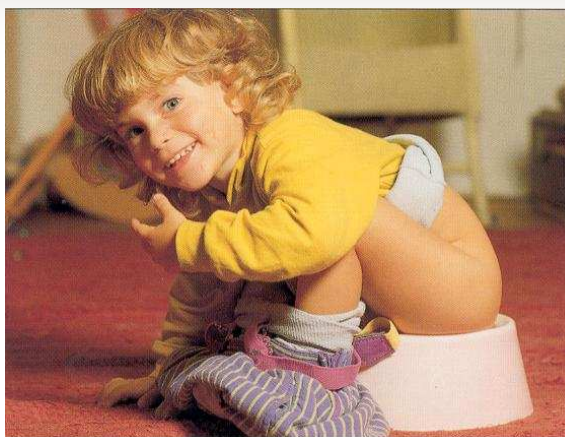


Trávení a metabolismus



Milada Roštejnská

Helena Klímová



Obr. 1. Proces „vylučování“^[1]

Obsah (1. část)

Zařazení člověka podle metabolismu

Potrava

Osud potravy v lidském těle

Trávení (obecně)

Trávení sacharidů

Trávení bílkovin

Trávení triacylglycerolů

Metabolismus

Schéma metabolismu

Anabolismus a katabolismus

Rychlost metabolismu

Energetický nadbytek a nedostatek

Adenosintrifosfát (ATP)

Obsah (2. část)

Metabolismus sacharidů

Glykolýza

Glykolýza - schéma

Aerobní a anaerobní odbourávání pyruvátu

Aerobní a anaerobní odbourávání pyruvátu - schéma

Metabolismus bílkovin

Močovinový cyklus

Metabolismus triacylglycerolů

Odbourávání mastných kyselin

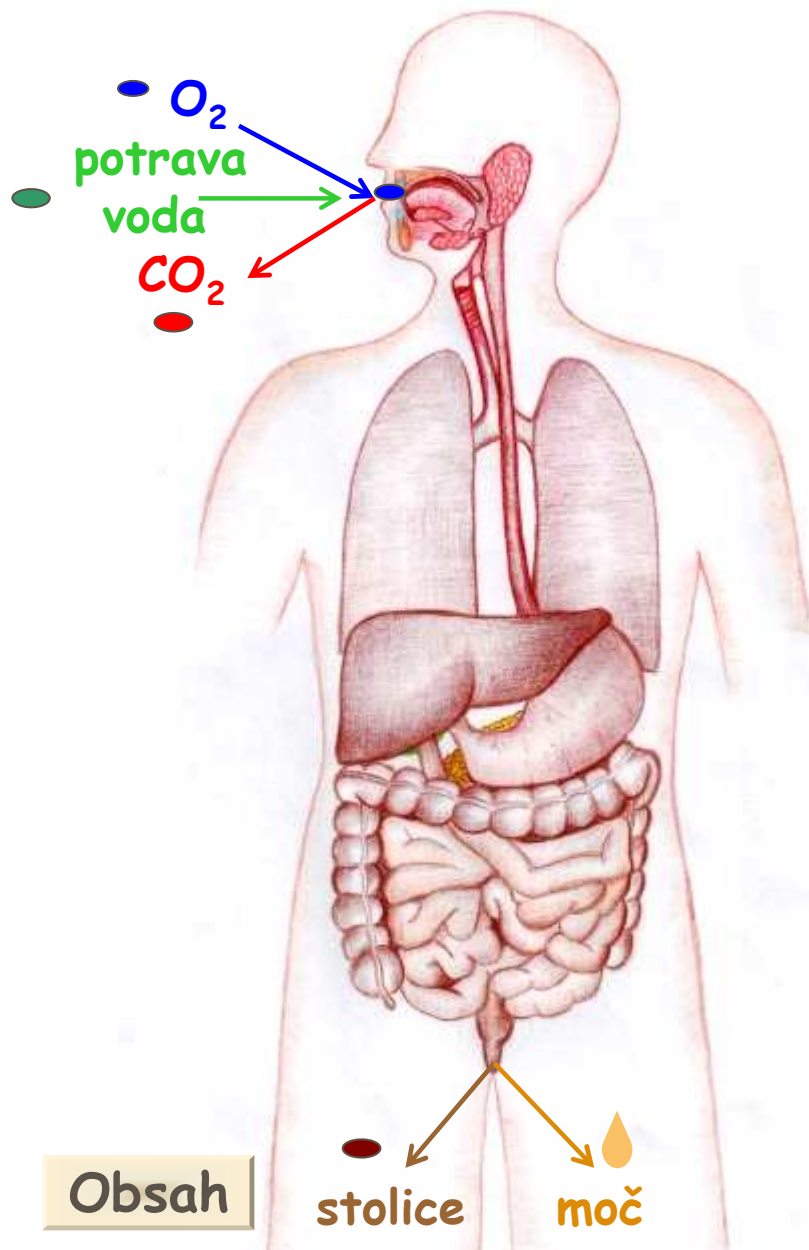
Schéma metabolismu

Rozdíly v energetickém výtěžku

Vztah metabolismu triacylglycerolů a sacharidů

Použitá literatura

Člověk patří mezi **chemoorganotrofní** **aerobní** organismy



Chemotrofní organismy získávají energii oxidací živin. Chemotrofní organismy využívají chemické reakce jako zdroj energie.

Heterotrofní (organotrofní) organismy mají za hlavní zdroj uhlíku jiné organické látky (tuky, bílkoviny, lipidy).

Aerobní organismus potřebuje ke svému životu nezbytně kyslík.

Co musí obsahovat naše strava?

- Bílkoviny
- Sacharidy
- Lipidy
- Vitaminy a minerální látky
- Vodu

Obr. 2. Trávicí soustava

Potrava

Potrava = vše, co slouží k výživě organismu.

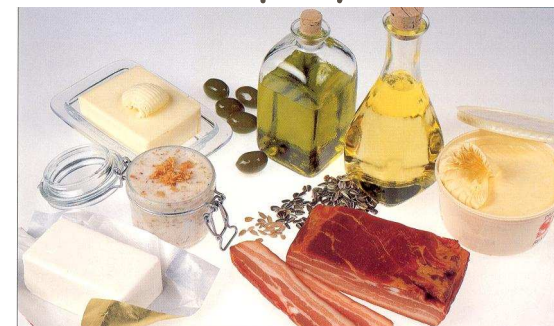
Bílkoviny



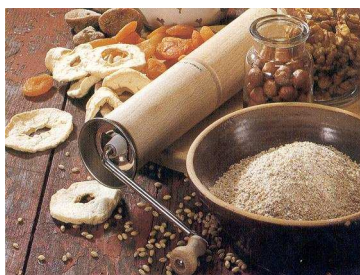
Sacharidy



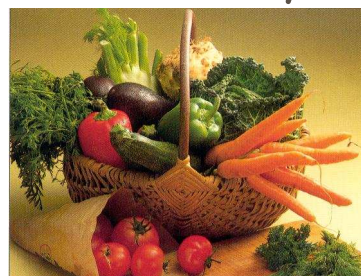
Lipidy



Vláknina



Vitaminy

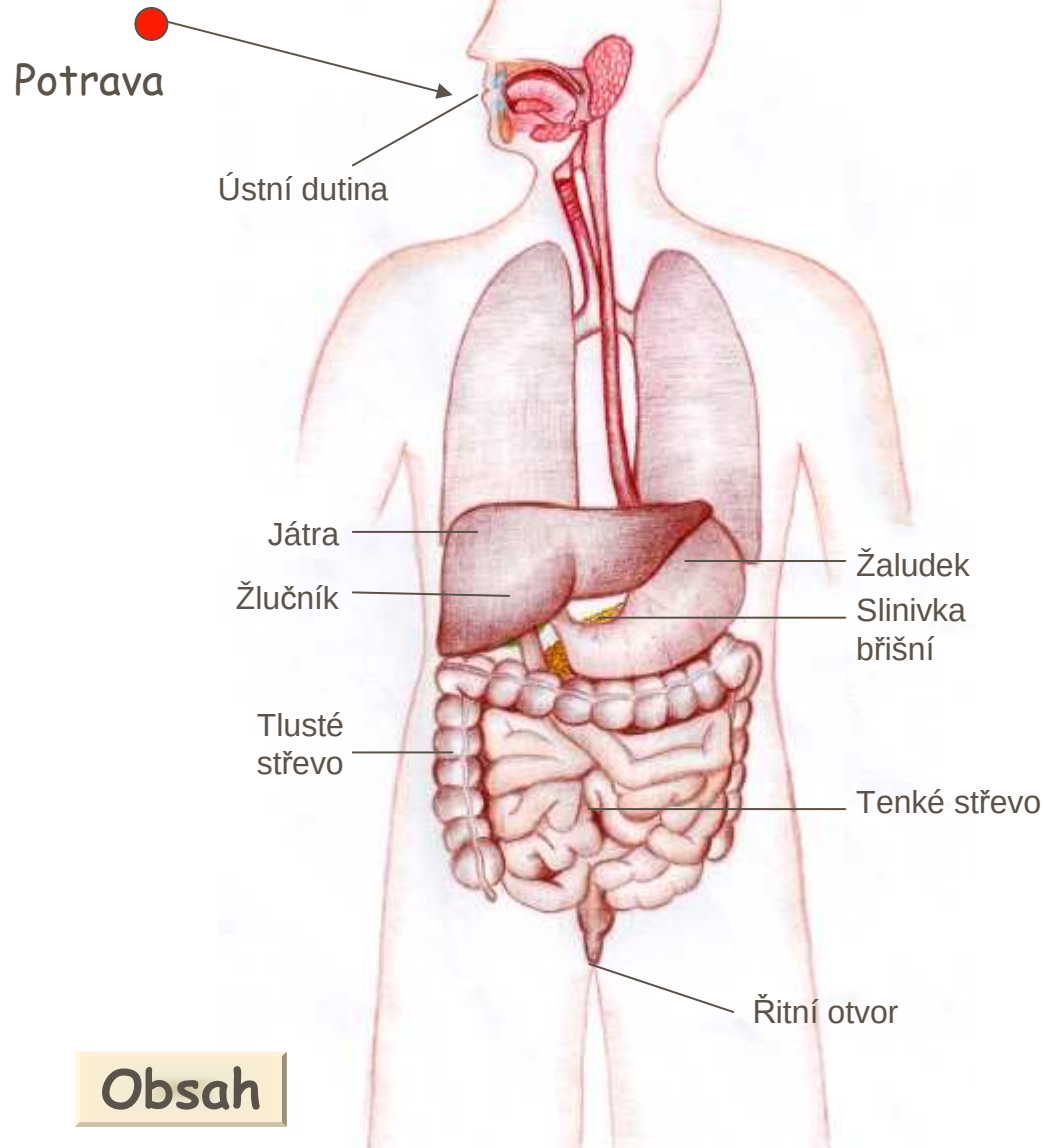


Minerální látky
a stopové prvky



Osud potravy v našem těle

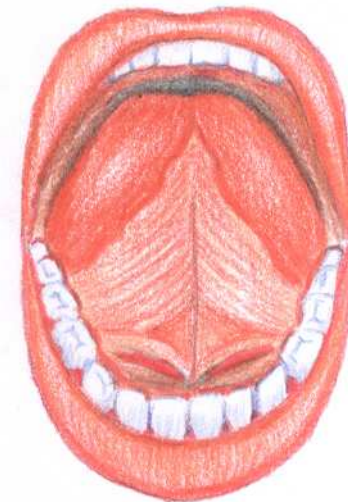
Obr. 9. Trávicí soustava



Obsah

- Potrava se v ústech žvýká a nakonec se mísí se slinami do vlhké hmoty, které říkáme **sousto**.

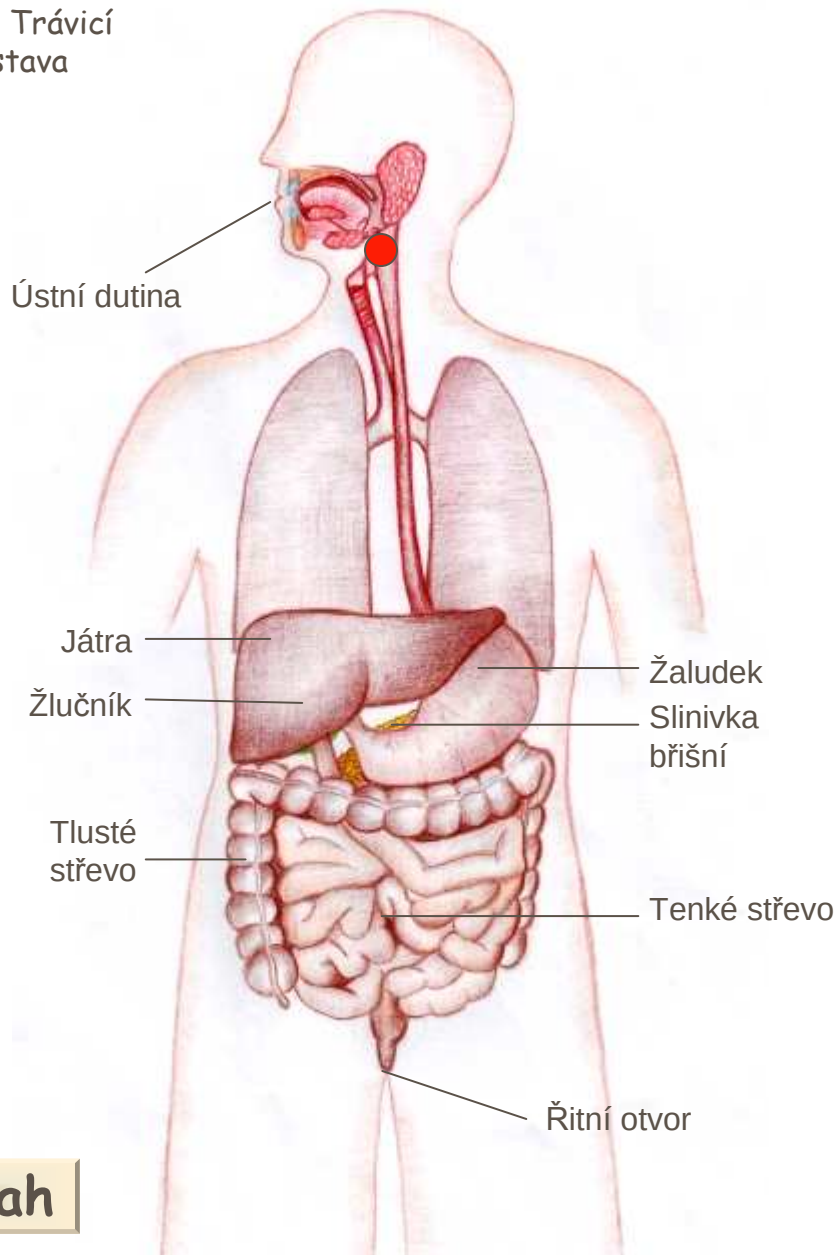
Potrava
↓
Ústa



Obr. 10. Ústa

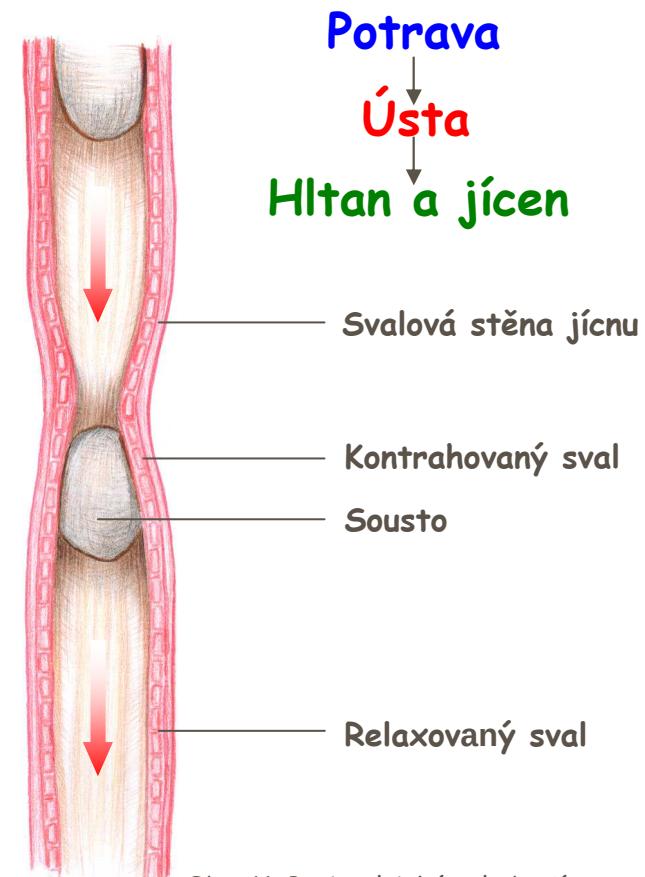
Osud potravy v našem těle

Obr. 9. Trávicí soustava



Obsah

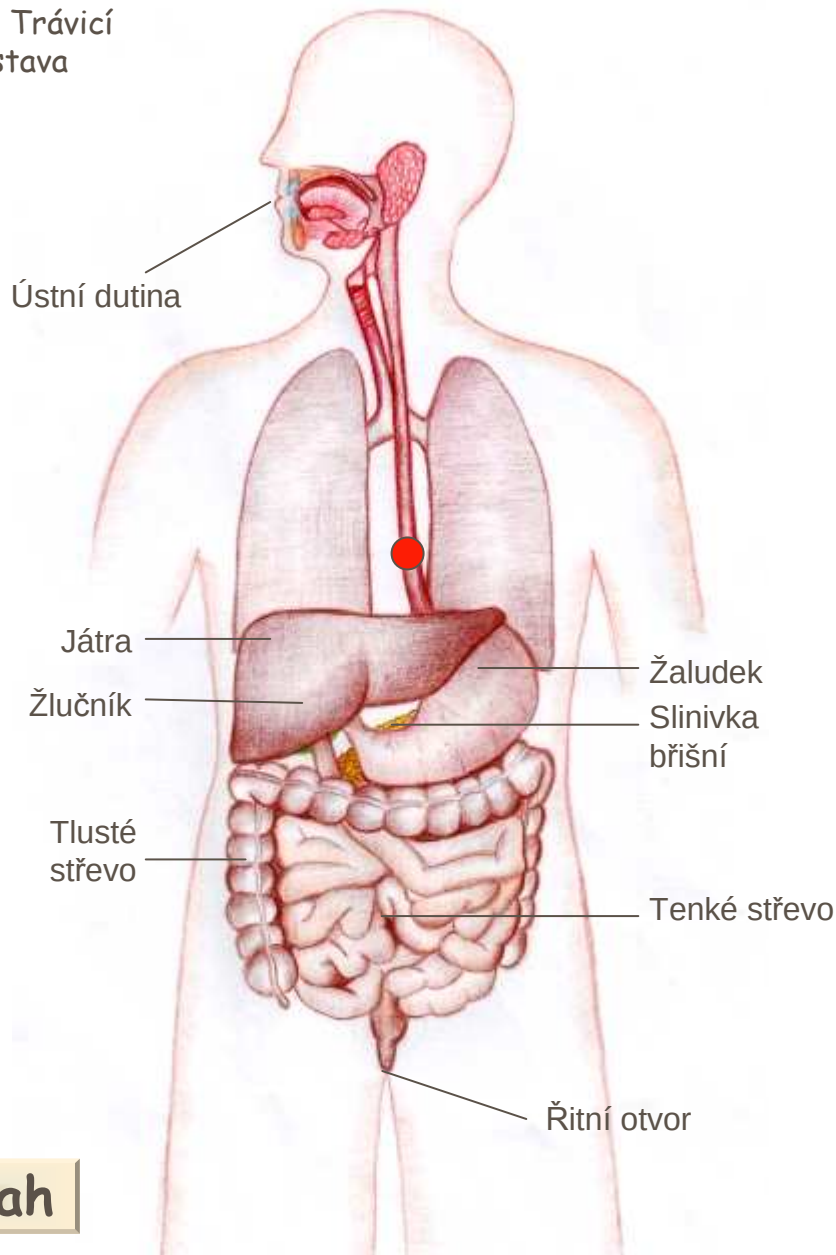
- Sousto v hltanu putuje tzv. **peristaltickými pohyby** až do jícnu. Pozor někdy se stane, že se spustí peristaltika zpětná neboli **zvracení**.



Obr. 11. Peristaltické pohyby jícnu

Osud potravy v našem těle

Obr. 9. Trávicí soustava



Obsah

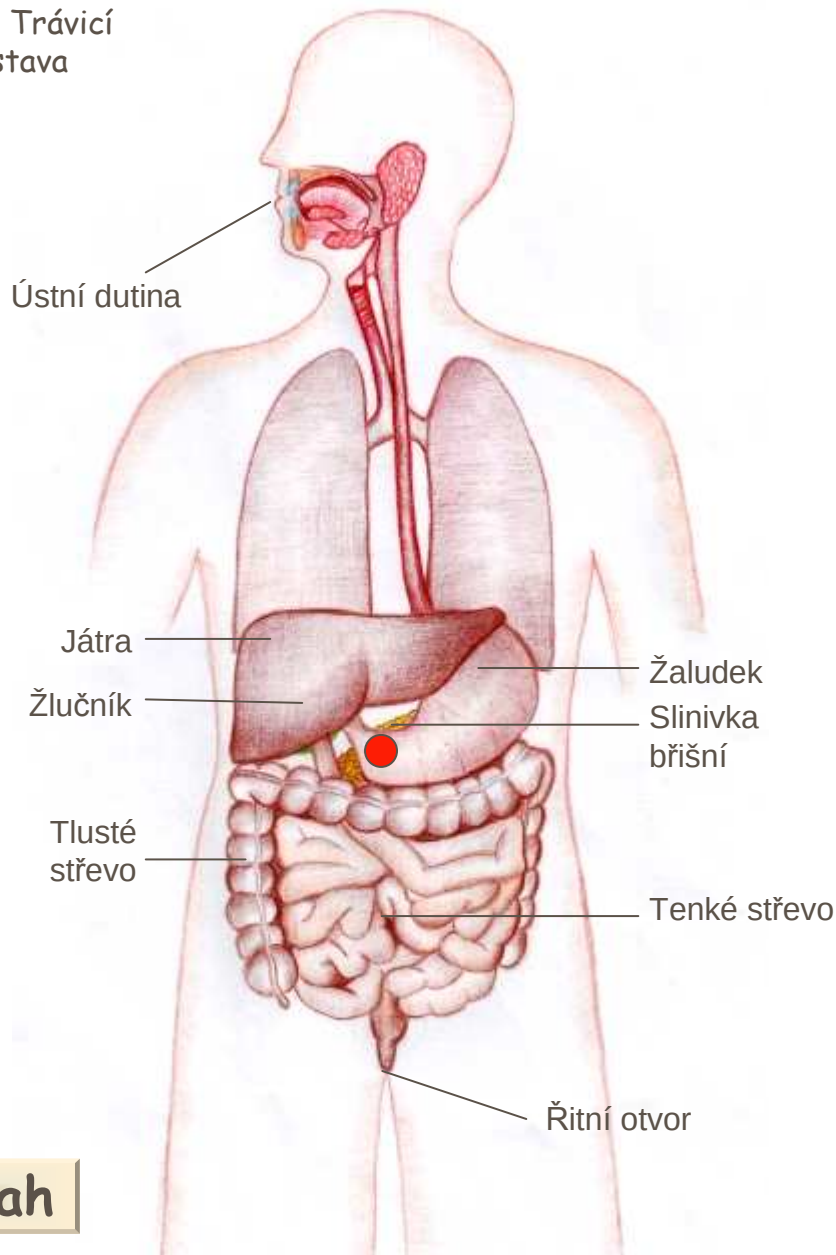
- V žaludku se jeho silné svaly stahují, a dovolují tak rozmačkat a rozdrtit obsah uvnitř na lepkavou a blátivou hmotu, které se říká **trávenina (chymus)**. Zde se také naše potrava setkává s celou řadou **enzymů**.



Obr. 12. Žaludek

Osud potravy v našem těle

Obr. 9. Trávicí soustava

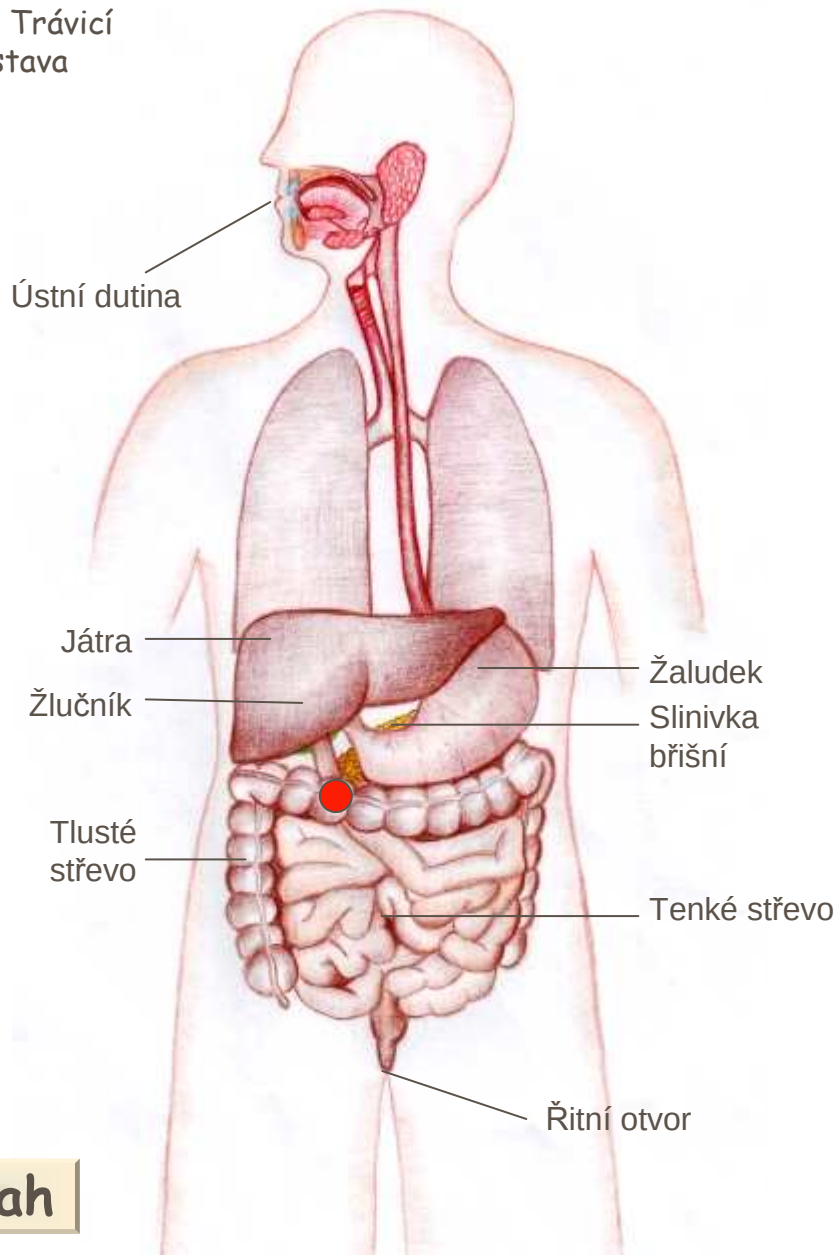


- Chymus ve dvanáctníku obsahuje částečně strávenou potravu ze žaludku, trávicí šťávy ze slinivky břišní a žluč ze žlučníku.



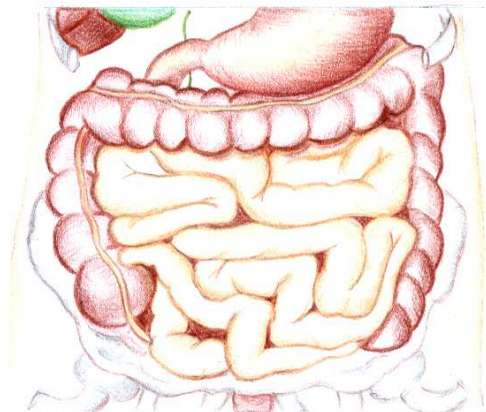
Osud potravy v našem těle

Obr. 9. Trávicí soustava



- Tenké střevo je hlavním místem vstřebávání živin.

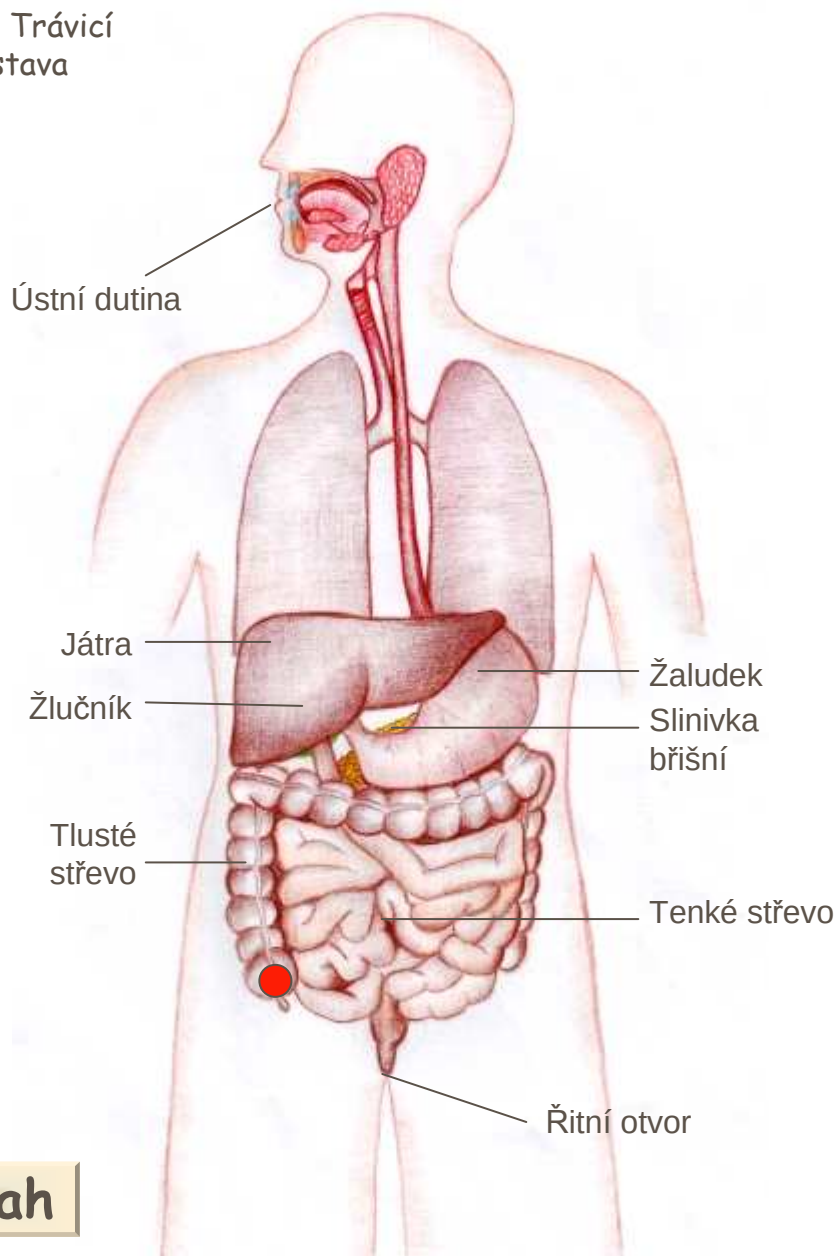
Potrava
↓
Ústa
↓
Hltan a jícen
↓
Žaludek
↓
Dvanáctník
↓
Tenké střevo



Obr. 13. Tlusté a tenké střevo

Osud potravy v našem těle

Obr. 9. Trávicí soustava



Obsah

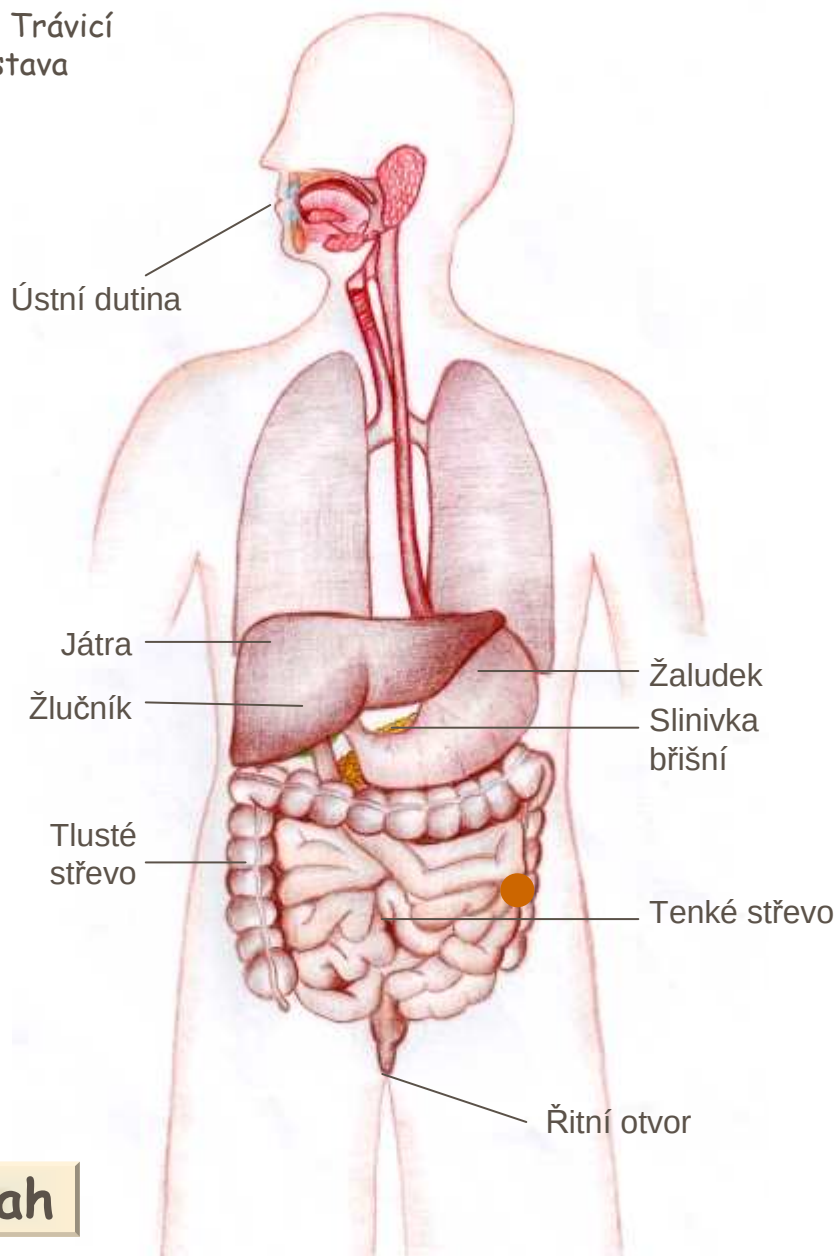
- V tlustém střevě dochází ke vstřebávání vody (až 90%). Nestrávené zbytky (vláknina, trávicí šťávy, žluč, buňky střevní výstelky, bakterie) tvoří **stolici**. 1/3 suché váhy představují bakterie.



Obr. 13. Tlusté a tenké střevo

Osud potravy v našem těle

Obr. 9. Trávicí soustava



Obsah

- V tlustém střevě dochází ke vstřebávání vody (až 90%). Nestrávené zbytky se mění na hnědou hmotu (**stolice**), jejíž 1/3 suché váhy představují bakterie produkující methan. Mezi nestrávené zbytky patří i vláknina.



Obr. 13. Tlusté a tenké střevo

Trávení

Obr. 14. Příjem potravy^[1]



Během procesu **trávení** dochází za pomoci **hydrolytických enzymů** k rozkladu potravy na jednodušší látky.

Ty mohou dále sloužit buď jako stavební jednotky pro výstavbu nových sloučenin, nebo mohou být v těle dále odbourávány až na oxid uhličitý, vodu a ostatní odpadní látky.



Trávení sacharidů

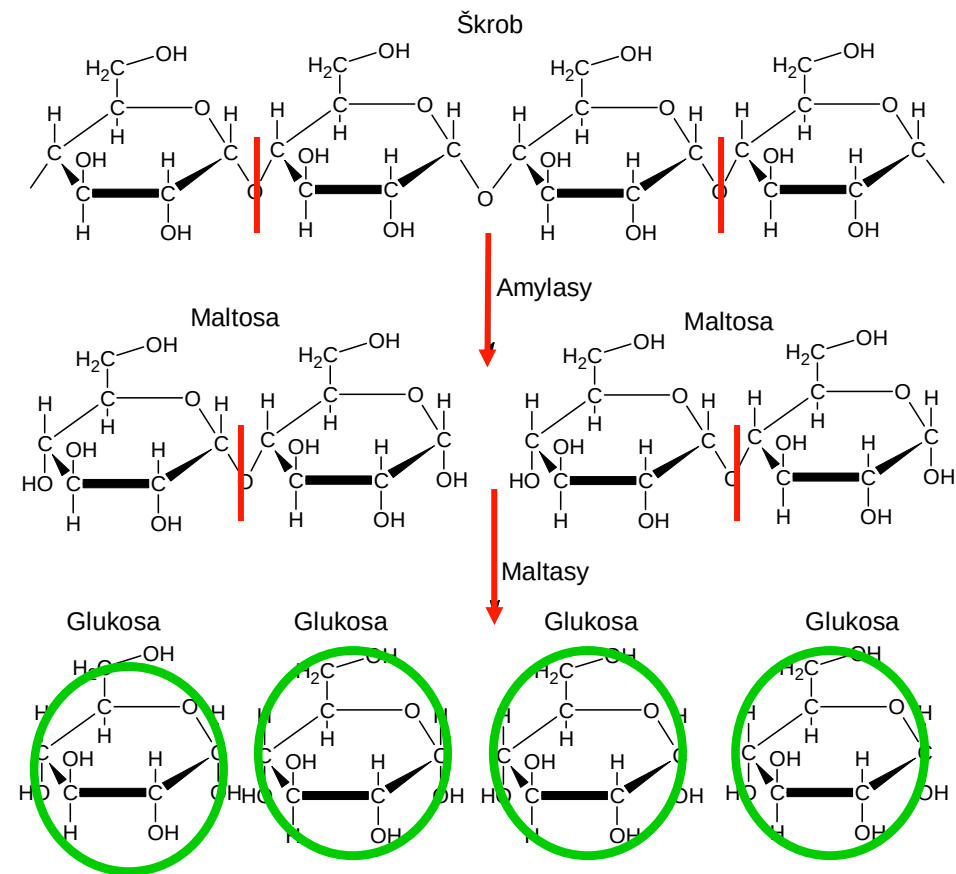
Obr. 15. Sacharidy 2^[1]



- Trávení je založeno na **hydrolytickém štěpení glykosidové vazby**.
- Produktem trávení polysacharidů jsou **monosacharidy** (glukosa, fruktosa, galaktosa...).

Příklad: trávení škrobu

Obr. 16. Schéma trávení polysacharidu - škrobu



• **Amylasy** štěpí polysacharid škrob postupně na disacharidové jednotky - maltosu.

• **Maltasa** štěpí disacharid maltosu na monosacharid glukosu.

Obsah

Trávení bílkovin

• Trávení je založeno na **hydrolytickém štěpení peptidové vazby**.

Peptidový řetězec

• Výsledkem trávení bílkovin jsou jednotlivé **aminokyseliny** a kratší peptidové řetězce.

• **Karboxypeptidasy** štěpí bílkoviny od C-konce.

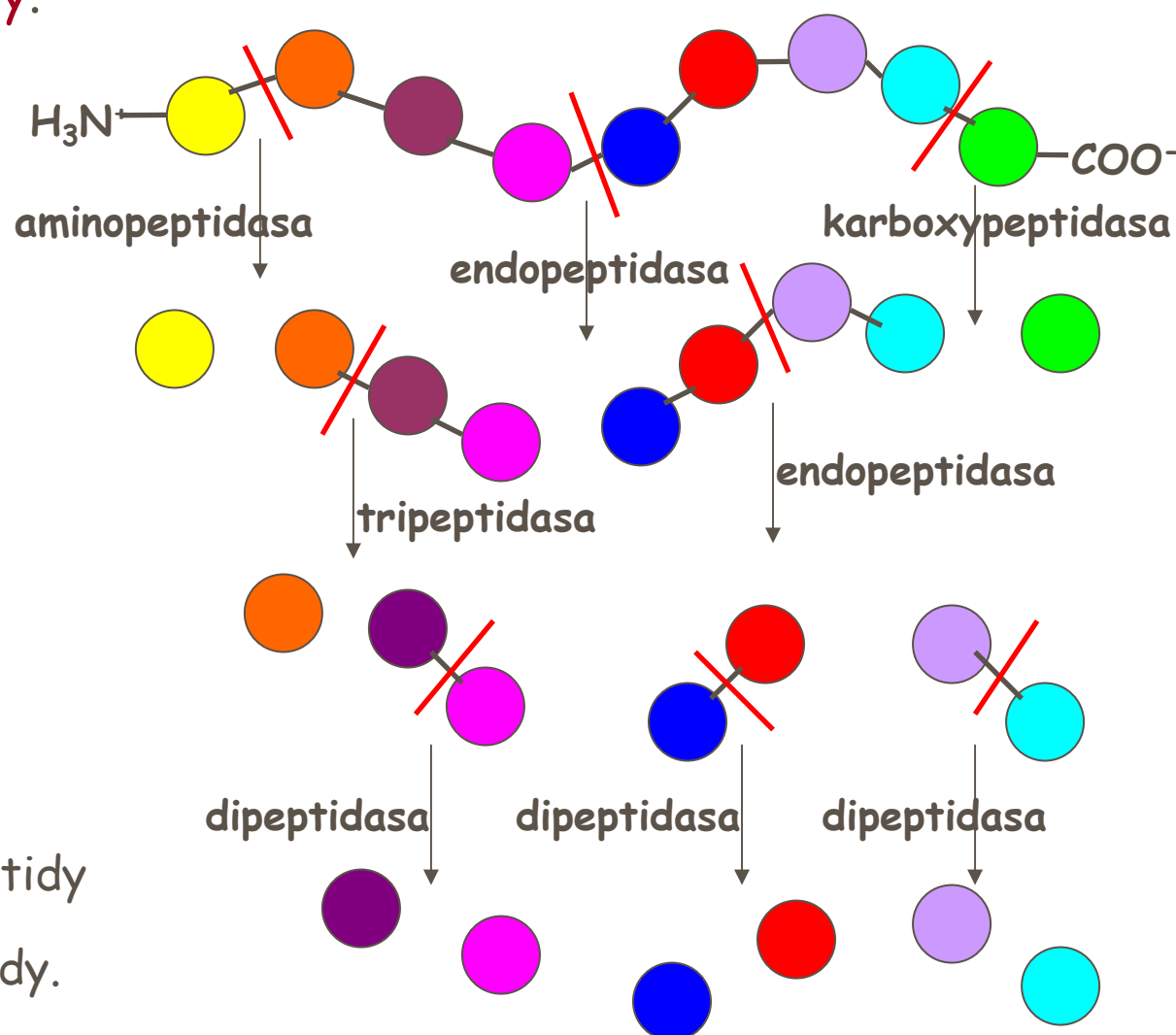
• **Aminopeptidasy** štěpí bílkoviny od N-konce.

• **Endopeptidasy** štěpí bílkoviny uprostřed řetězce.

• **Tripeptidasy** štěpí tripeptidy

• **Dipeptidasy** štěpí dipeptidy.

Obsah

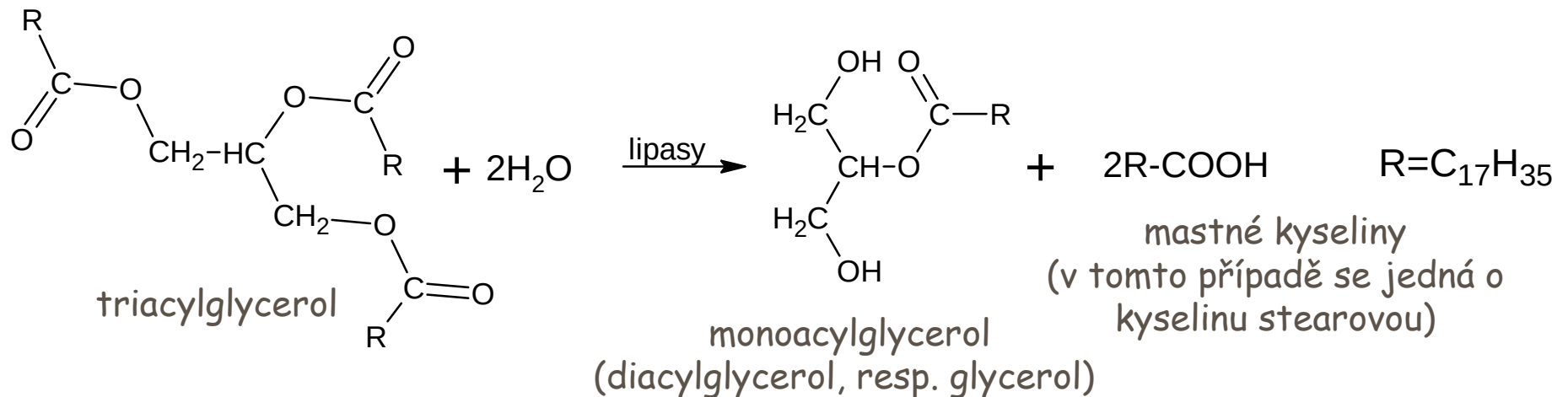


Obr. 17. Schéma trávení proteinů

Trávení triacylglycerolů

- Trávení je založeno na **hydrolytickém štěpení esterové vazby**.

Obr. 18. Lipidy 2^[1]



Enzymy štěpící triacylglyceroly se nazývají **lipasy**.

Obsah

Produktem trávení jsou **mastné kyseliny** a **monoacylglycerol** (diacylglycerol, resp. glycerol).

Metabolismus

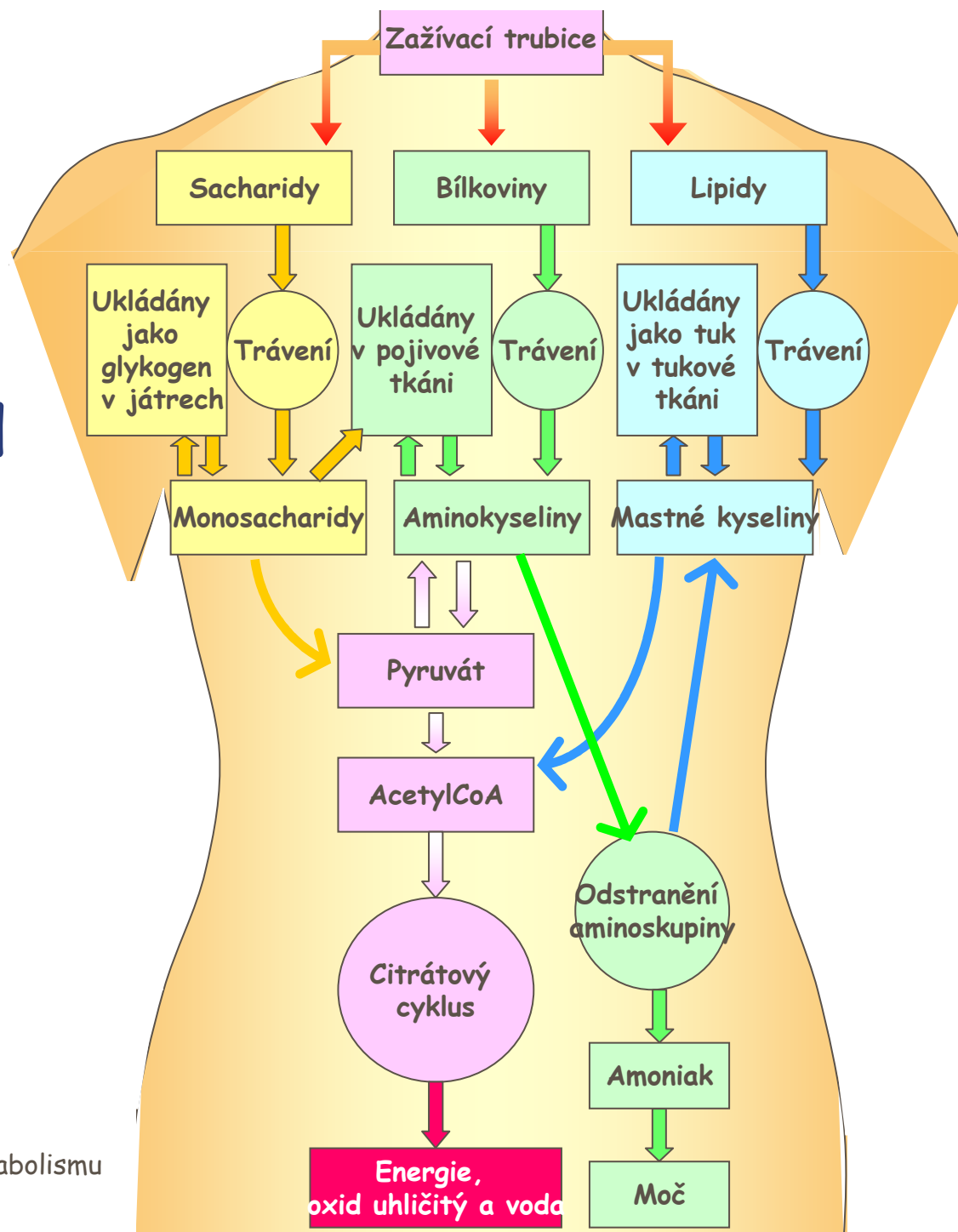
Metabolismus jsou všechny chemické procesy, při nichž dochází k přeměně **látek** (látková výměna) a **energií** (energetická výměna) v buňkách a živých organismech.

Metabolismus v sobě zahrnuje přeměny výše zmíněných produktů trávení na odpadní látky, nebo výstavby nových pro život důležitých sloučenin.

Co je metabolit?

Metabolit je produkt metabolismu.

Schéma metabolismu



Obsah

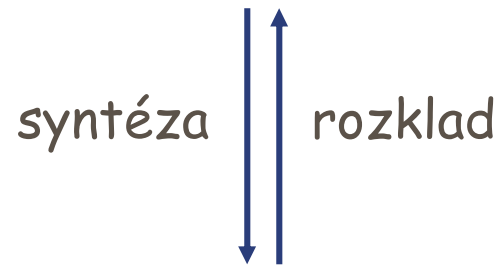
Obr. 19. Schéma metabolismu

Anabolismus a katabolismus

Anabolismus

Látky chemicky jednodušší
+ energie

Katabolismus



Látky chemicky složitější

Anabolické reakce jsou především **endergonické** (energii spotřebovávají).

Katabolické reakce jsou především **exergonické** (energii uvolňují).

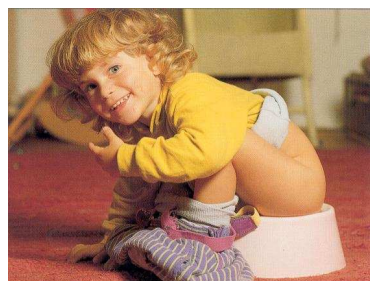
Rychlost metabolismu

Rychlost metabolismu je celkově ovlivňována **hormony**.

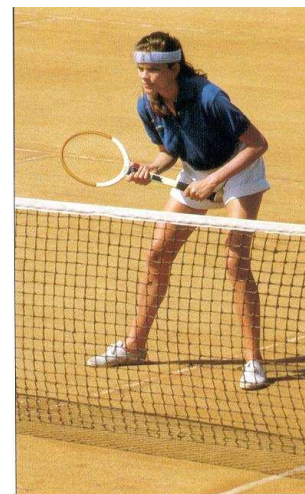
Jednotlivé reakce jsou katalyzovány **enzymy**, a tím jsou urychlovány.

Čím je rychlost ovlivněna?

1. Věkem
2. Pohlavím
3. Celkovým stavem organismu (fyzickým i psychickým)



Obr. 21. Proces „vylučování“^[1]



Obr. 20. Fyzická zátěž (Sport) ^[1]

Energetický nadbytek a nedostatek

Při **nadbytku energie** (např. při větším příjmu potravy, nedostatku pohybu ...) musí tělo energii nějakým způsobem využít, aby se tělo nepřehřálo. energii organismus využije na tvorbu lipidů, které se ukládají do tukové tkáně, čímž může vzniknout **nadváha** (otylost).



Obr. 22. Nadváha [1]



Obsah

Obr. 23. Příjem potravy[1]

Naopak při nedostatečném příjmu potravy a tím i **nedostatečném příjmu energie**, musí tělo energii někde získat. Nejprve jsou použity rezervy glykogenu. Při delším hladovění dochází k rozkladu tukových zásob, což může být příčinou **podvýživy**.

ATP

Organismy potřebují stále energii, kterou získávají rozkladem potravy. Tuto energii spotřebují na endergonické reakce.

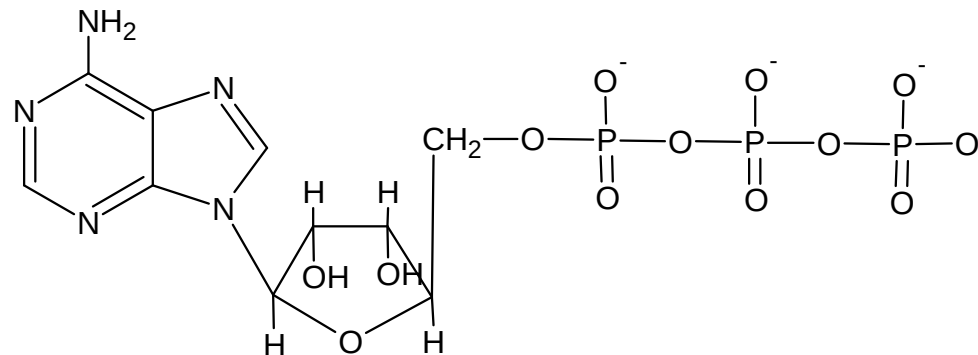


Obr. 24. Dítě^[1]

Kde organismus energii uchovává?

Skladuje ji v tzv. **makroergických sloučeninách**, jejichž rozkladem se získá velké množství energie.

Typickým příkladem je tzv. **adenosintrifosfát** (ATP).



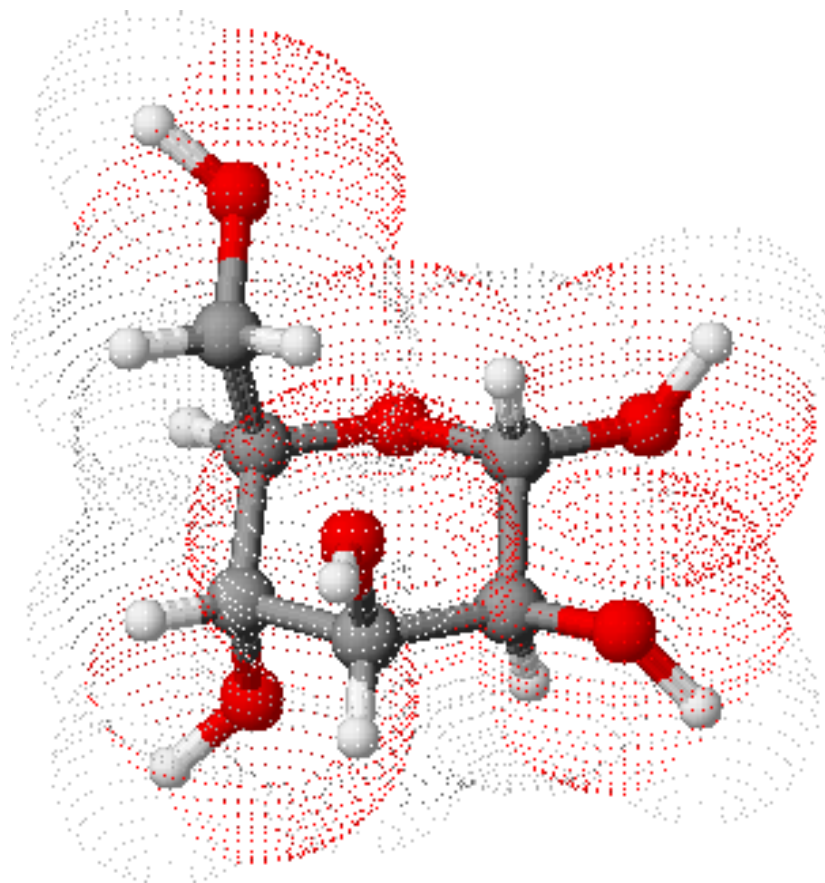
Obr. 25. Molekula ATP

Metabolismus sacharidů

Sacharidy slouží jako **zdroj rychle uvolnitelné energie**.



Obr. 26. Sacharidy 2^[1]



Obr. 27. Molekula D-glukosy

Obsah

Polysacharidy i oligosacharidy jsou hydrolyticky štěpeny v procesu **trávení** na **monosacharidy**.

Monosacharidy jsou schopny vstřebávat se stěvnou stěnou.

V naší krvi musí být udržována stálá hladina glukosy (tzv. glykémie). Na regulaci metabolismu glukosy se podílí celá řada hormonů, především **insulin** a **glukagon**.

Metabolismus sacharidů

Odbourávání monosacharidů probíhá v několika fázích:

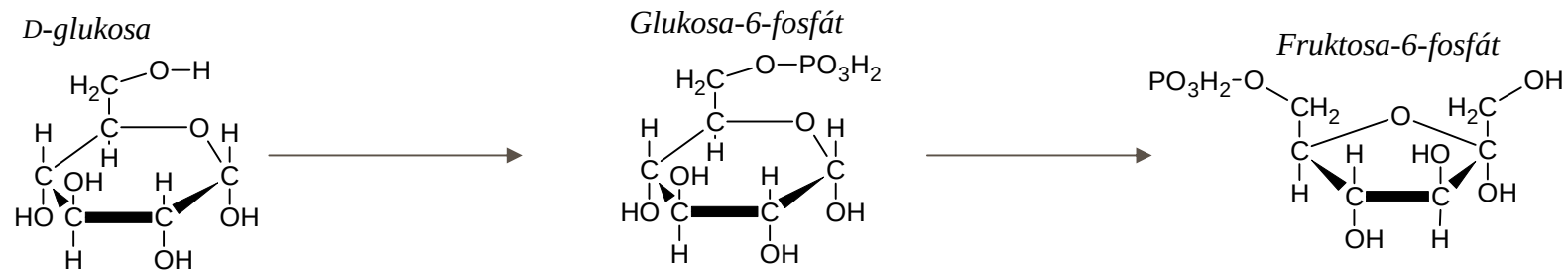
1. Fáze glykolýzy
2. Fáze glykolýzy
3. Fáze glykolýzy
4. Aerobní a anaerobní odbourávání pyruvátu

Glykolýza

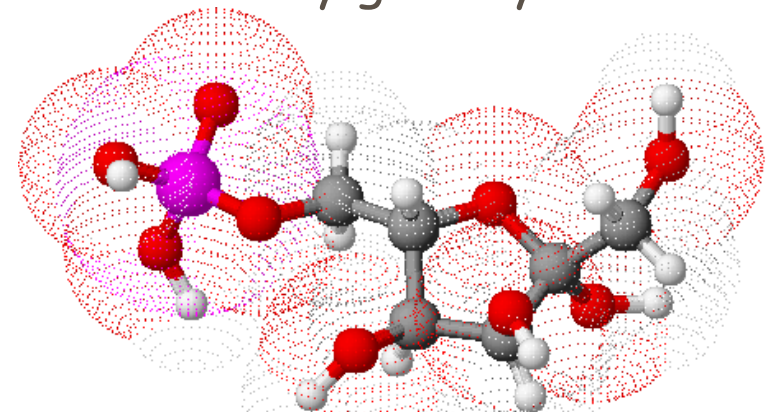
(přeměna glukosy na pyruvát, probíhá v cytoplasmě)

1. Fáze glykolýzy

Převod monosacharidů (glukosy) na **D-fruktosa-6-fosfát**.



Na vznik 1 molekuly D-fruktosa-6-fosfátu z 1 molekuly glukosy je zapotřebí 1 molekula ATP.



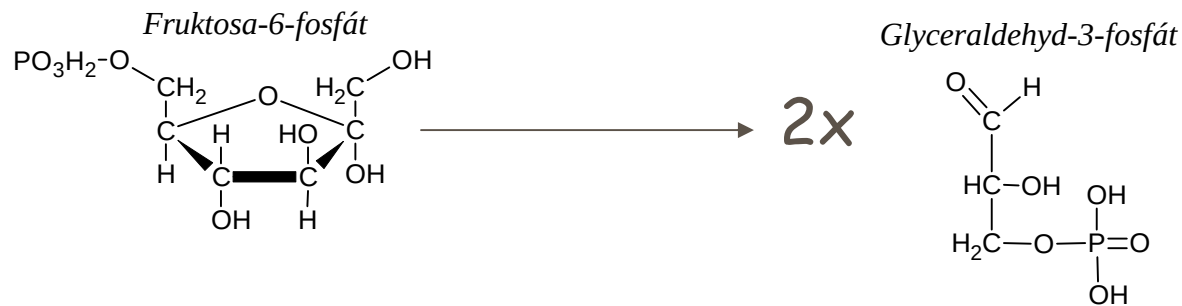
Obr. 28. D-fruktosa-6-fosfát

Glykolýza

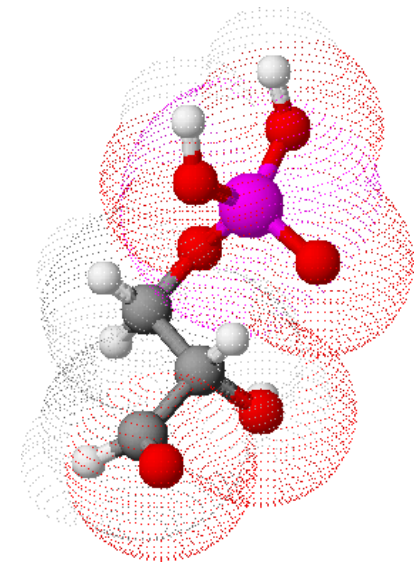
(přeměna glukosy na pyruvát, probíhá v cytoplasmě)

2. Fáze glykolýzy

Přeměna D-fruktosa-6-fosfátu na 2x **glyceraldehyd-3-fosfát**.



Opět je zapotřebí 1 molekula ATP.



Obsah

Obr. 29. Glyceraldehyd-3-fosfát

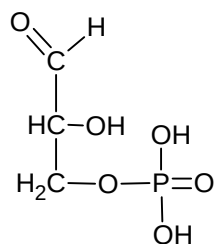
Glykolýza

(přeměna glukosy na pyruvát, probíhá v cytoplasmě)

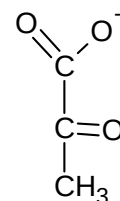
3. Fáze glykolýzy (dehydrogenace)

Přeměna glyceraldehyd-3-fosfátu na **pyruvát** (anion kyseliny pyrohroznové).

Glyceraldehyd-3-fosfát

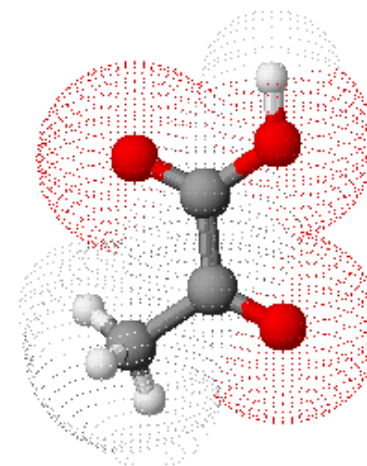


Pyruvát



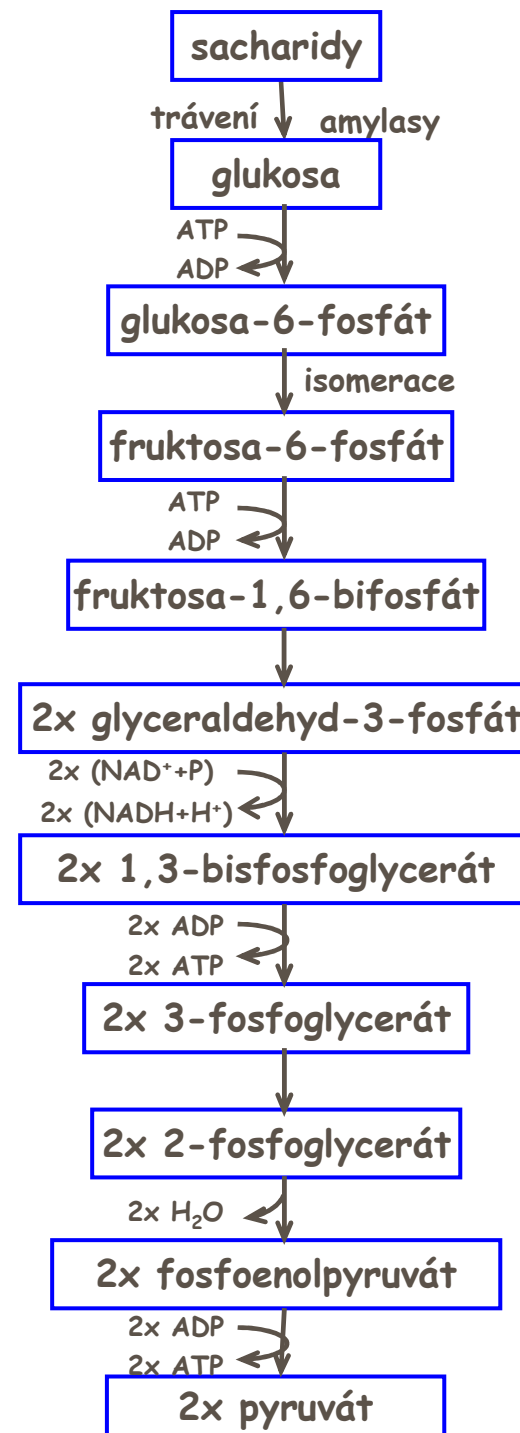
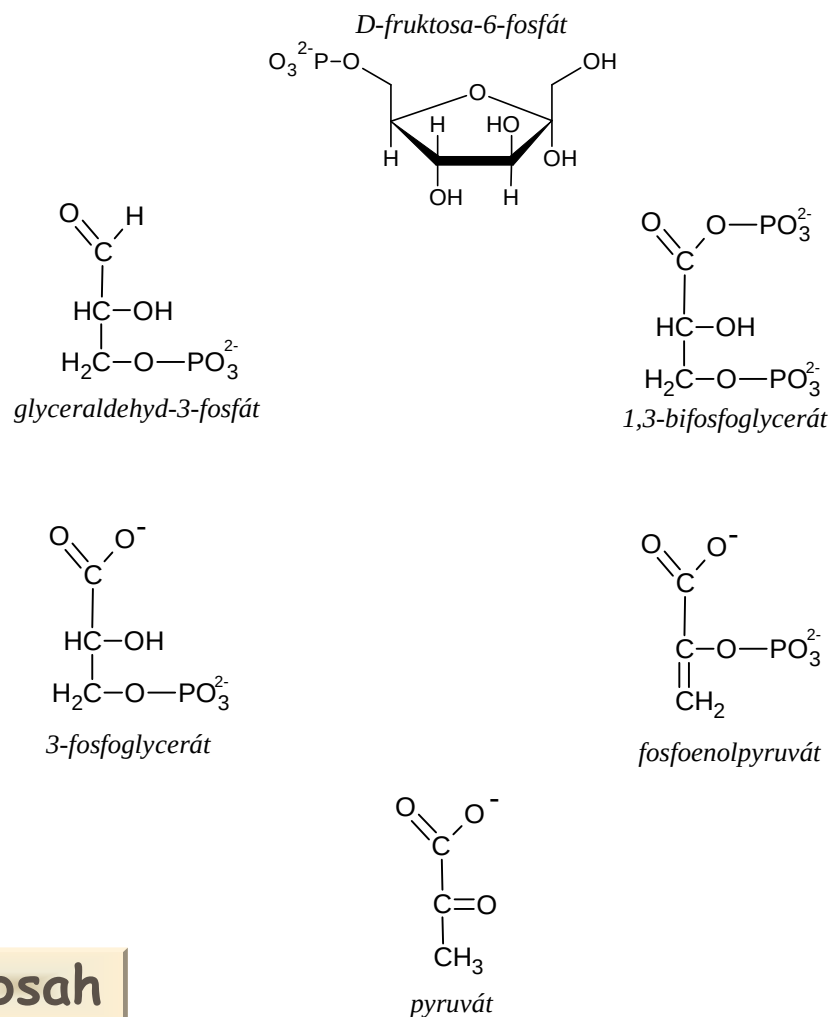
Při této fázi se z jedné molekuly triosy celkem uvolní 2 molekuly ATP a jedna molekula NADH.

Obsah



Obr. 30. Kyselina pyrohroznová

Glykolýza - schéma



Obsah

Glykolýza - schéma

Celkový zisk:

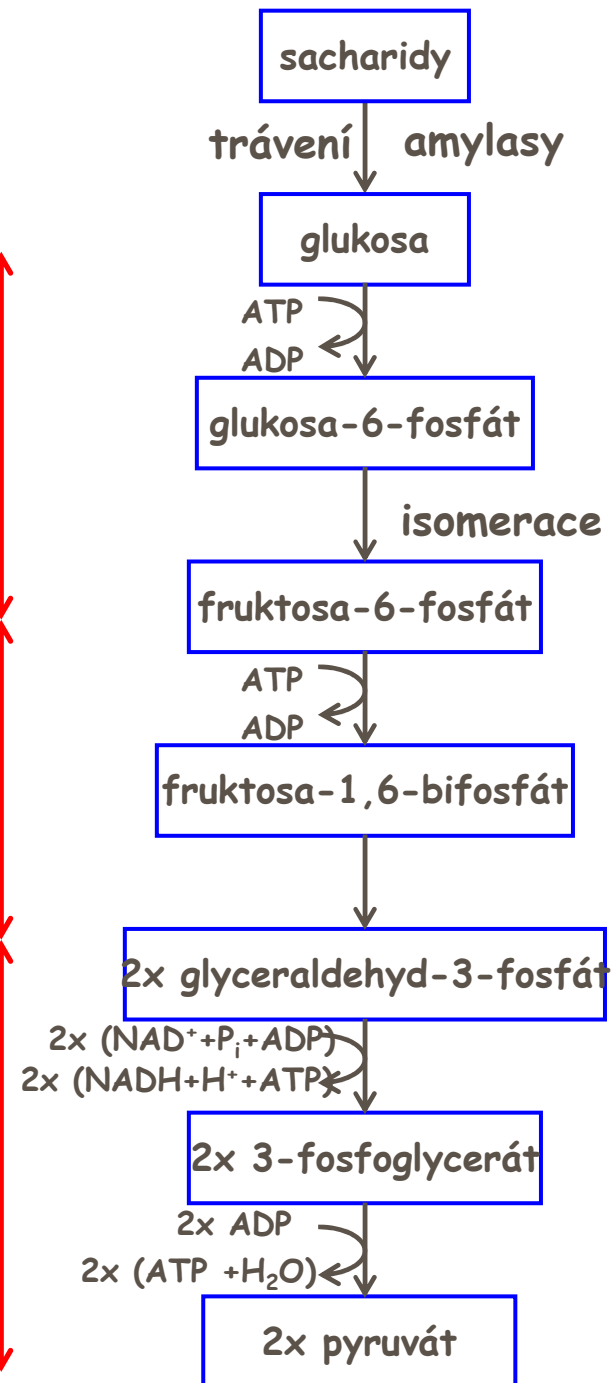
2 molekuly ATP
2 molekuly NADH

Obsah

1. fáze glykolýzy

2. fáze glykolýzy

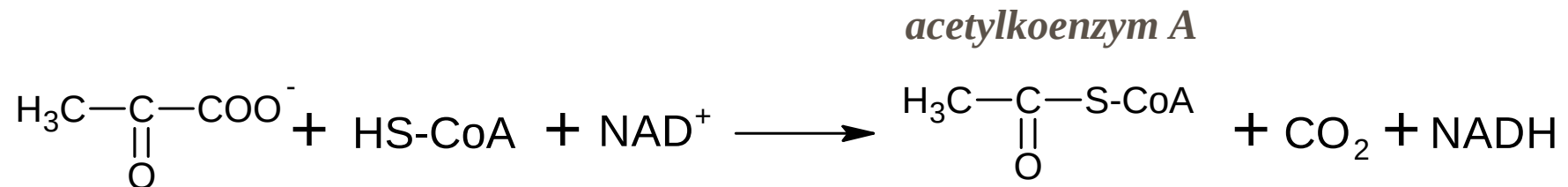
3. fáze glykolýzy



Aerobní odbourávání pyruvátu

1. Aerobní odbourávání pyruvátu (oxidační dekarboxylace pyruvátu)

Probíhá za přítomnosti kyslíku.

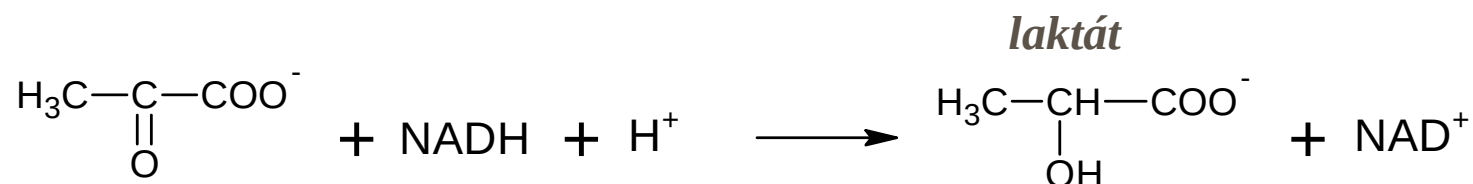


Anaerobní odbourávání pyruvátu

2. Anaerobní odbourávání pyruvátu

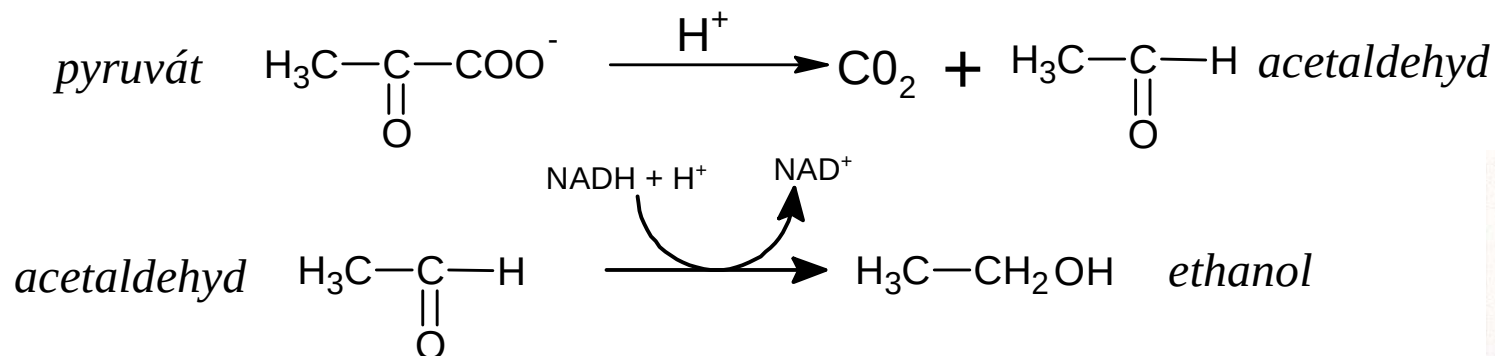
Probíhá při nedostatku kyslíku.

A, Tvorba laktátu



Ke vzniku laktátu dochází např. při cvičení (bolest svalů).

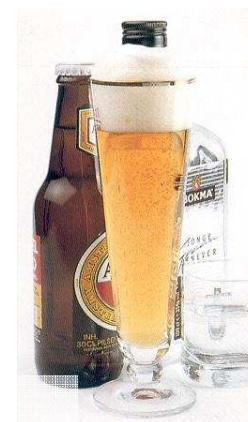
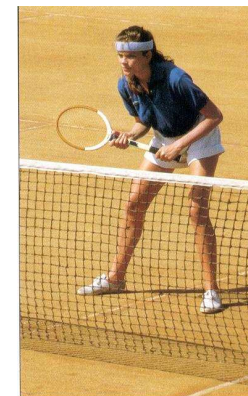
B, Alkoholové (ethanolové) kvašení



Obsah

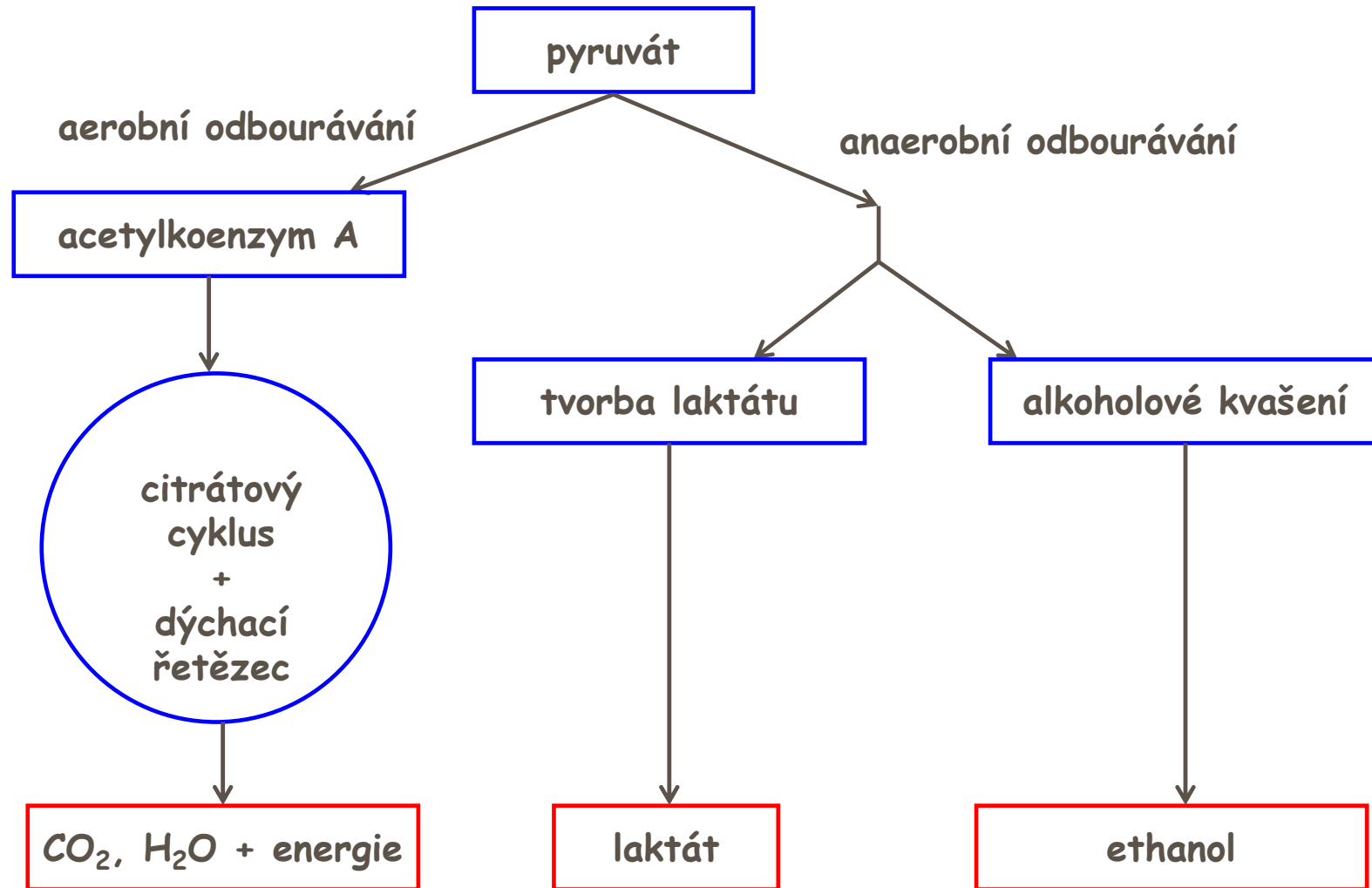
Alkoholové kvašení způsobují např. kvasinky.

Obr. 31.
Fyzická zátěž
(Sport) [1]



Obr. 32. Alkohol [1]

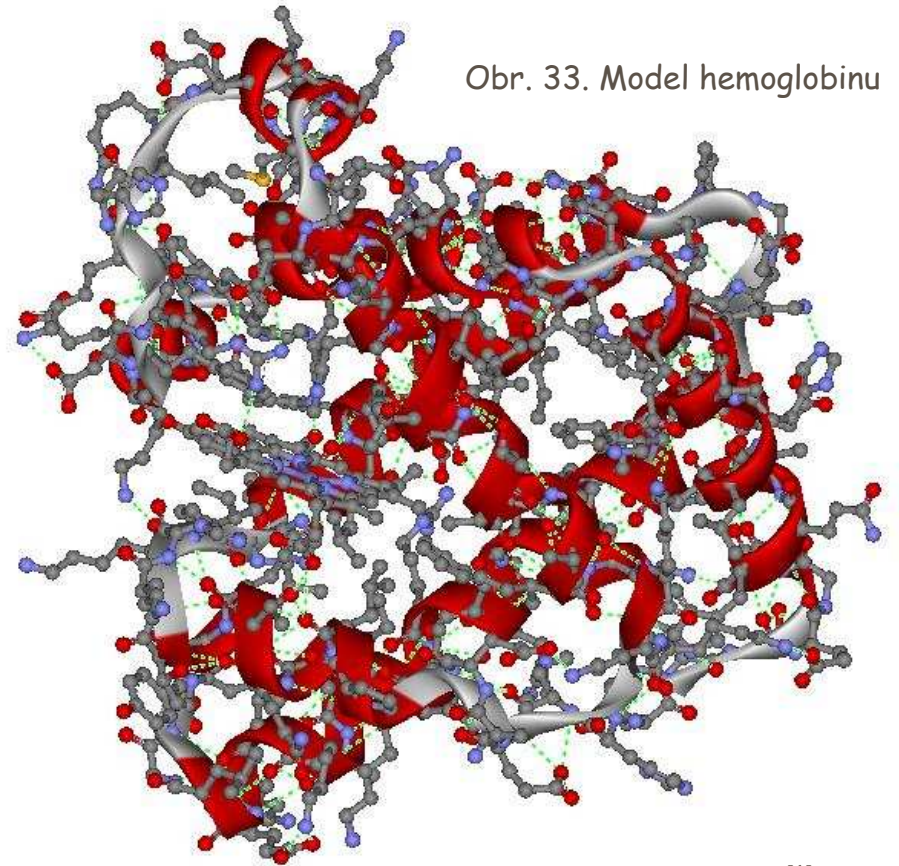
Aerobní a anaerobní odbourávání - schéma



Metabolismus bílkovin

Bílkoviny jsou pro naše tělo zcela nepostradatelné z mnoha hledisek :

- enzymy
 - zásobní proteiny (ovalbumin)
 - transportní proteiny (hemoglobin)
 - ochranné proteiny (imunoglobulin)
 - kontraktilní proteiny (myosin)
 - hormony (insulin)
 - strukturní proteiny (kolagen)
- zásadní zdroj dusíku a esenciálních aminokyselin

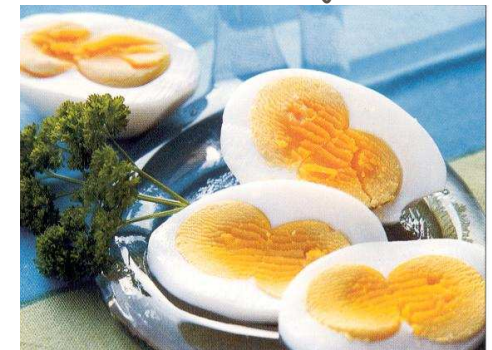


Obr. 33. Model hemoglobinu

Obr. 34. Bílkoviny ^[1]



Obr. 35. Vejce^[1]



Metabolismus bílkovin

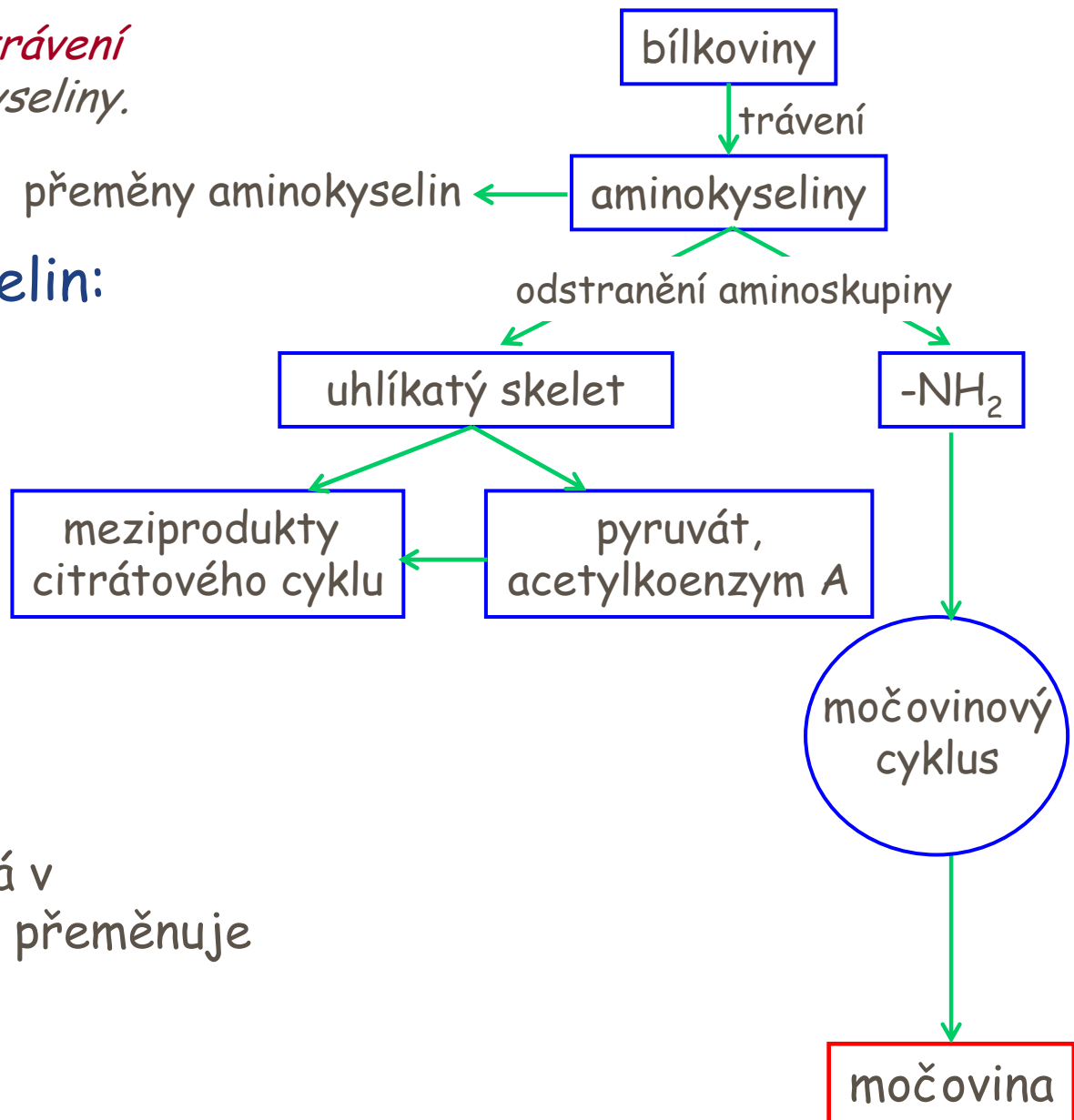
Bílkoviny jsou v procesu trávení hydrolyzovány na aminokyseliny.

Odbourávání aminokyselin:

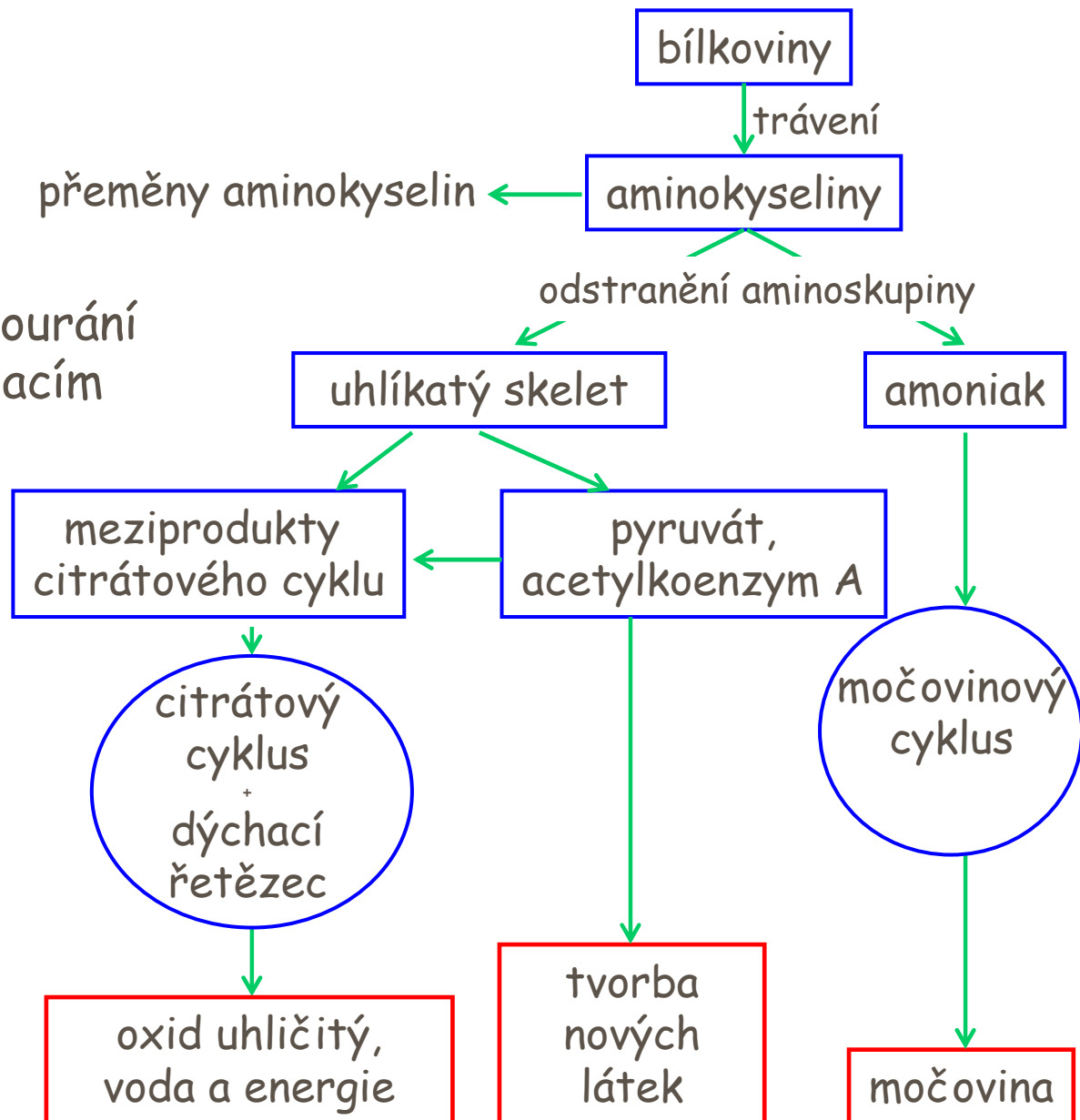
Uhlíkatý skelet
(nejčastěji vzniká 2-oxokyselina)
se zapojuje do
metabolických drah
dalších látek.
Nejčastěji dochází k
přeměně na pyruvát či k
tvorbě acetylkoenzymu A.

Aminoskupina se odbourává v
močovinovém cyklu, kde se přeměňuje
na močovinu.

Obsah



Metabolismus bílkovin



Bud' dojde k úplnému odbourání v citrátovém cyklu a dýchacím řetězci za zisku energie

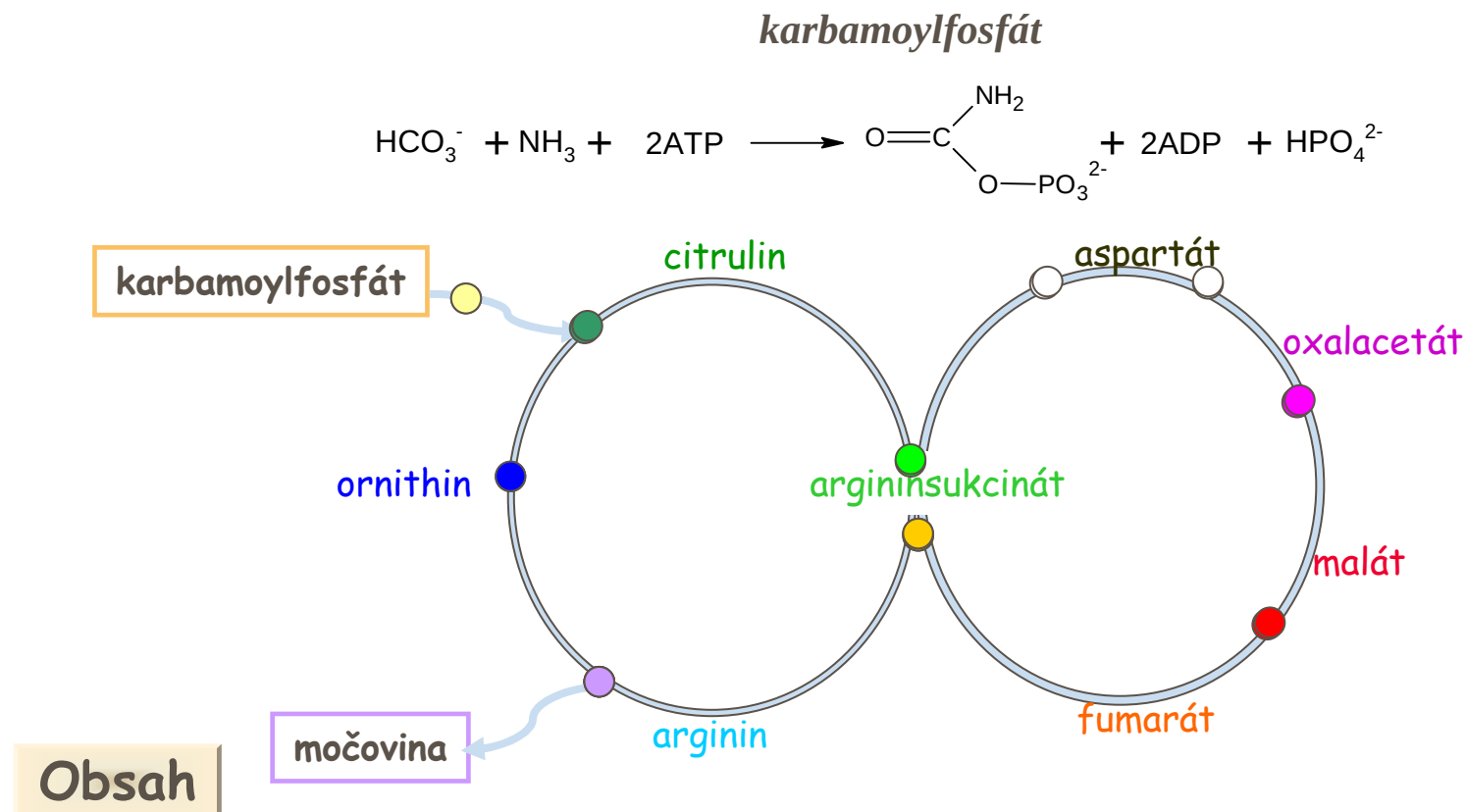
nebo dojde k tvorbě sacharidů, lipidů či nových aminokyselin.

Obsah

Močovinový cyklus

Při oxidačním odbourávání aminokyselin by se uvolňoval **amoniak**, který je pro organismus **jedovatý**. V lidském těle je amoniak přeměňován na močovinu v **močovinovém** (ornithinovém) **cyklu**.

Močovinový cyklus začíná tvorbou látky, která se nazývá **karbamoylfosfát**.

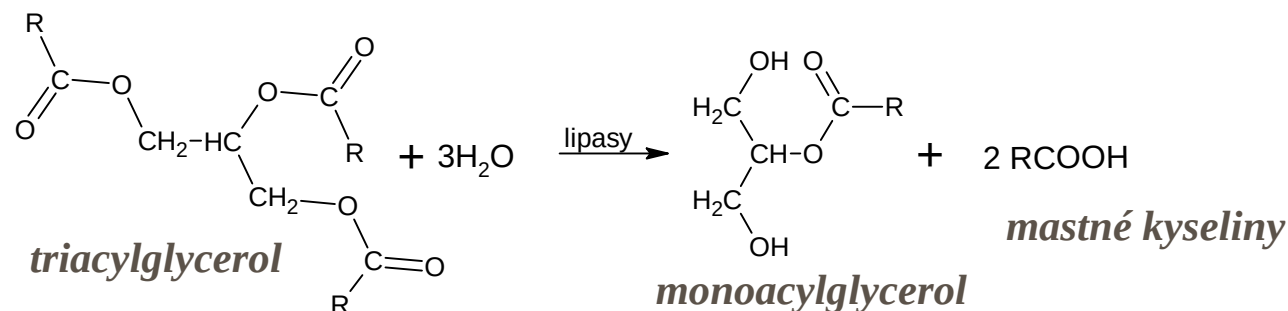


Obr. 36. Schéma močovinového cyklu

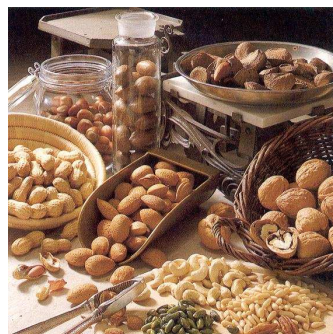
Metabolismus triacylglycerolů

Triacylglyceroly (lipidy) tvoří základní stavební jednotky buněčných membrán (tzv. **tkáňové lipidy**). Jsou také důležitým zdrojem energie (**zásobní lipidy**).

Odbourávání triacylglycerolů začíná v procesu **trávení**, kdy je triacylglycerol hydrolyzován na **mastné kyseliny** a **monoacylglycerol** (diacylglycerol, resp. glycerol).



Obsah



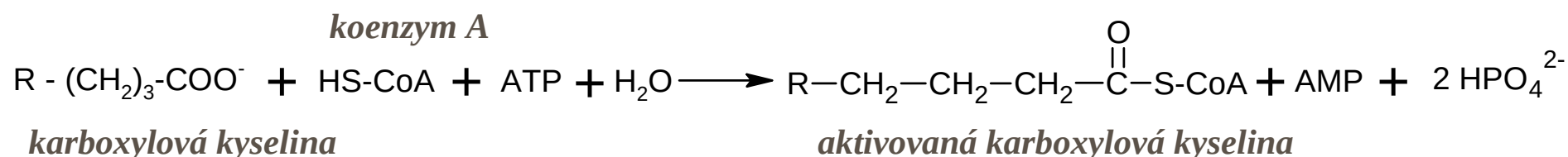
Obr. 37. Lipidy 3^[1]



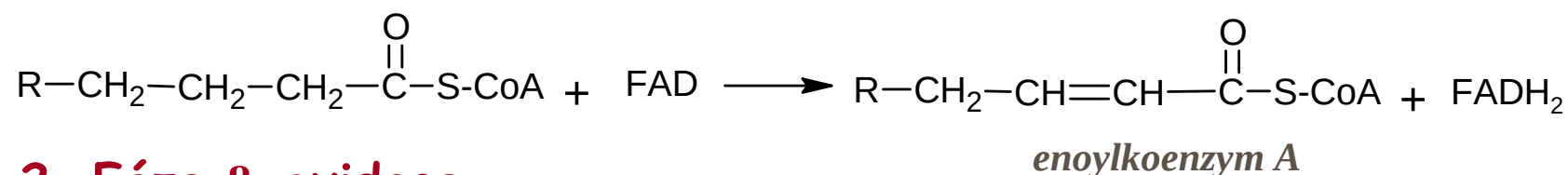
Obr. 38. Lipidy^[1]

Odbourávání mastných kyselin

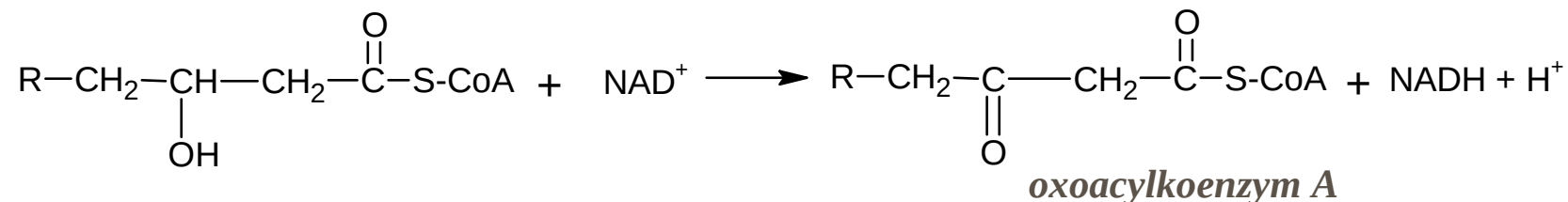
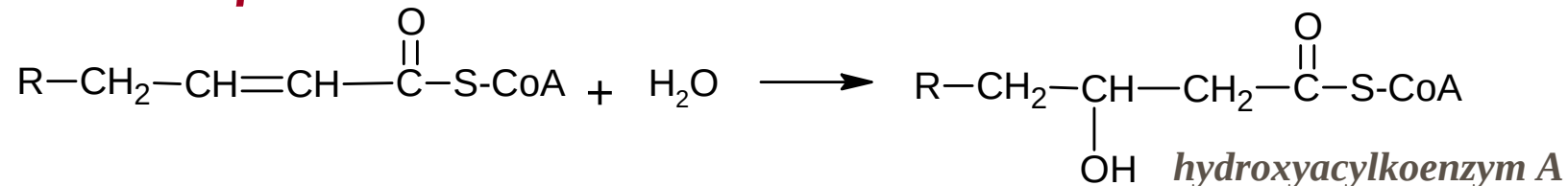
Aktivace mastných kyselin



1. Fáze β -oxidace

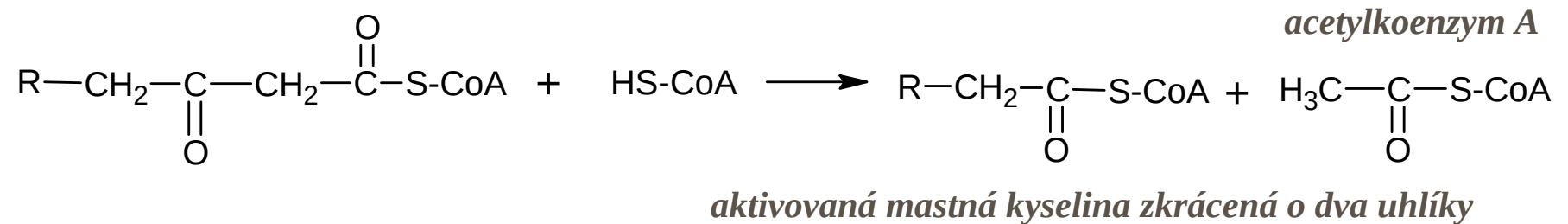


2. Fáze β -oxidace



Odbourávání mastných kyselin

3. Fáze β -oxidace

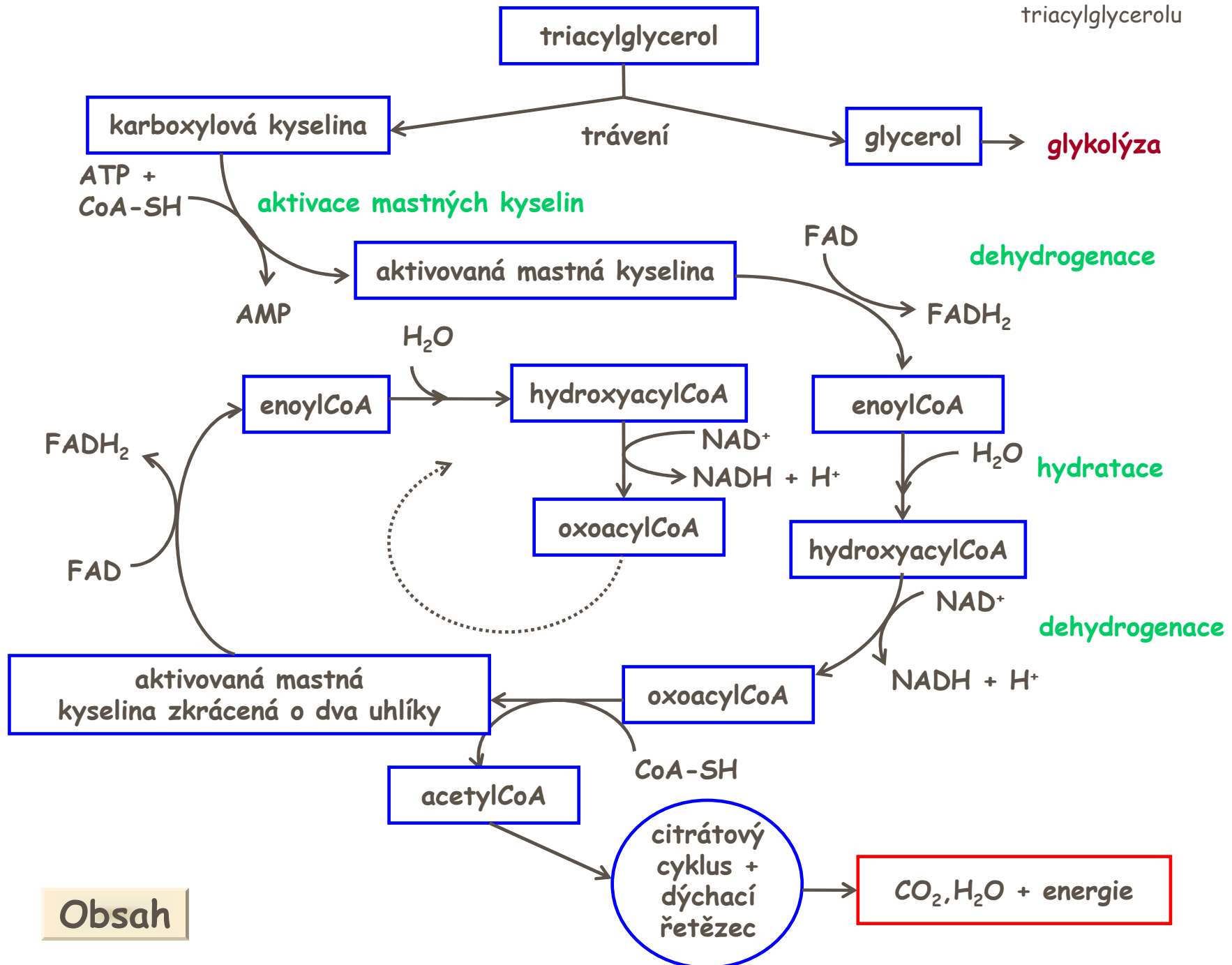


Původní řetězec karboxylové kyseliny se vždy zkracuje o dva uhlíky.

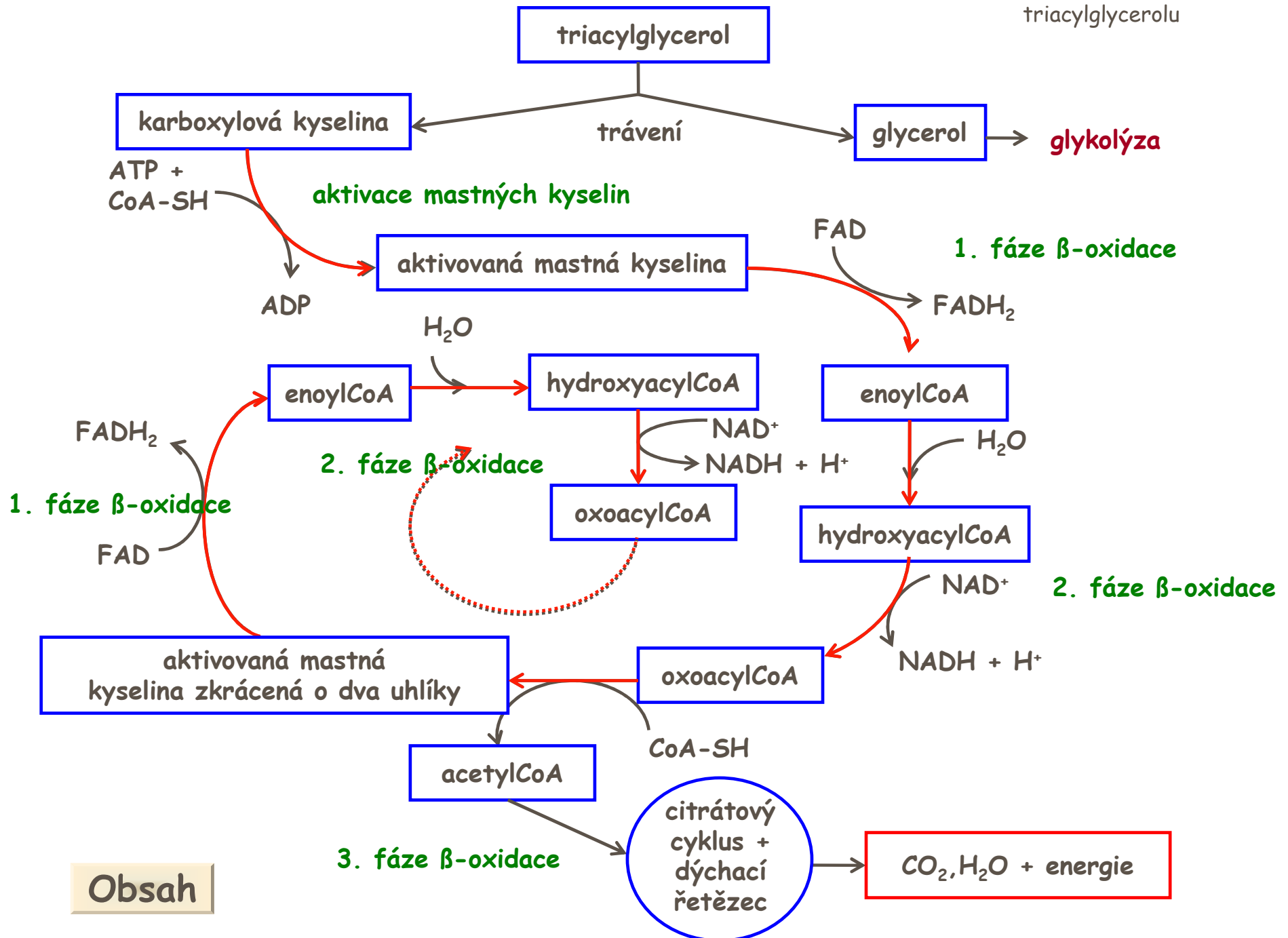
Celý proces probíhá tak dlouho, dokud se celý řetězec nerozštěpí na acetylkoenzymy A.

Acetylkoenzym A je dále oxidován v citrátovém cyklu na vodu a oxid uhličitý.

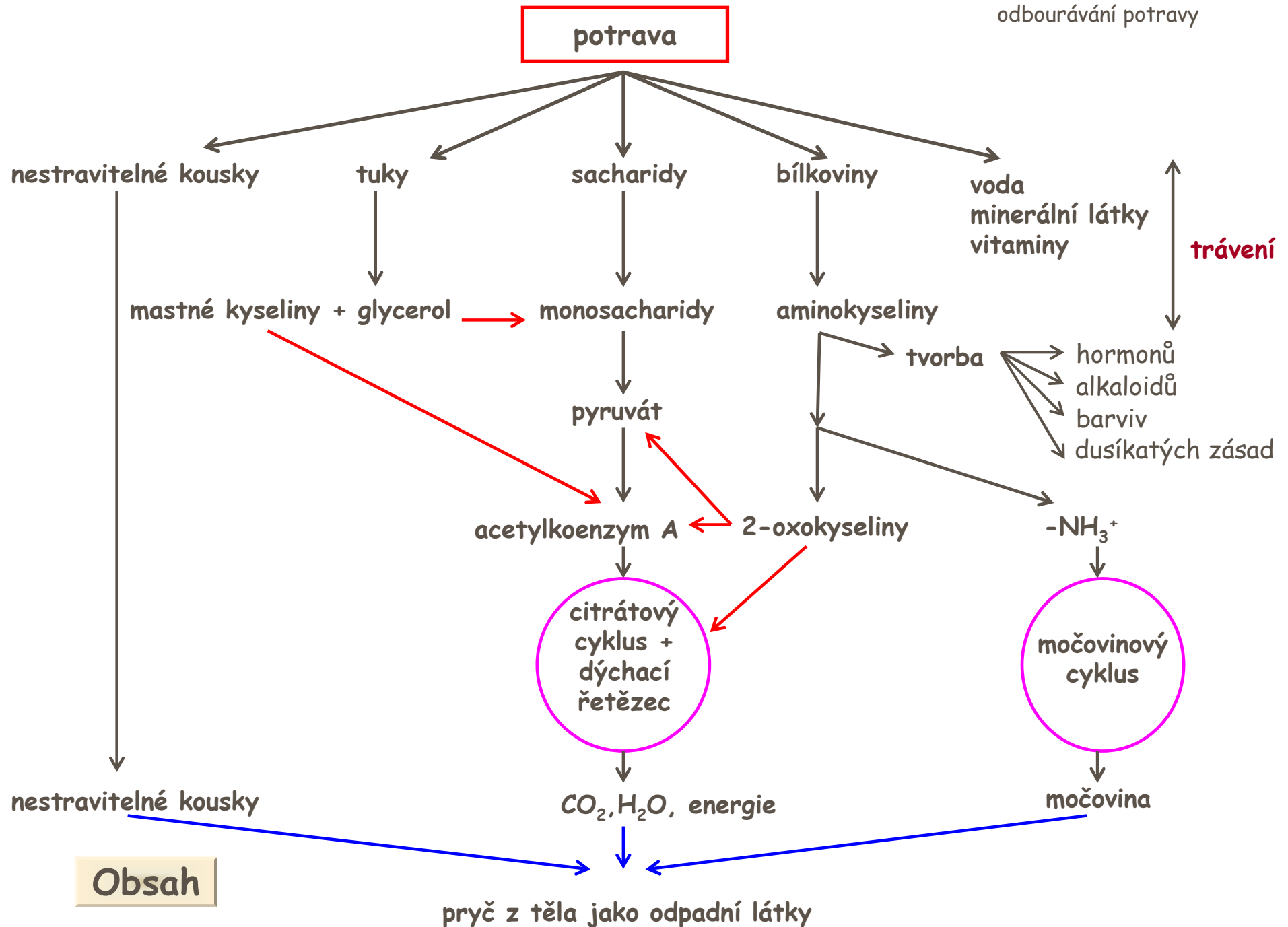
Obr. 39. Schéma odbourávání triacylglycerolu



Obr. 39. Schéma odbourávání triacylglycerolu



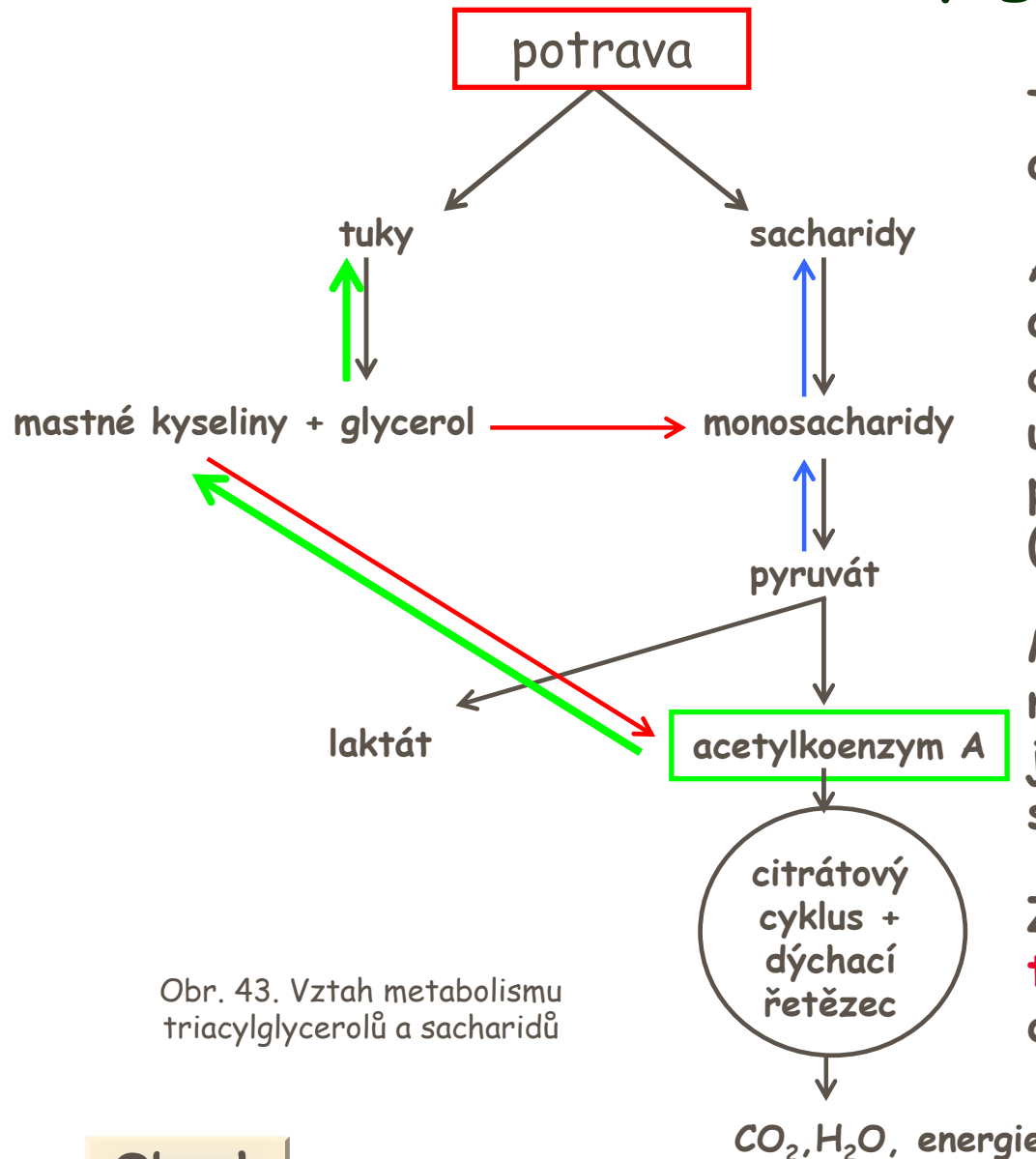
Obr. 40. Schéma celkového odbourávání potravy



Rozdíly v energetickém výtěžku

	Zisk (počet molekul)		
	ATP	NADH	FADH ₂
Energie uvolněná při úplné oxidaci 1 molekuly glukosy	4	10	2
při anaerobním odbourávání 1 molekuly glukosy	2	0	0
při rozštěpení 1 molekuly kyseliny palmitové	7	31	15

Vztah metabolismu triacylglycerolů a sacharidů



Obr. 43. Vztah metabolismu triacylglycerolů a sacharidů

Triacylglyceroly i sacharidy jsou odbourávány na acetylkoenzym A.

Acetylkoenzym A může být oxidován v citrátovém cyklu a dýchacím řetězci až na oxid uhličitý a vodu. K tomu dochází, pokud buňka potřebuje energii (tzn. koná-li organismus práci).

Má-li buňka dostatek energie, může být acetylkoenzym A využit jako stavební jednotka pro syntézu mastných kyselin.

Ze **sacharidů** tedy mohou vznikat **triacylglyceroly**, které se ukládají do tukových tkání.

Použitá literatura

Převzaté obrázky:

[1] *Domácí lékař od A do Z. Překlad: Ulrich, A. Praha: IMP s. r. o.*
(obr. 1, 3 - 8, 14, 15, 18, 20-24, 26, 31, 32, 34, 35, 37, 38)

Ostatní použitá literatura:

- [2] ALBERTS, B. a kol. *Základy buněčné biologie. Ústí nad Labem: Espero Publishing, 1997.*
- [3] VOET, D. - VOETOVÁ, J., G. *Biochemie. Praha: Victoria Publishing, 1995.*
- [4] BURNIE, D. *Stručná encyklopedie lidského těla. Talentum, 1996.*
- [5] LÖWE, B. *Biochemie. Bamberg, C.C.: Buchners Verlag, 1989.*
- [6] SOFROVÁ, D. - TICHÁ, M. a kol. *Biochemie - základní kurz. Praha: skripta UK, 1993.*
- [7] KARLSON, P. - GEROK, W. - GROSS, W. *Pathobiochemie. Praha: Academia, 1987.*
- [8] KARLSON, P. *Základy biochemie. Praha: Academia, 1981.*
- [9] KUBIŠTA, V. *Buněčné základy životních dějů. Praha: Scientia, 1998.*
- [10] *Lidské tělo. Překlad: Hořejší, J. - Prah, R. Bratislava: GEMINI, 1992.*

Ilustrace Markéta Roštejnská: obr. 2, 9, 10, 11, 12 a 13