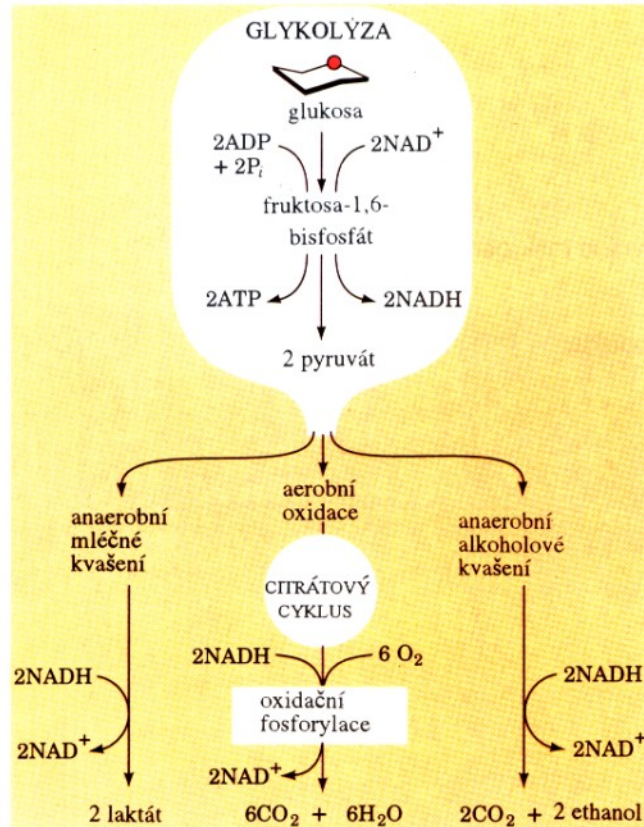


**Obr. 14-27**

Molekulový vzorec a reakce koenzymu flavinadenindinukleotidu (FAD). Termín "flavin" je totožný s isoalloxazinovým kruhovým systémem. Zbytek D-ribitolu je odvozen od cukru D-ribosy. FAD může být napůl redukován na stabilní radikál FADH<sup>•</sup> nebo plně redukován na FADH<sub>2</sub> (*obdělňáky*). Proto každý enzym obsahující FAD se pohybuje mezi dvěma oxidačními stavy FAD. FAD je většinou pevně vázán na své enzymy tak, že tento koenzym je normálně spíše prostetickou skupinou než kosubstrátem, jak je tomu např. v případě NAD<sup>+</sup>.



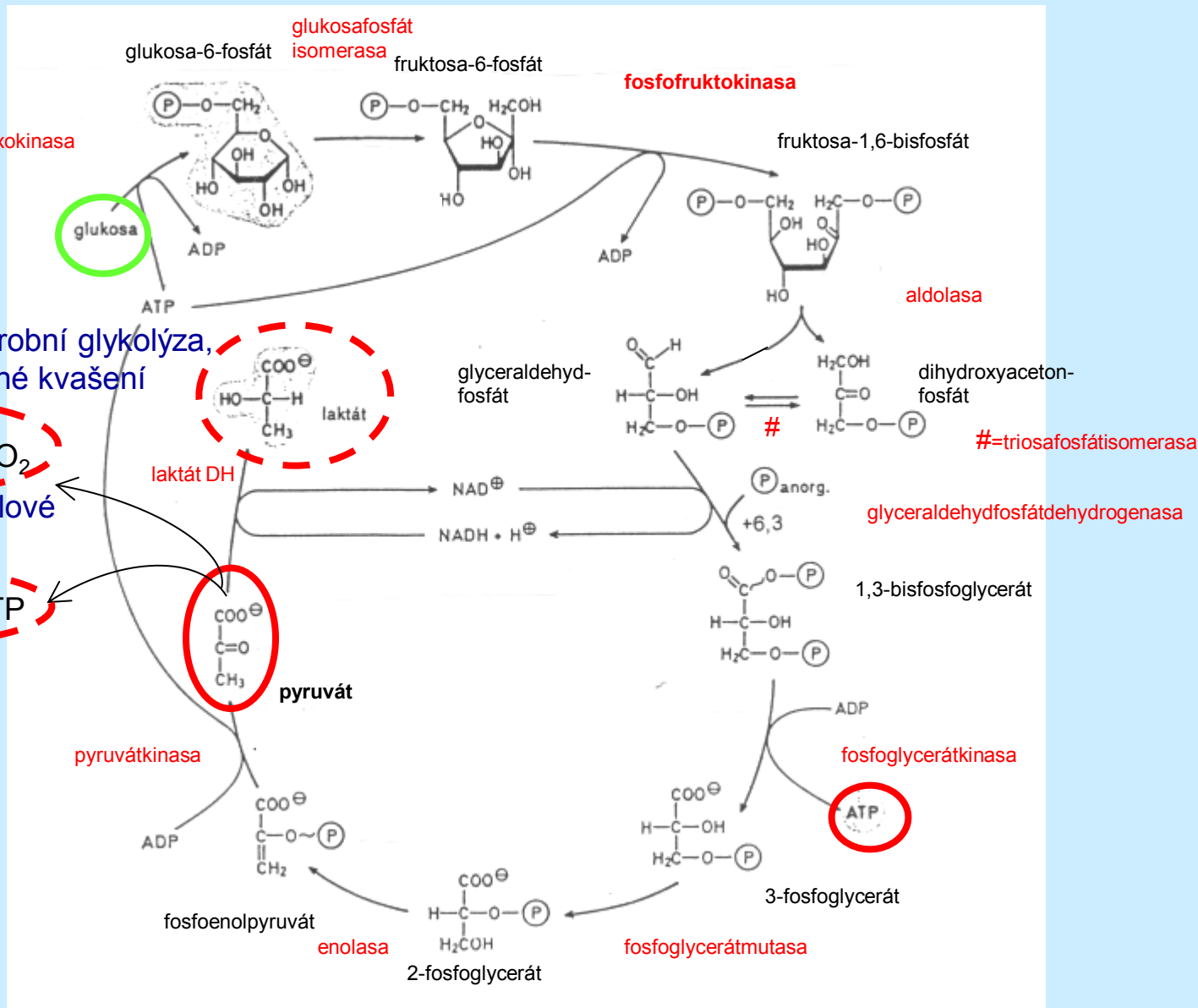
# GLYKOLÝZA – VARIANTY A BILANCE



Obr. 16-1

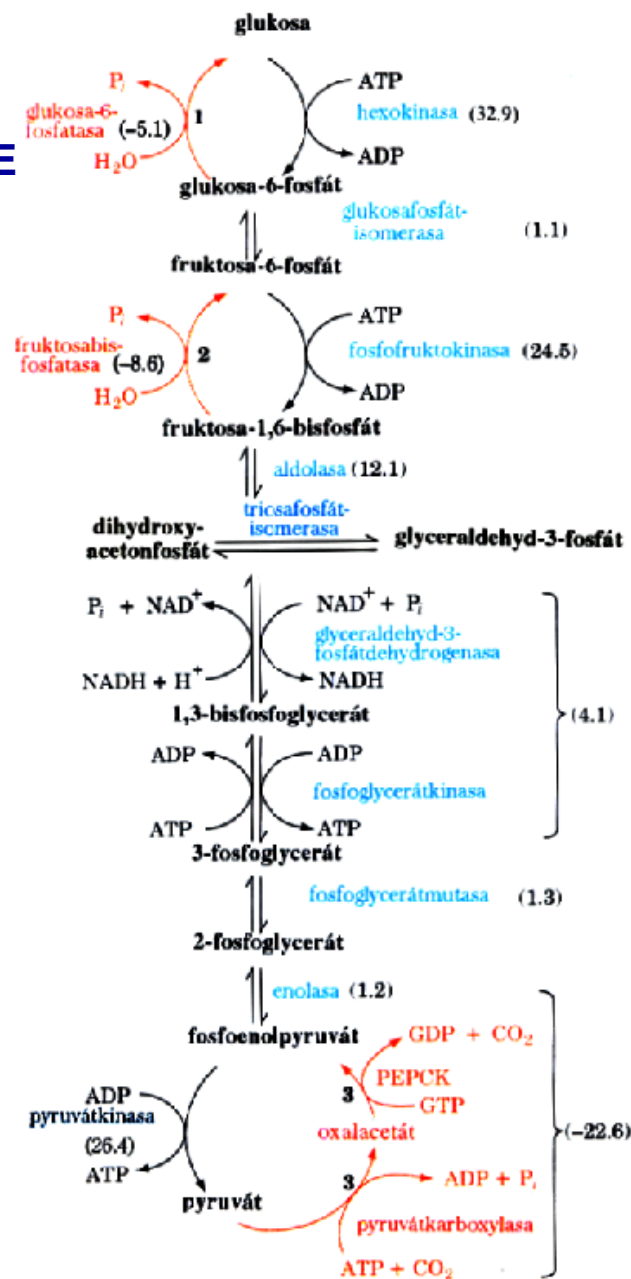
Glykolýza přeměňuje glukosu na pyruvát při současně tvorbě dvou molekul ATP. Za anaerobních podmínek probíhá další degradace pyruvátu jako alkoholové kvašení u kvasinek nebo redukce na mléčnou kyselinu ve svalu. Za aerobních podmínek je pyruvát oxidován na vodu a oxid uhličitý přes citrátový cyklus a oxidační fosforylaci.

# GLYKOLÝZA – PRŮBĚH



Metabolismus a biosyntéza sacharidů

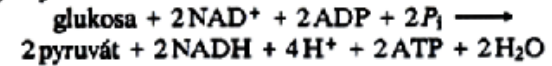
# GLYKOLÝZA VS. GLUKONEOGENEZE



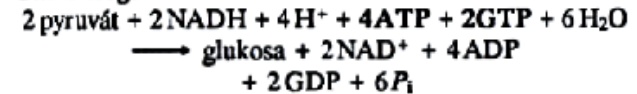
Obr. 21-7

Dráhy glukoneogeneze a glykolýzy. Tři očíslované kroky, které jsou v glukoneogenezi katalyzovány odlišnými enzymy, jsou označeny červenými šipkami. Změny Gibbsovy volné energie reakcí ve směru glukoneogeneze za fyziologických podmínek v játrech jsou uvedeny v závorkách v kJ/mol.

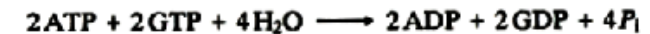
**Glykolýza:**



**Glukoneogeneze:**

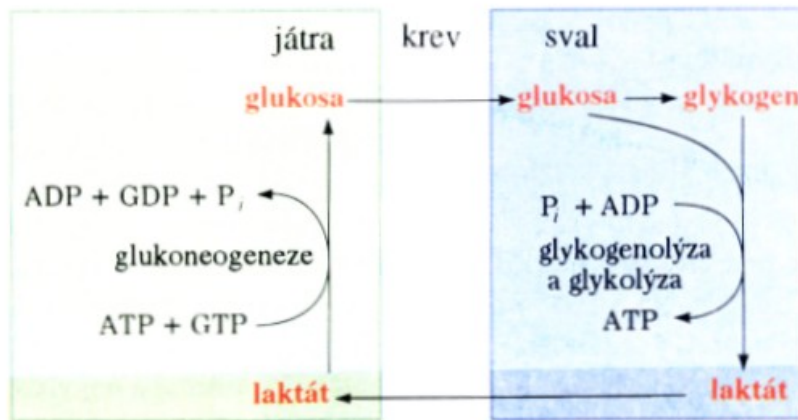


**Cellkově:**



Takové ztráty volné energie v cyklickém procesu jsou termodynamicky nevyhnutelné. Jsou energetickou cenou, která musí být zaplácena za udržení nezávislé regulace obou drah.

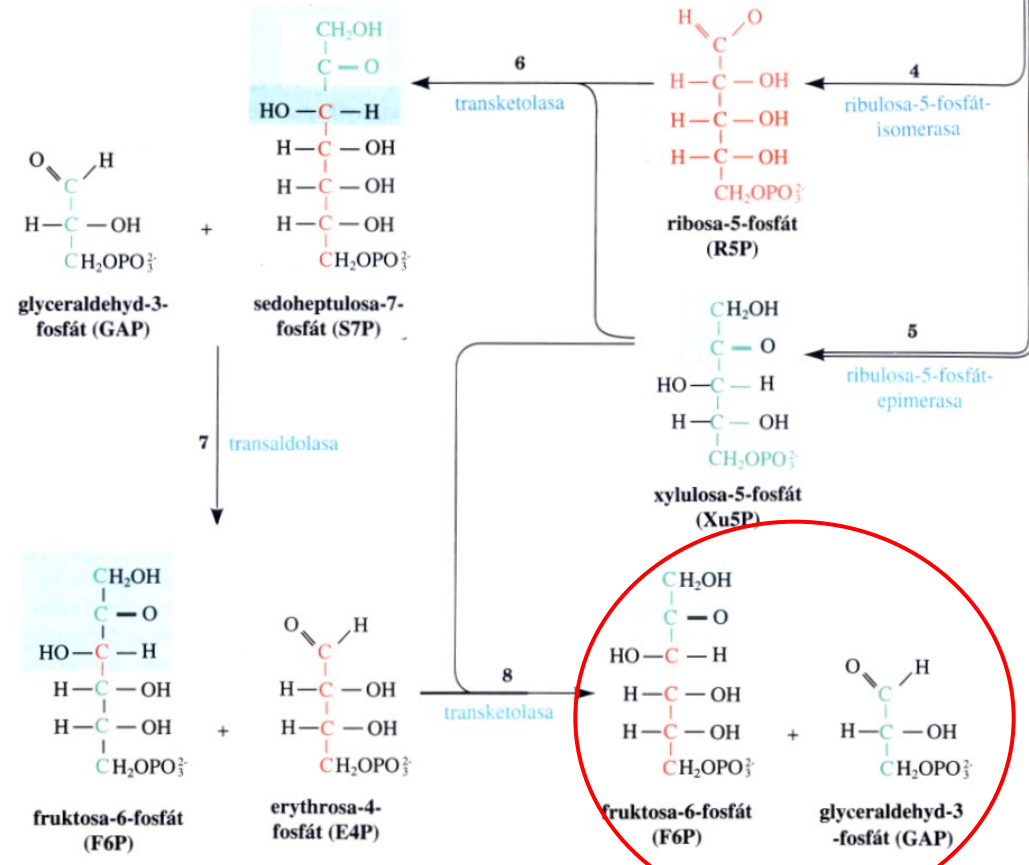
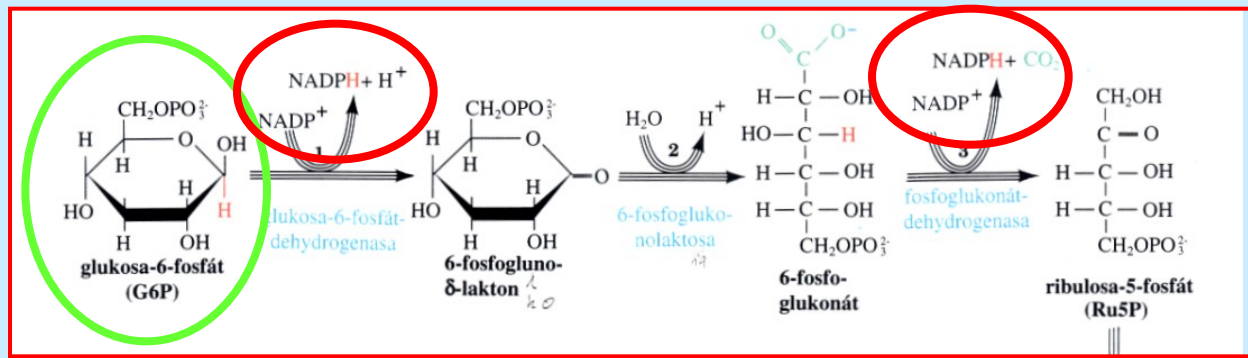
# CORIHO CYKLUS



Obr. 21-9

Coriho cyklus. Laktát vznikající glykolýzou ve svalu je transportován krevním řečištěm do jater, kde je přeměněn v glukoneogenezi na glukosu. Ta se vrací krevním řečištěm zpět do svalu, kde může být uskladněna v podobě glykogenu.

# PENTOSOVÝ CYKLUS



Obr. 21-22 Pentosový cyklus. Číslo u šipek znamená počet molekul vstupujících do cyklu během jedné obrátky, při přeměně třech molekul Glic-6-P na tři molekuly  $\text{CO}_2$ , dvě molekuly Fru-6-P a jednu molekulu Gra-3-P. Počínaje reakci 3 jsou cukry pro větší názornost uvedeny lineárními (Fischerovými) vzorci. Uhlíková kostra Rbs-5-P a atomů od něho odvozených jsou znázorněny červeně. Jednotky  $\text{C}_2$  přenášené transketolasou jsou vyznačeny zeleně, jednotky  $\text{C}_3$  přenášené transaldolou modře.

# KREBSŮV CYKLUS

$\text{CH}_3\text{-CO-COO}^-$  pyruvát

pyruvát DH

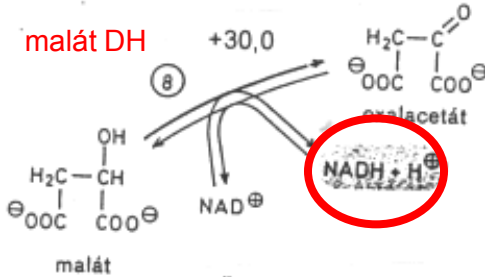
CoA +  $\text{NAD}^+$

oxidační dekarboxylace

$\text{CO}_2 + \text{NADH}$

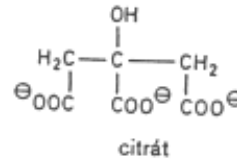
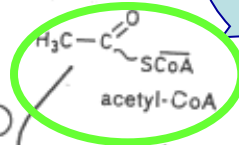
malát DH

+30,0



citrát-synthasa

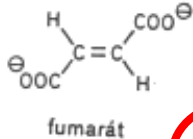
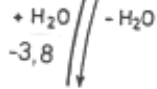
-31,5



Čísła uvedená u reakcí jsou hodnoty  $\Delta G_0$  (kJ/mol)

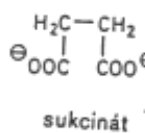
fumarát DH

7



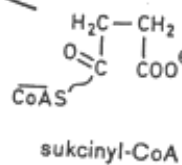
sukcinát DH

6



sukcinyl CoA syntetasa

5



-3,3



isocitrát DH

3

-8,4

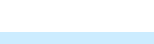
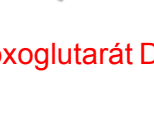
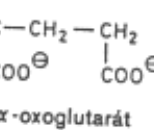
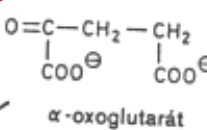
$\text{CO}_2$

$\alpha$ -oxoglutarát DH

4

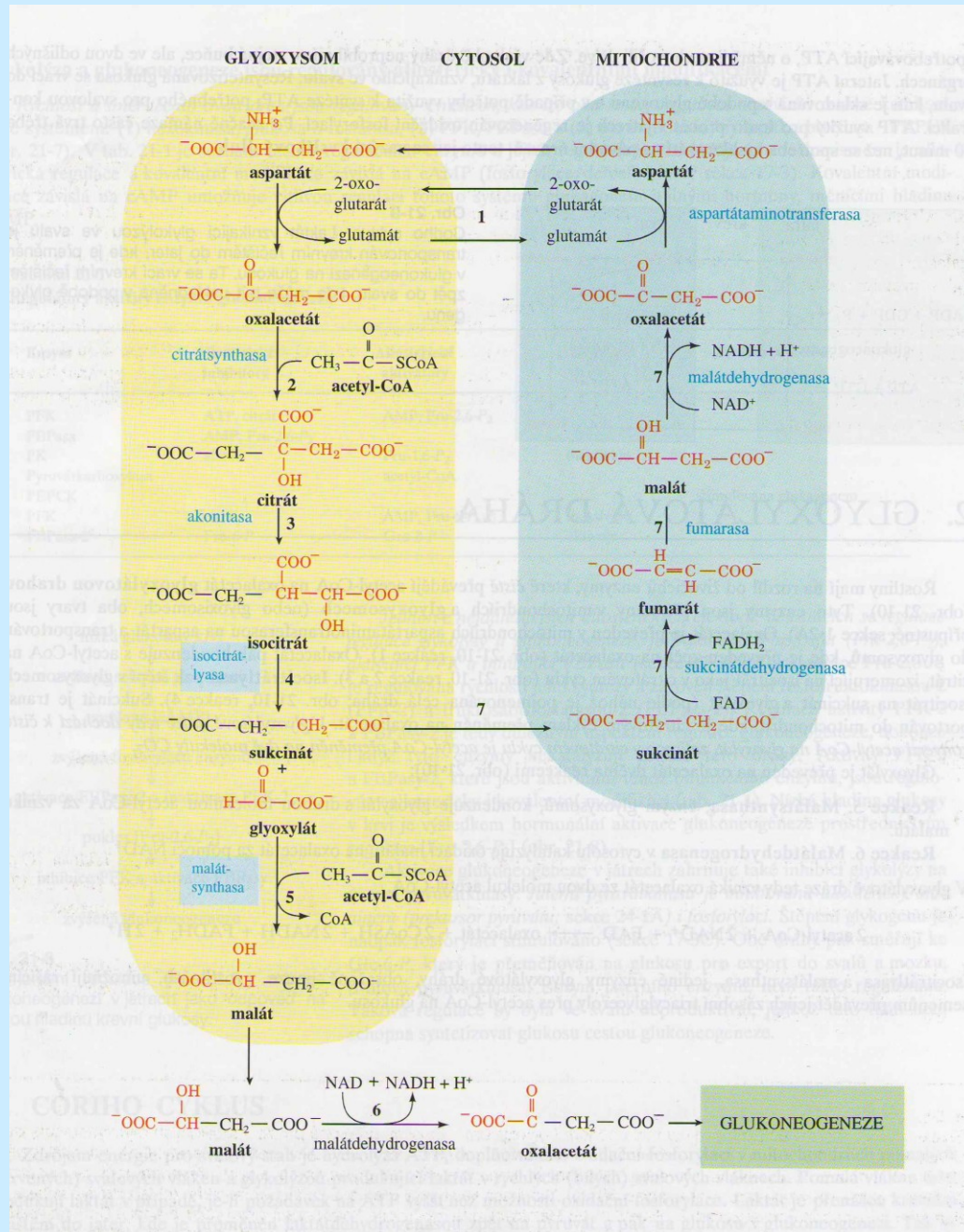
-30,2

$\text{CO}_2$





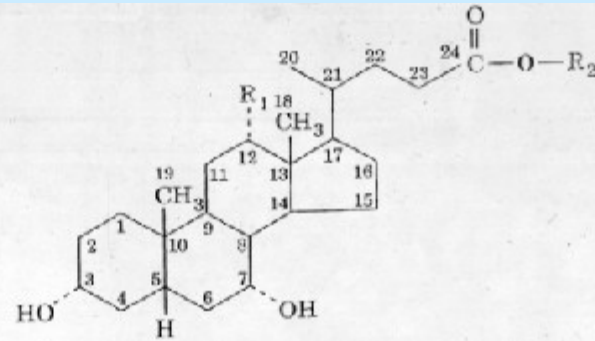
# GLYOXYLÁTOVÁ DRÁHA



# ŽLUČOVÉ KYSELINY A CHOLESTEROL

Obr. 23-52

Struktura hlavních žlučových kyselin a jejich konjugátů s glycinem a s taurinem.



$R_2 = H$

$R_2 = NH - CH_2 - COOH$

$R_2 = NH - CH_2 - CH_2 - SO_3H$

$R_1 = OH$

cholová kyselina

glykocholová kyselina

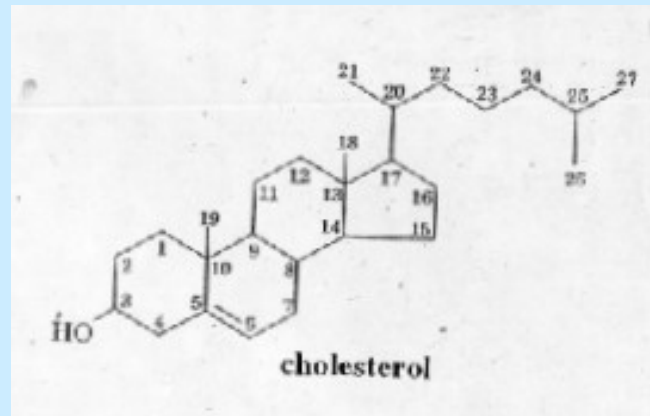
taurocholová kyselina

$R_1 = H$

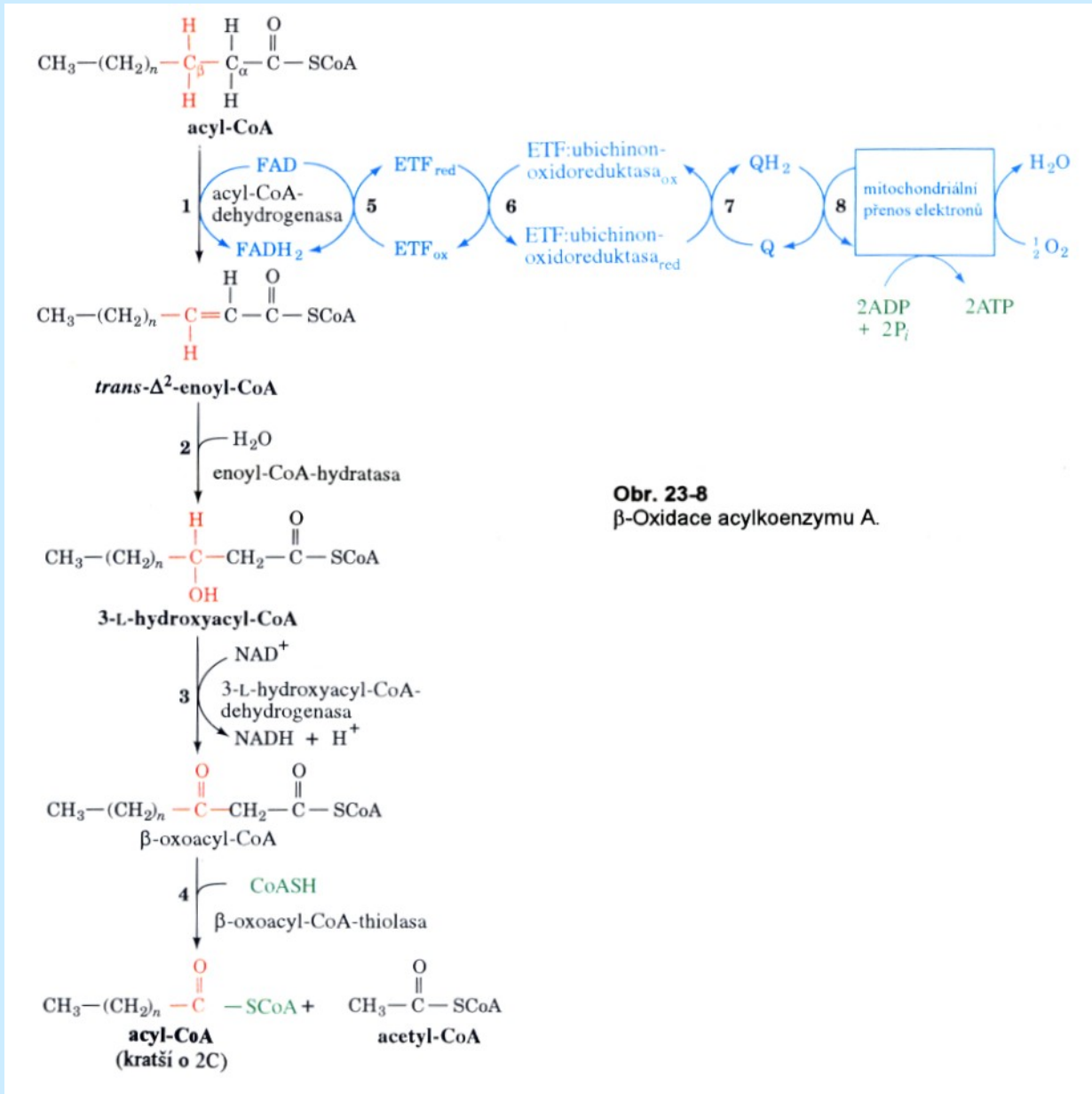
chenodeoxycholová kyselina

glykochenodeoxycholová kyselina

taurochenodeoxycholová kyselina

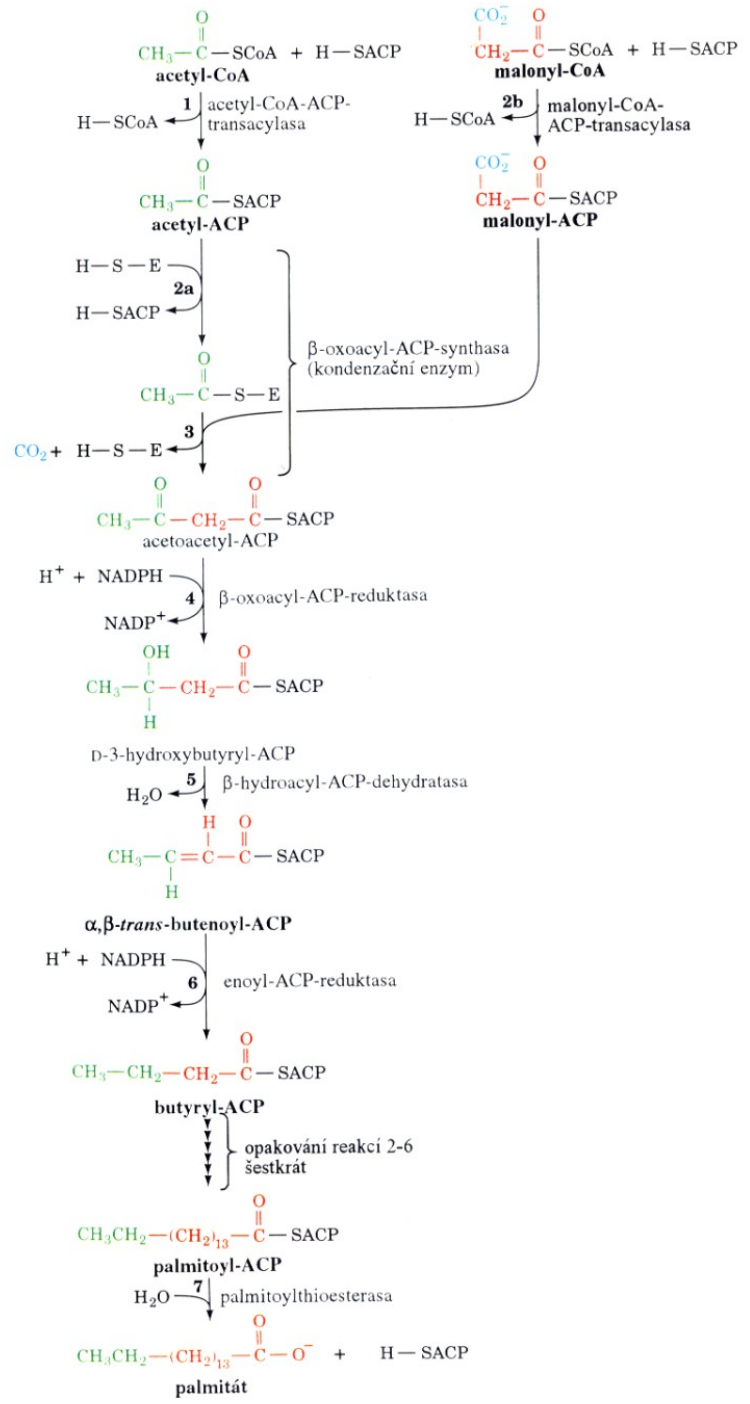


# β-OXIDACE MASTNÝCH KYSELIN



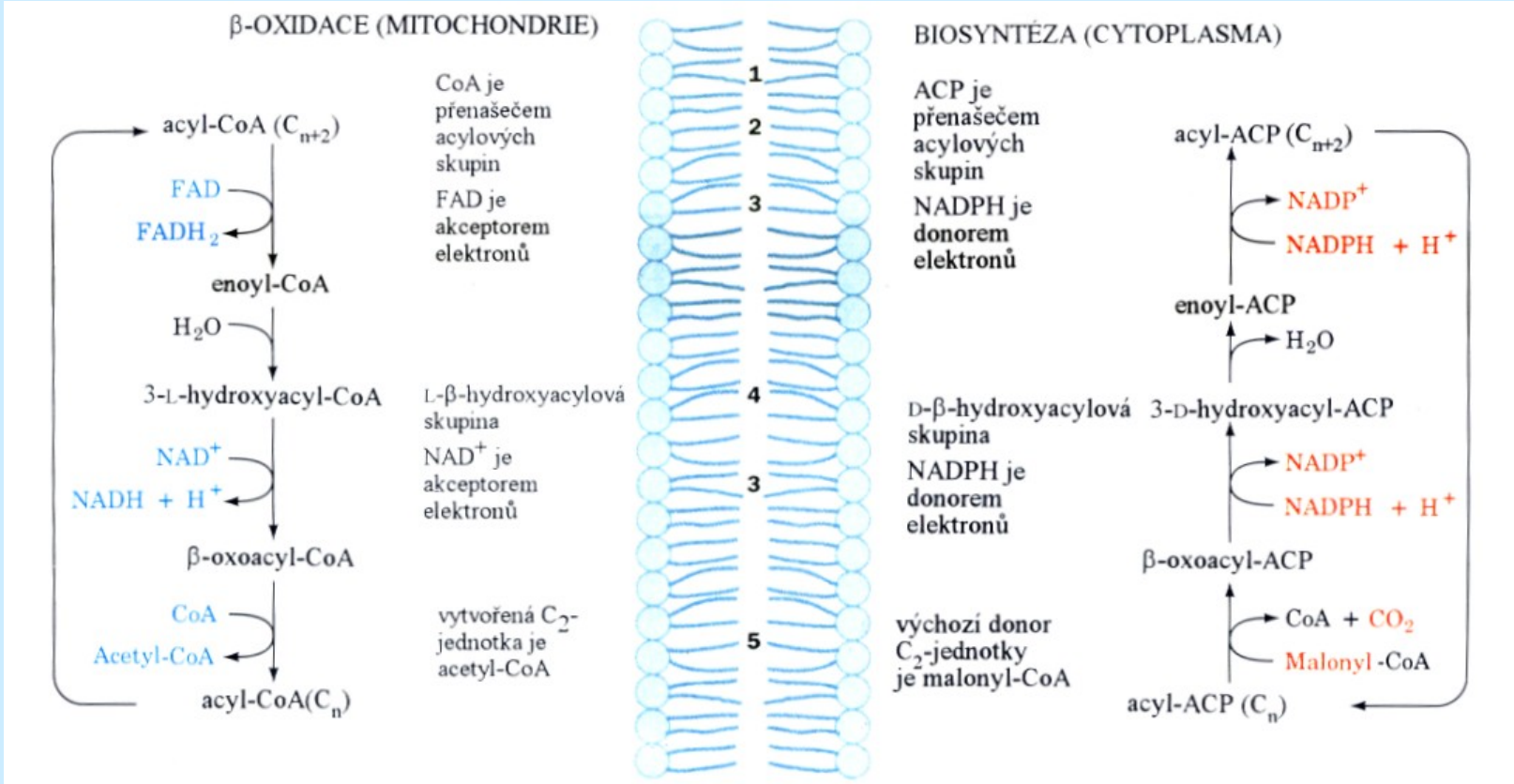
Obr. 23-8  
β-Oxidace acylkoenzymu A.

# BIOSYNTÉZA MASTNÝCH KYSELIN



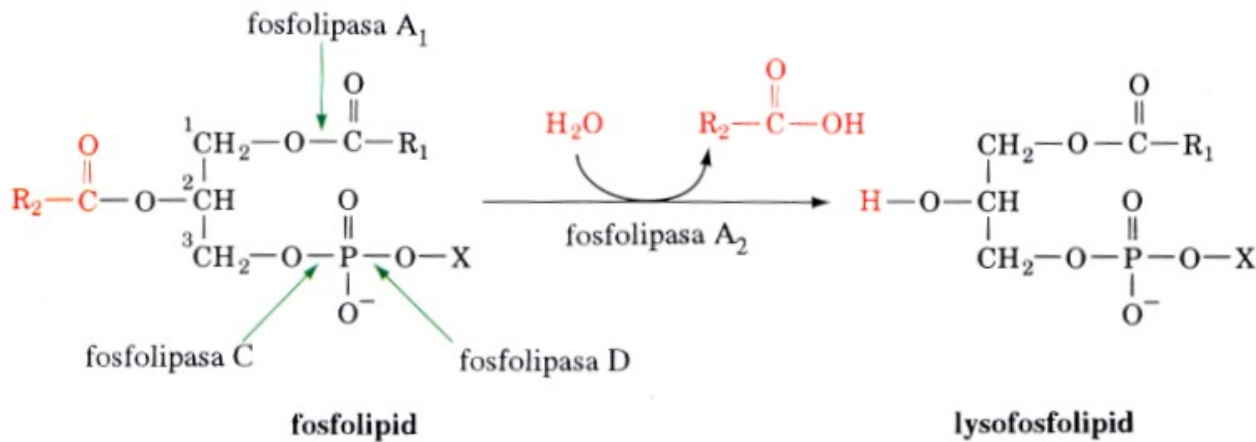
**Obr. 23-26**  
Pořadí reakcí při biosyntéze mastných kyselin. Při tvorbě palmitátu se opakuje sedm cyklů prodloužení řetězce o C<sub>2</sub>, načež následuje finální hydrolytický krok.

# ROZDÍLY MEZI $\beta$ -OXIDACÍ A BIOSYNTÉZOU MASTNÝCH KYSELIN



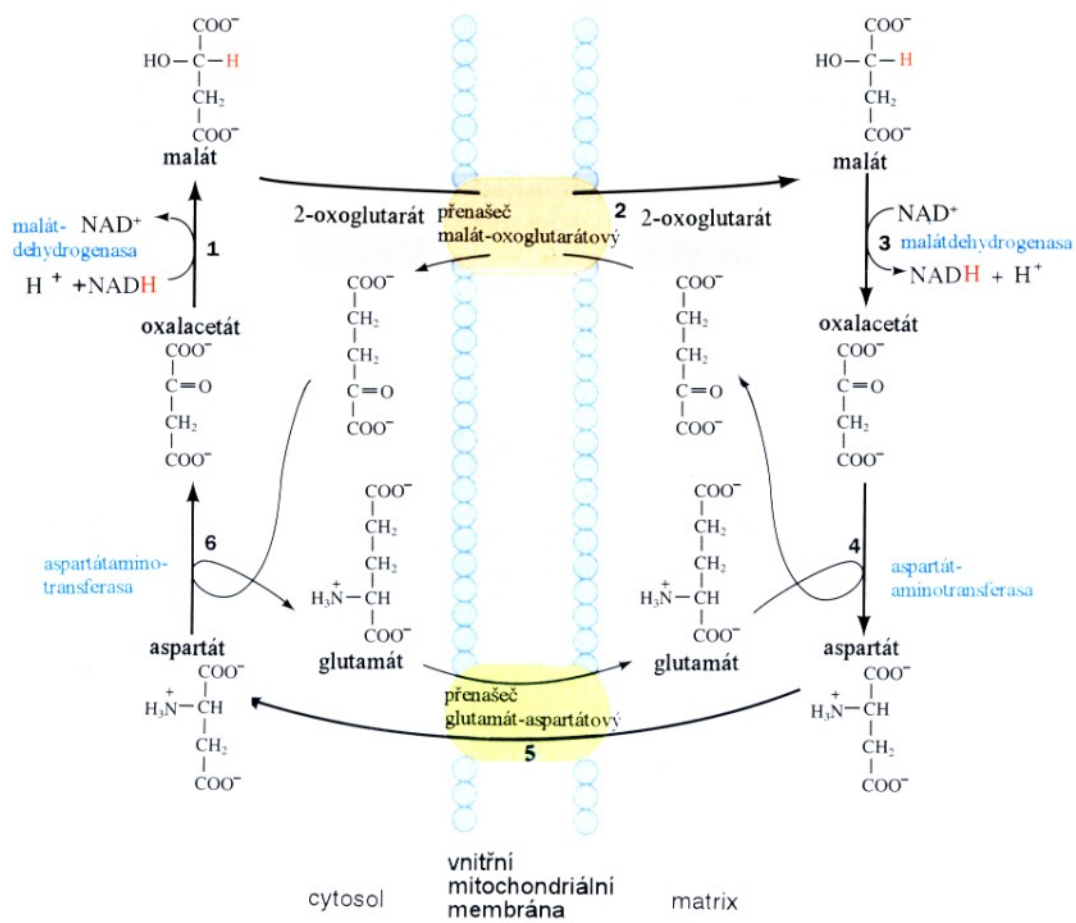
**Obr. 23-23**  
 Znázornění rozdílů mezi drahami  $\beta$ -oxidace a biosyntézy mastných kyselin se zvláštním zřetelem na: **(1)** umístění v buňce, **(2)** přenašeč acylové skupiny, **(3)** akceptor/donor elektronů, **(4)** stereochemii hydratační a dehydratační reakce a **(5)** formu, v jaké jsou tvořeny nebo poskytovány jednotky  $C_2$ .

# ŠTĚPĚNÍ FOSFOLIPIDŮ: FOSFOLIPASY



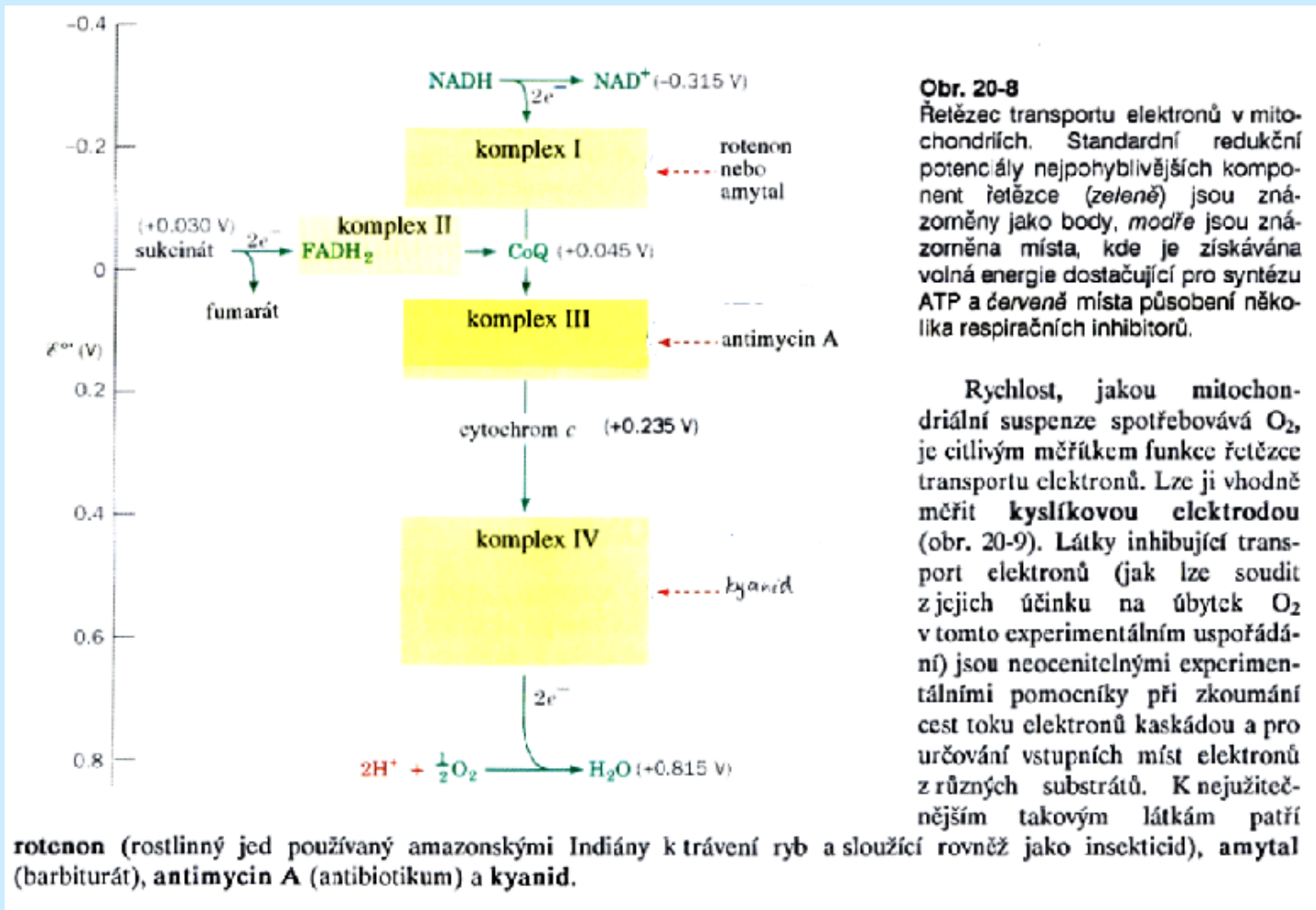
**Obr. 23-1**  
Fosfolipasa A<sub>2</sub> hydrolyticky odštěpuje C<sub>(2)</sub>-zbytek mastné kyseliny z triacylglycerolu za vzniku odpovídajícího lysofosfolipidu. Jsou vyznačeny také vazby hydrolyzované jinými typy fosfolipas, které jsou nazývány podle jejich účinků.

# TRANSPORT ELEKTRONŮ DO MITOCHONDIÁLNÍ MATRIX



Obr. 20-7  
 Malát–aspartátové kyvadlo. Transport elektronů z cytosolového NADH na mitochondriální NADH (znázorněno červeně jako přenos hydridu) v krocích 1 až 3. Během kroků 4 až 6 pak dochází k regeneraci cytosolového oxalacetátu.

# RESPIRAČNÍ ŘETĚZEC

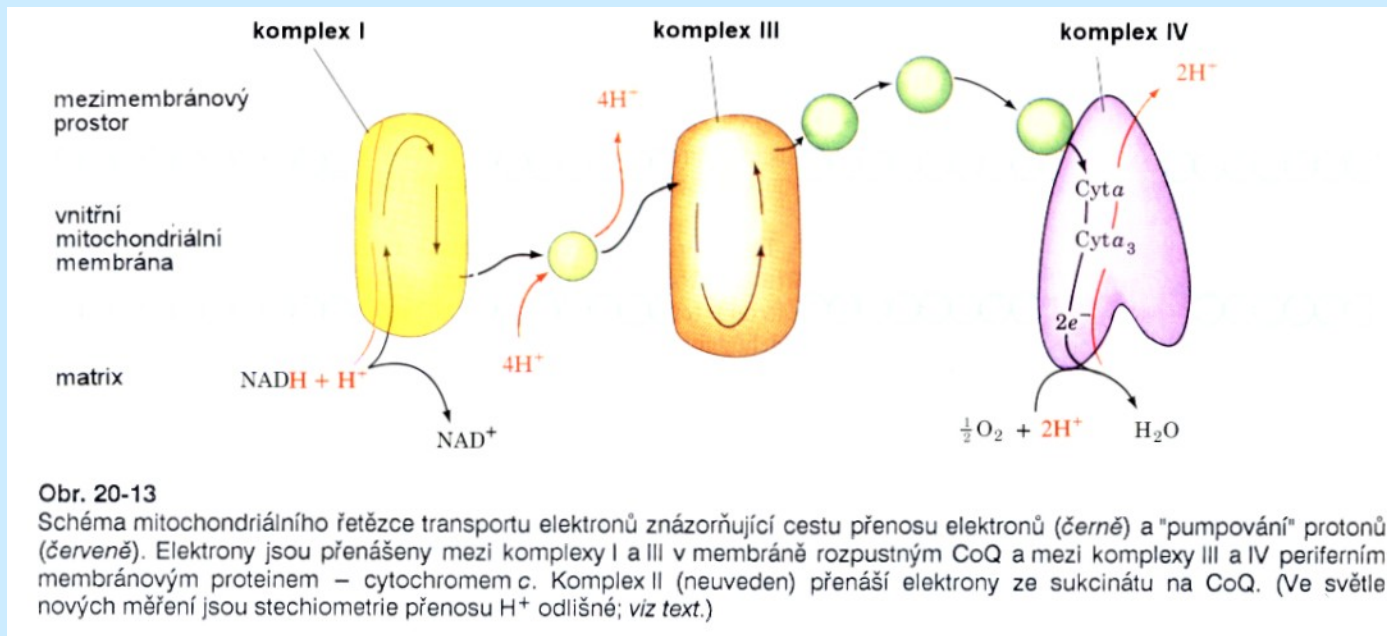


**Tvorba ATP probíhá za katalýzy ATPasy díky gradientu [H<sup>+</sup>], vytvořenému komplexy I, IV a CoQ**

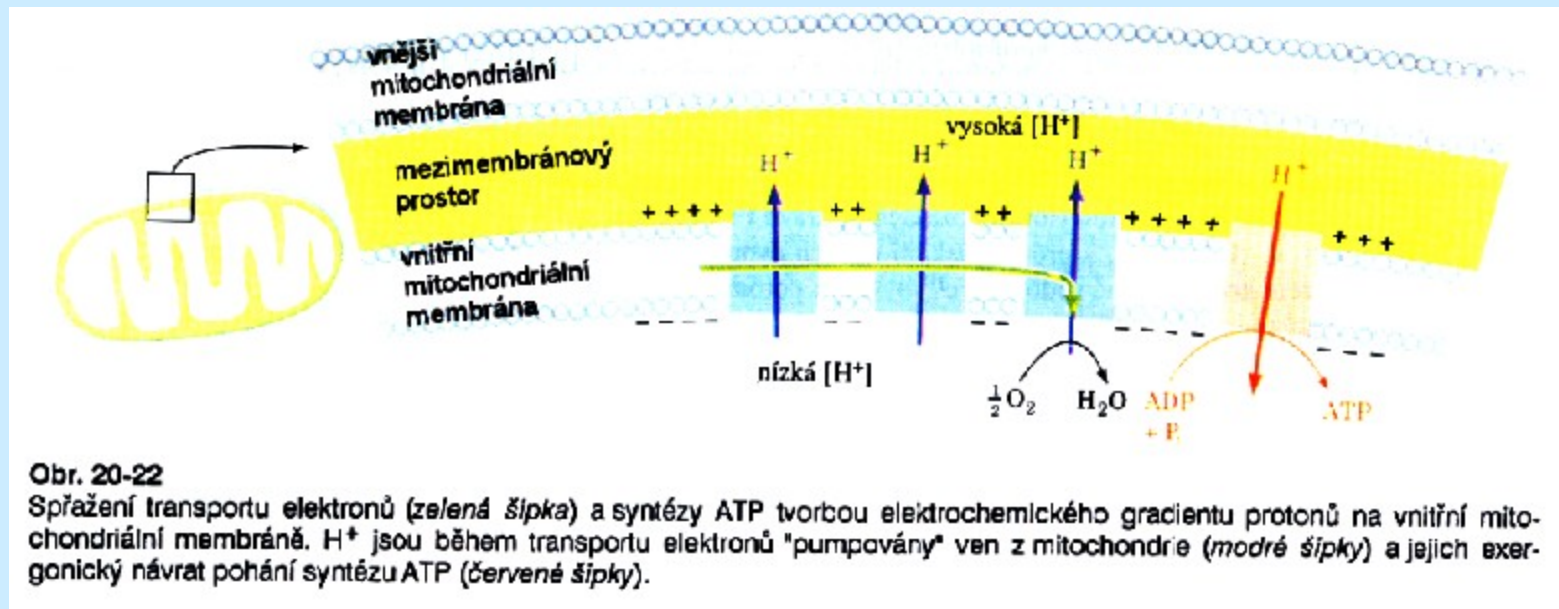
Respirační řetězec



# RESPIRAČNÍ ŘETĚZEC



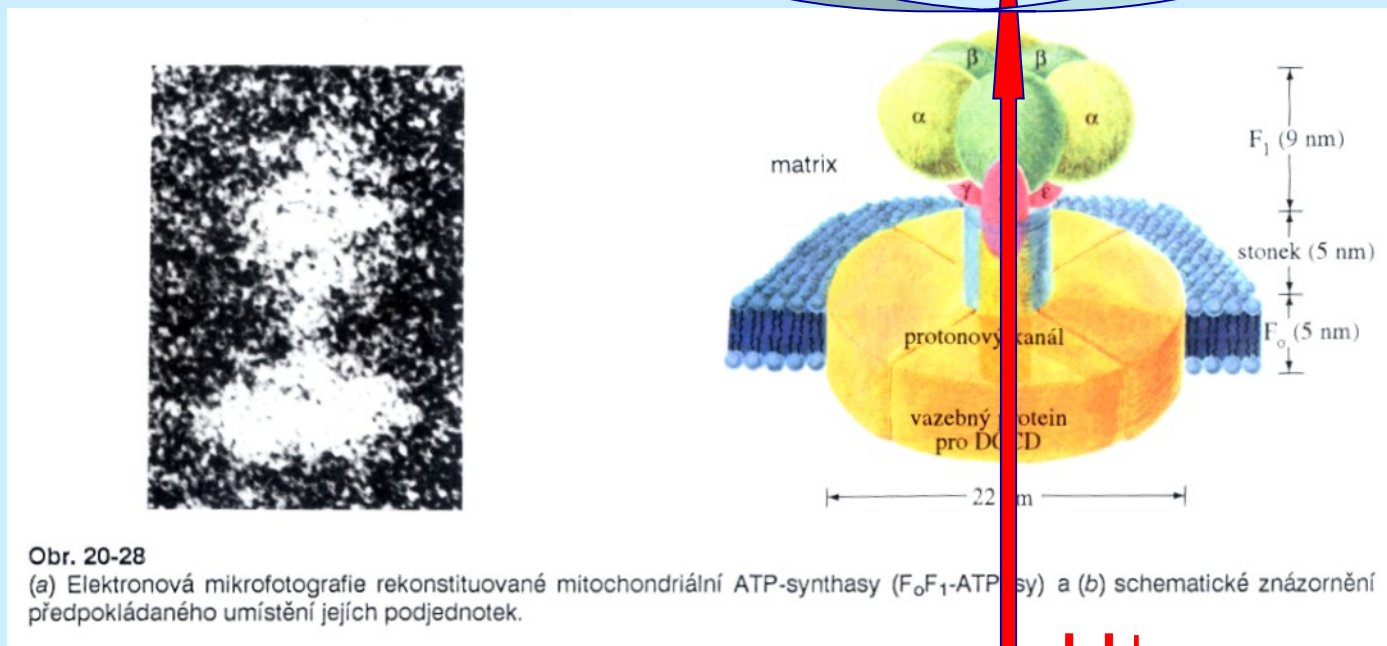
# RESPIRAČNÍ ŘETĚZEC



# RESPIRAČNÍ ŘETĚZEC – TVORBA ATP

ADP + P<sub>i</sub>

ATP

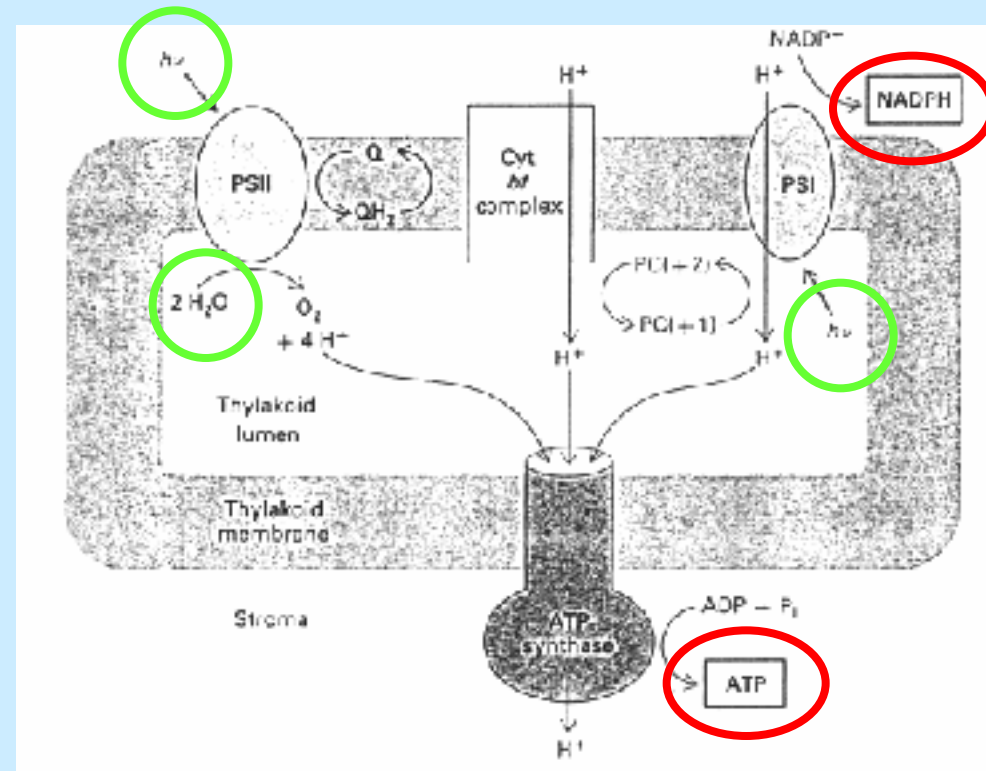
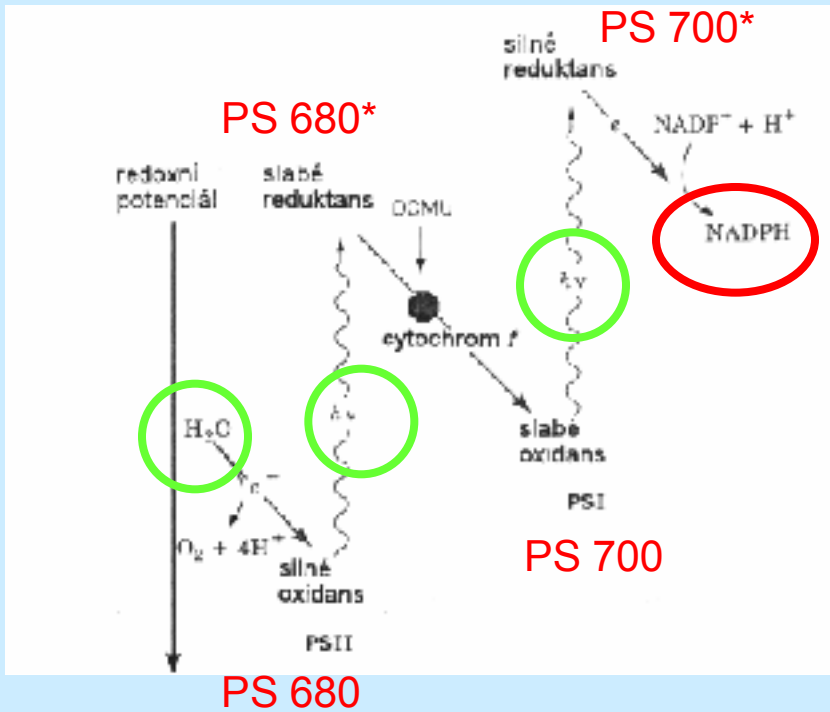
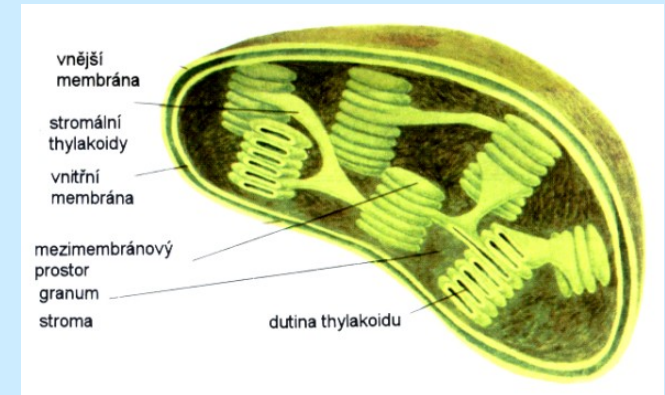


Obr. 20-28

(a) Elektronová mikrofotografie rekonstituované mitochondriální ATP-synthasy (F<sub>o</sub>F<sub>1</sub>-ATPasy) a (b) schematické znázornění předpokládaného umístění jejich podjednotek.

H<sup>+</sup>

# FOTOSYNTÉZA: 1. SVĚTELNÁ FÁZE





# BIOCHEMIE II - SEMINÁŘ

## **Vyučující:**

Doc. Mgr. Pavel Bouchal, Ph.D.

Mgr. Vojtěch Sedláček, Ph.D.

# PROGRAM SEMINÁŘE

1. **Nukleové kyseliny:** Nukleové báze, nukleotidy, primární struktura NK. Sekvenování DNA
2. Replikace, transkripce, translace a proteosyntéza. Genetický kód. Úvod do molekulární biologie
3. Polymerázová řetězová reakce (PCR) a její využití. Genové manipulace
4. Test 1
5. **Redoxní reakce**
6. Opakování a výpočty k metabolismu a biosyntéze I
7. Opakování a výpočty k metabolismu a biosyntéze II
8. Test 2
9. Metabolismus **bílkovin a aminokyselin**, močovinový cyklus a metabolismus dusíku
10. Metabolismus 2-oxokyselin a biosyntéza aminokyselin
11. **Principy metabolických regulací**
12. Test 3

Opravné termíny zápočtu

## LITERATURA

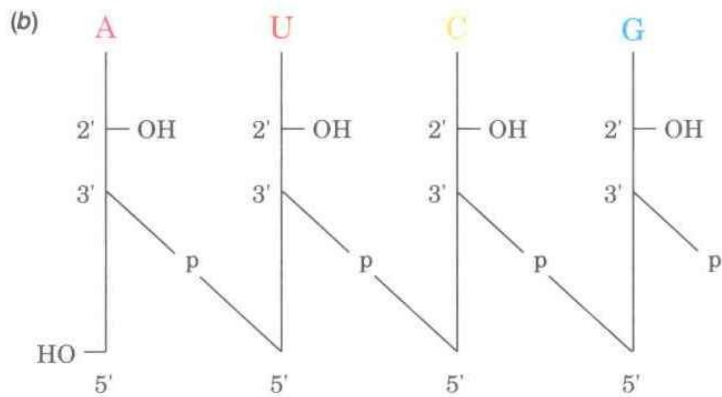
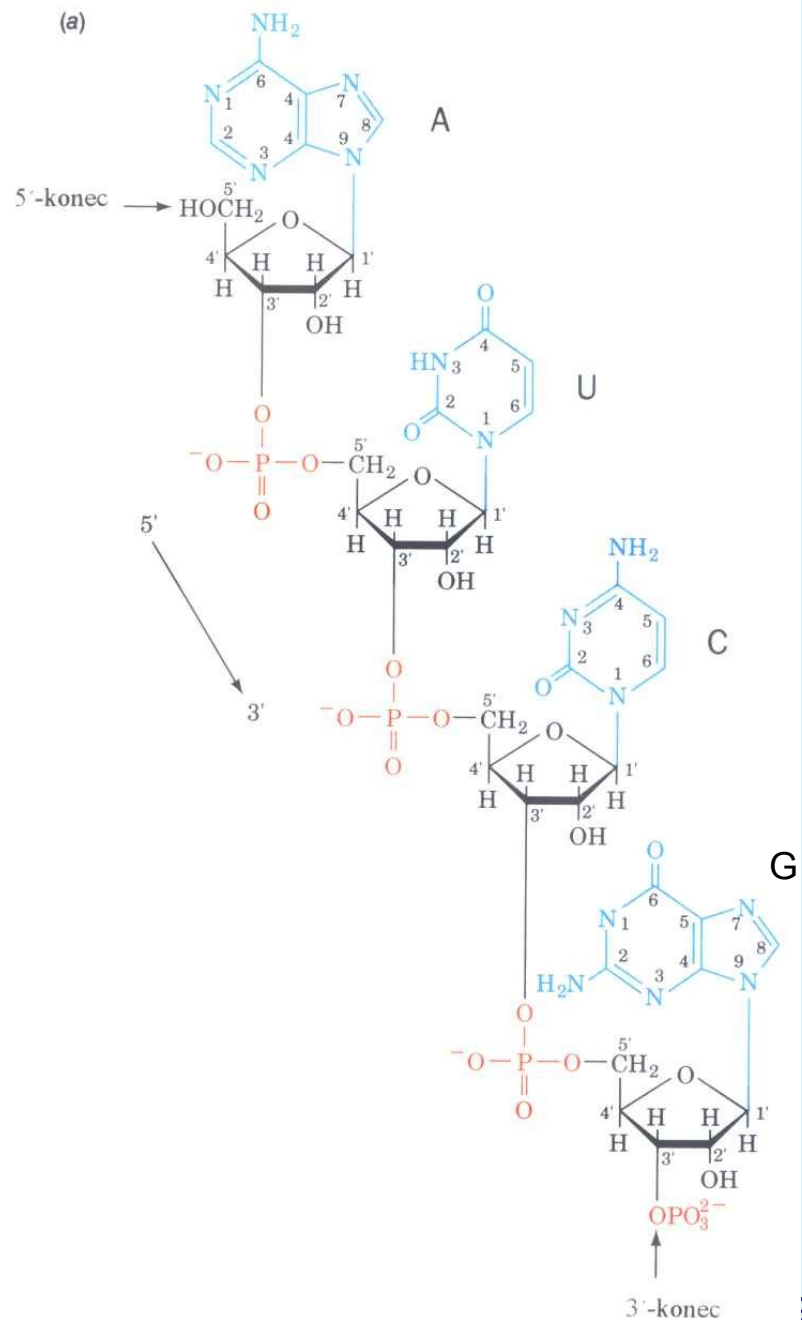
Vše v IS MU: Studijní materiály/Učební materiály  
-prezentace  
-skripta V. Mikeš: Cvičení z biochemie

## PODMÍNKY ZÍSKÁNÍ ZÁPOČTU

- Účast ve výuce: max. 1 neomluvená absence (více absencí: jen nemoc – lékařské potvrzení, řeší se individuálně)
- Testy (3), min. 50% z celkového počtu bodů => zápočet v řádném termínu
- Souhrnný test z učiva celého semestru => zápočet v 1. (2.) opravném termínu



# PRIMÁRNÍ STRUKTURA NUKLEOVÝCH KYSELIN



# MAXAM-GILBERTOVA METODA SEKVENOVÁNÍ NUKLEOVÝCH KYSELIN

Provede se štěpení před:

G (DMS/ $\Delta$ T)

G+A (H<sup>+</sup>/ $\Delta$ T)

C (hydrazin, 5M NaCl)

C+T (hydrazin)

Příklad:

5' 3'  
<sup>32</sup>P-TGTAGGAGCT

Štěpení před G (DMS/ $\Delta$ T) vede ke vzniku fragmentů:

<sup>32</sup>P-TGTAGGAGCT

<sup>32</sup>P-TGTAGGAGCT

<sup>32</sup>P-TGTAGGAGCT

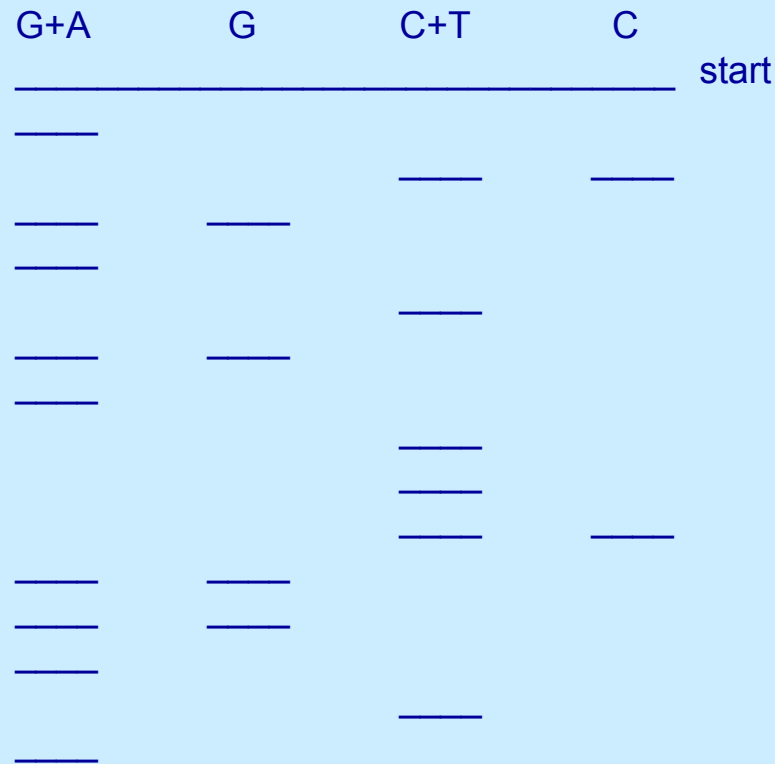
<sup>32</sup>P-TGTAGGAGCT

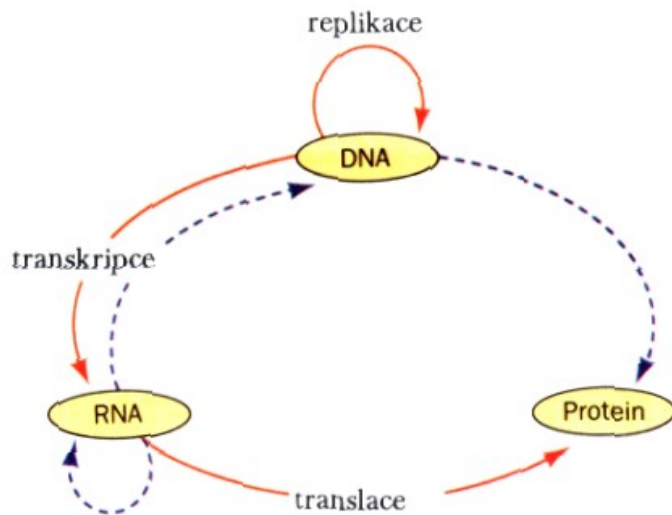
K jiným souborům fragmentů povedou štěpení před G+A, před C a před C+T.

# MAXAM-GILBERTOVA METODA SEKVENOVÁNÍ NUKLEOVÝCH KYSELIN

DETEKCE FRAGMENTŮ SEPAROVANÝCH ELEKTROFORÉZOU  
NA FOSFORIMAGERU

(detekce radioaktivity - vizualizovány jsou pouze  $^{32}\text{P}$  značené fragmenty)





**Obr. 29-1**

Ústřední dogma molekulární biologie. *Plné červené šipky* označují typy přenosu genetické informace, probíhajícího v buňce. Speciální přenosy jsou označeny *přerušovanými šipkami*: RNA-polymerasa, řízená RNA, je přítomna v jistých virech i v některých rostlinách (kde má neznámou funkci); DNA-polymerasa, řízená RNA (reverzní transkriptasa), se vyskytuje v některých RNA-virech; a DNA přímo určující protein není známa, ale zdá se, že její existence není zcela nereálná. K přenosu informace v jiných než vyznačených směrech, tzn. protein určující DNA nebo RNA, však nedochází. Jinými slovy, *proteiny jsou pouze příjemci genetické informace*.

## CHEMICKÁ MUTAGENEZE

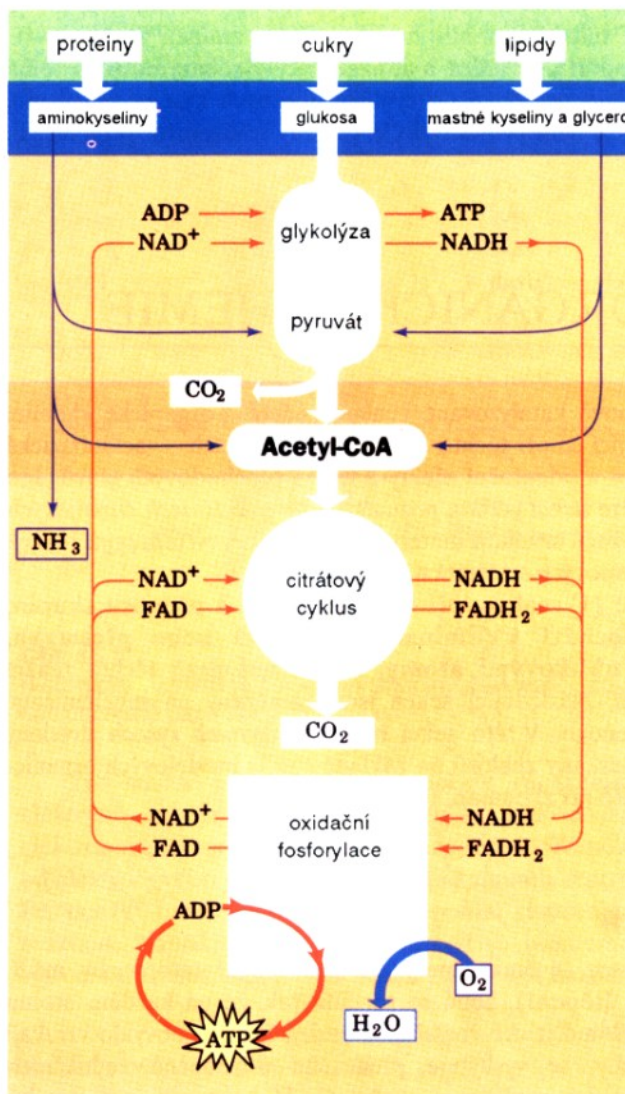
Tripletní charakter genetického kódu byl, objasněn užitím **chemických mutagenů**, které indukují mutace. Před vlastním studiem genetického kódu probereme nejprve tyto látky. Existují dvě hlavní třídy mutací:

1. **Bodové mutace**, při kterých je jeden pár bází nahrazen druhým. Tyto mutace je dále možno rozdělit na:
  - a) **Přechody** (transitions), při kterých je purinová báze nahrazena opět purinem a pyrimidinová báze pyrimidinem.
  - b) **Přesmyky** (transversions), při kterých je purinová báze nahrazena pyrimidinovou a pyrimidinová purinovou.
2. **Inzerčně-deleční mutace**, při kterých dojde k vypadnutí (deleci) nebo vložení (inzerci) jednoho nebo více párů bází ze sekvence DNA.

## GENETICKÝ KÓD mRNA U PROKARYOT

UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys
UUC		UCC		UAC		UGC	
UUA	Leu	UCA	Ser	UAA	STOP	UGA	STOP
UUG		UCG		UAG		UGG	Trp
CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg
CUC		CCC		CAC		CGC	
CUA	Leu	CCA	Pro	CAA	Gln	CGA	Arg
CUG		CCG		CAG		CGG	
AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser
AUC		ACC		AAC		AGC	
AUA	Ile	ACA	Thr	AAA	Lys	AGA	Arg
AUG	Met	ACG		AAG		AGG	
GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly
GUC		GCC		GAC		GGC	
GUA	Val	GCA	Ala	GAA	Glu	GGA	Gly
GUG		GCG		GAG		GGG	

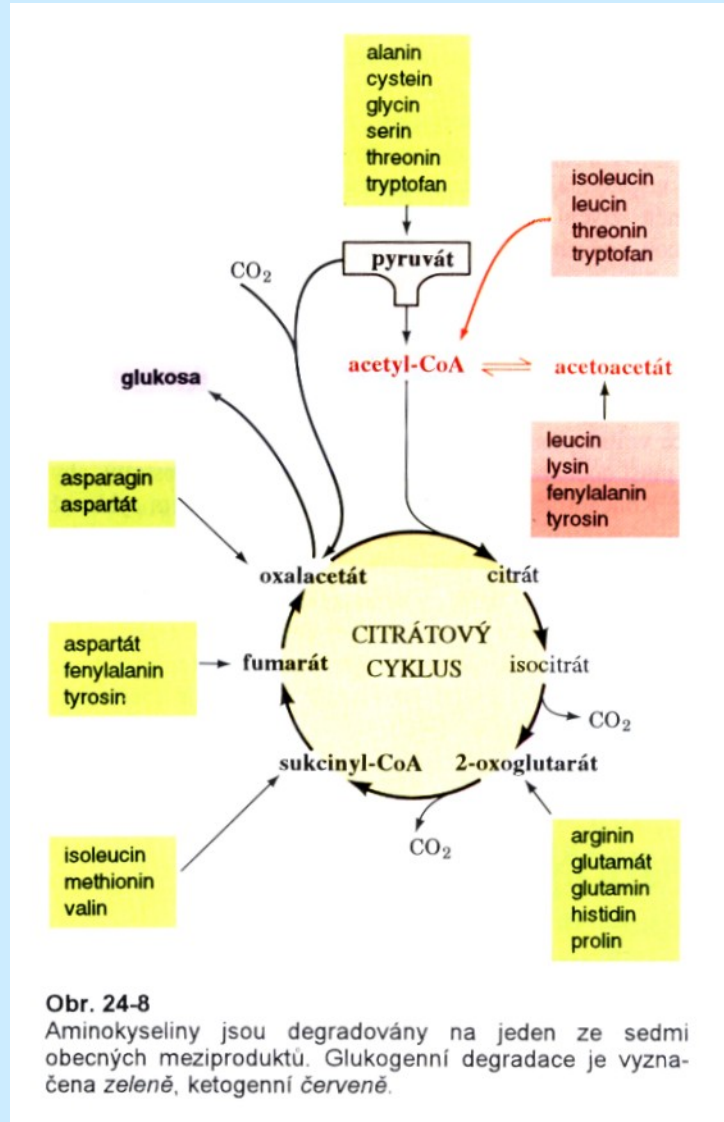
# PŘEHLED AEROBNÍHO METABOLISMU



Obr. 15-3

Složité metabolity, jako jsou sacharidy, lipidy a proteiny, jsou nejprve degradovány na své monomerní jednotky, hlavně glukosu, mastné kyseliny a aminokyseliny, a dále na společný meziprodukt – acetyl-CoA. Acetylová skupina je poté oxidována kyslíkem na oxid uhličitý přes citrátový cyklus za současné redukce  $\text{NAD}^+$  a  $\text{FAD}$ . Reoxidace těchto koenzymů přes řetězec přenosu elektronů a oxidační fosforylaci vede ke vzniku vody a ATP.

# METABOLISMUS AMINOKYSELIN



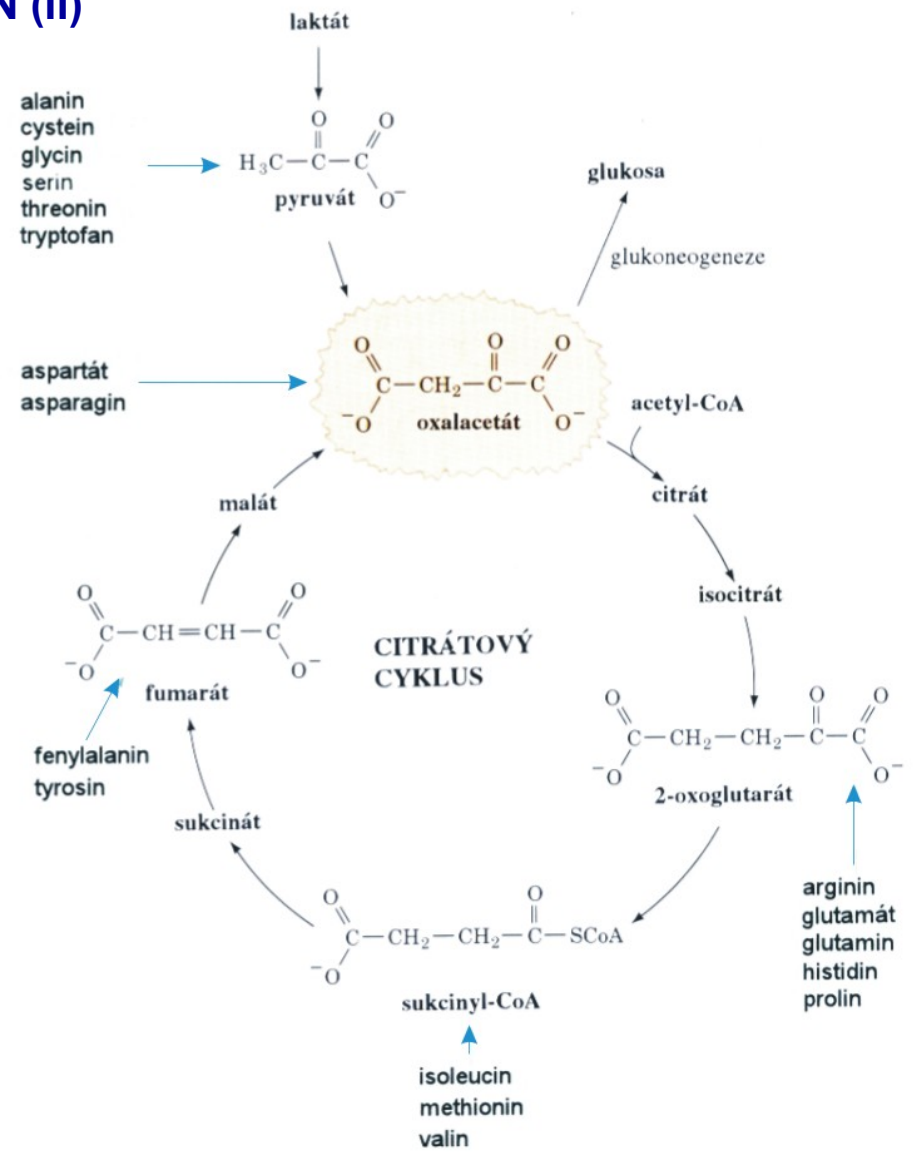
Obr. 24-8

Aminokyseliny jsou degradovány na jeden ze sedmi obecných meziproduktů. Glukogenní degradace je vyznačena zeleně, ketogenní červeně.

Metabolismus bílkovin a  
aminokyselin

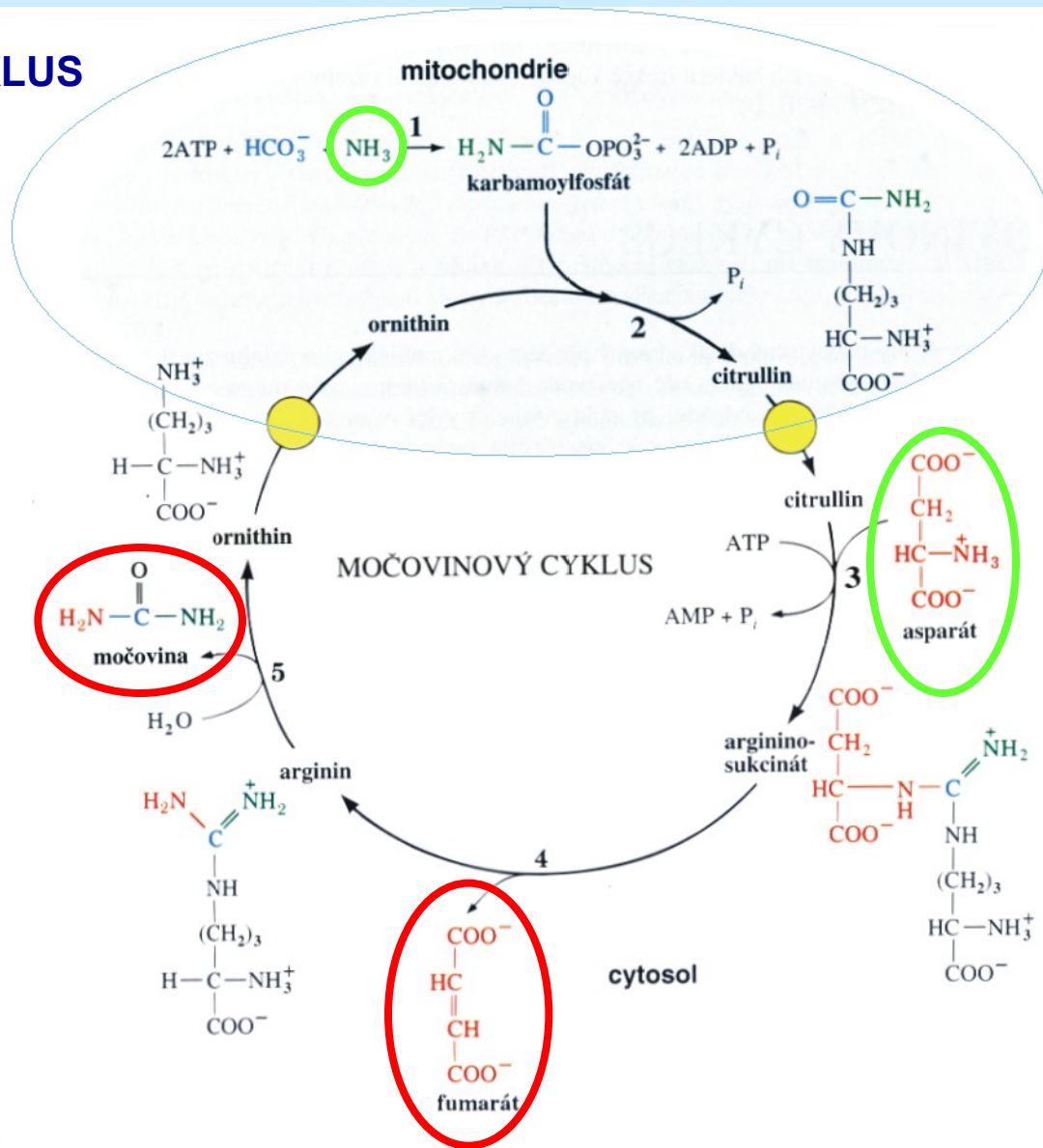


# METABOLISMUS AMINOKYSELIN (II)



**Obr. 21-1**  
 Metabolické dráhy vzniku oxalacetátu z laktátu, pyruvátu a intermediátů citrátového cyklu. Všechny aminokyseliny kromě leucinu a lysinu mohou být těmito reakcemi převedeny na oxalacetát a dále na glukosu.

# MOČOVINOVÝ CYKLUS



Obr. 24-4

Močovinový cyklus probíhá částečně v mitochondriích a částečně v cytosolu, přičemž ornithin a citrullin jsou přes mitochondriální membránu přenášeny specifickými transportními systémy. Cyklus se účastní pět enzymů: (1) karbamoylfosfátsynthetasa, (2) ornithin-karbamoyltransferasa, (3) argininosukcinátsynthetasa, (4) argininosukcinátlyasa a (5) arginasa.