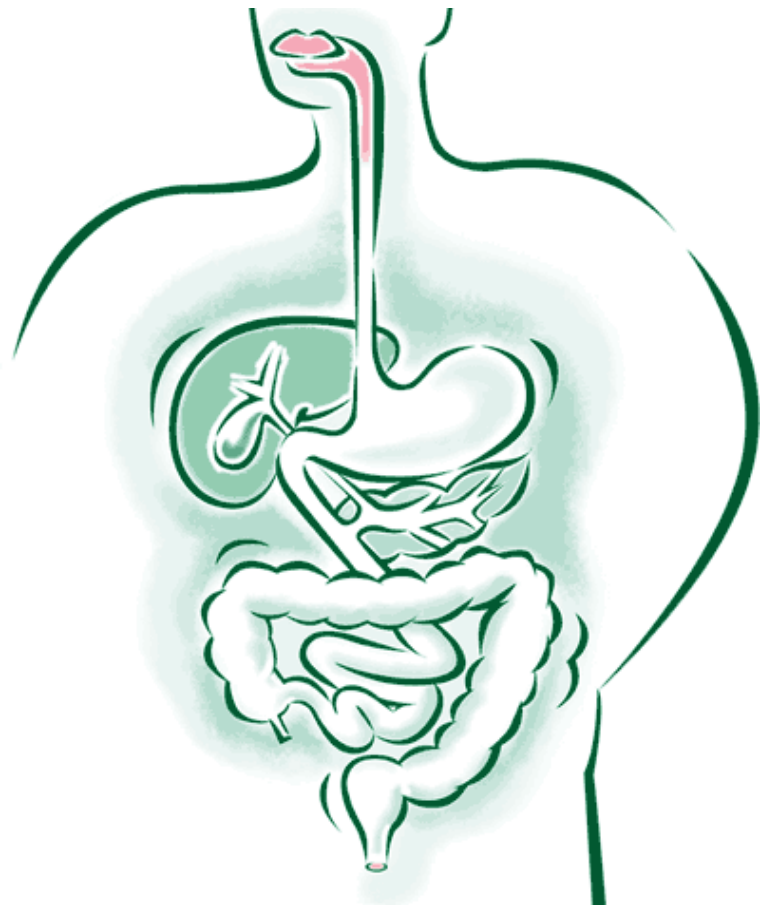


# Trávení

**Kateřina Tomanová**



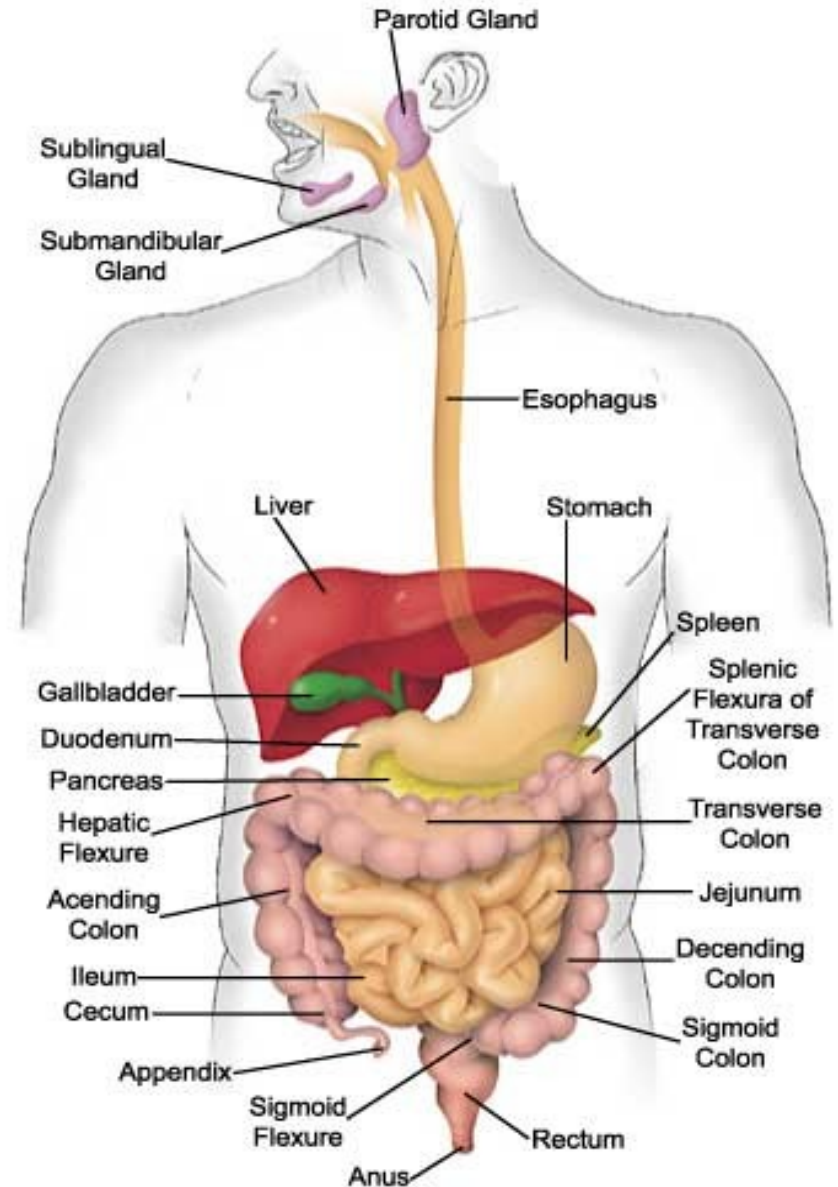
# Teorie:

Trávení: proces rozkladu molekul na menší molekuly za pomoci enzymů trávicího traktu

Trávicí trakt člověka (trubice + žlázy)

Dutina ústní  
Hltan  
Jícen  
Žaludek  
Tenké střevo  
Tlusté střevo  
Konečník  
Řitní otvor

Rozdílné funkce oddílů  
rozdílné **enzymy**  
**mechanické zpracování potravy**  
**resorpce**



# Enzymy

specifické **katalyzátory** chemických pochodů v živých organismech

- Jednoduché protein

- Složené

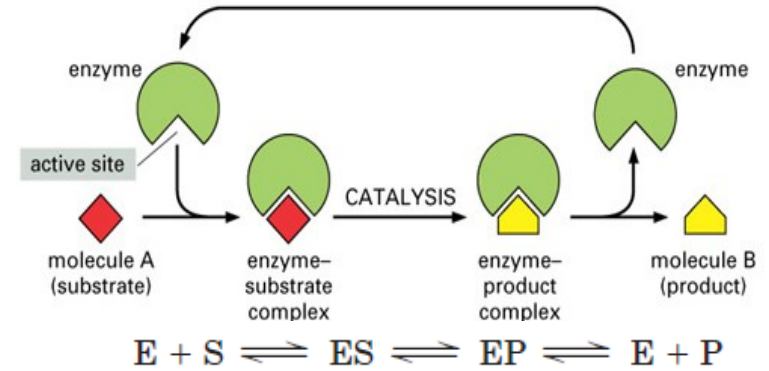
**protein** ± neproteinová složka

**kofaktor** (ATP, Fe<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Se...)

**koenzym** (NAD, koenzym Q<sub>10</sub>, koenzym A)

prostetická skupina (pevně navázaná)

(mnohé jsou deriváty vit.B)



**neovlivňuje složení směsi!**

rychlost reakce závisí na

- koncentraci molekul v reakci
  - fyzikálně chemických vlastnostech prostředí (**teplota, pH...**)
  - přítomnosti modulátorů
- aktivace **proenzymů** ←

- **Oxidoreduktázy**: katalyzují oxidačně/redukční reakce (např. alkoholdehydrogenáza)
- **Transferázy**: přenášejí funkční skupiny (například methyl-, acetyl- nebo fosfátovou skupinu - kinázy)
- **Hydrolázy**: katalyzují hydrolýzu chemických vazeb
- **Lyázy**: štěpí chemické vazby jiným způsobem než hydrolýzou či redoxní reakcí (ATP → cAMP + P<sub>p</sub>), syntázy
- **Isomerázy**: katalyzují isomerizační reakce
- **Ligázy**: spojují dvě molekuly kovalentní vazbou (DNA, RNA ligázy – gen. inženýrství)

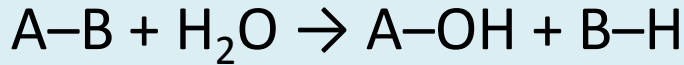
Markery v lékařství: IM, rakovina prostaty, akutních zánětů jater a slinivky, ...

# Trávicí enzymy

vyučovány extracelulárně žlázami do trávicí trubice, štěpení velkých složek potravy na menší, substrátově specifické



## hydrolázy



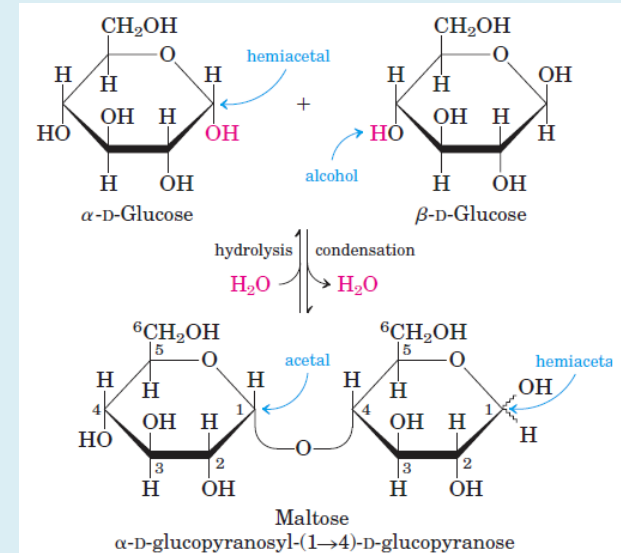
Hydrolýza je rozkladná reakce, při které se **spotřebovává voda**

- např. amyláza, lipáza, pepsin, trypsin, laktáza, ATPáza,...

## Faktory ovlivňující účinnost trávicích enzymů:

**teplota** (vyšší teplota  $\longrightarrow$  rychlejší reakce, limitace: **denaturace** proteinů)

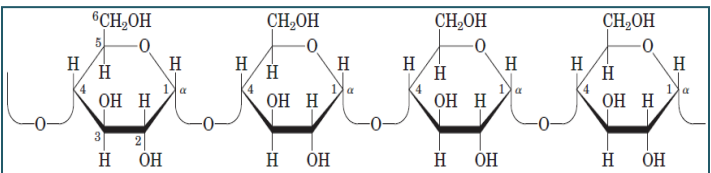
**pH** (rozdílné **pH optimum** enzymů)



# Kategorie potravních molekul

## Sacharidy

hlavní zdroj a krátkodobá zásoba energie  
 polysacharidy → monosacharidy

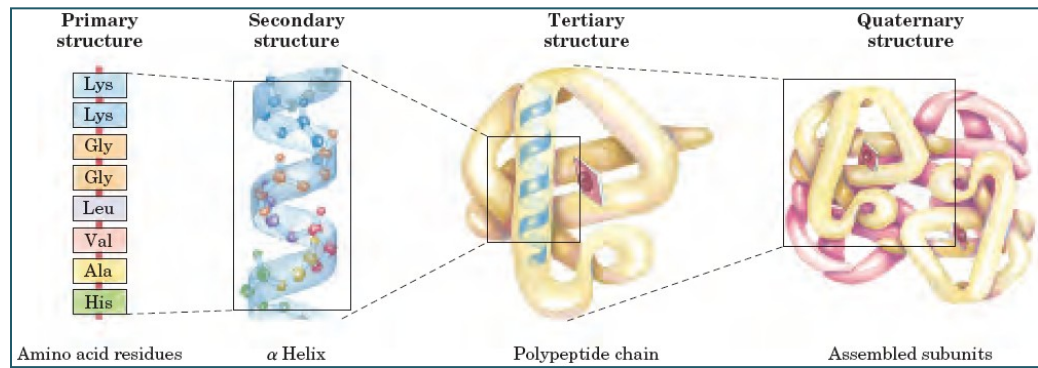


**Skruté kalorie - přepočteny na kostky cukru - sacharózy**  
 v jednotlivých nápojích/jídlech -  
 1 kostka = 4,3 g = 73 KJ :

- Čokoláda 100 g = 28 kostek cukru
- Chipsy 50 g = 16 kostek cukru
- Smetanová zmrzlina 60 g = 14 kostek cukru
- Věneček = 12 kostek cukru
- 0,5 l piva = 10 kostek cukru
- COLA = 8 kostek cukru
- Whisky = 7 kostek cukru
- Rohlík = 7 kostek cukru

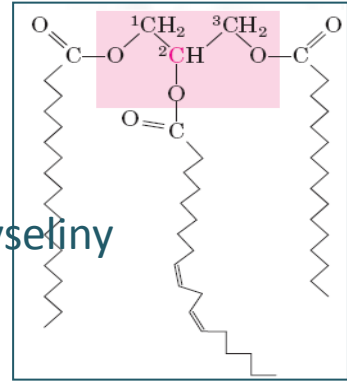
## Proteiny

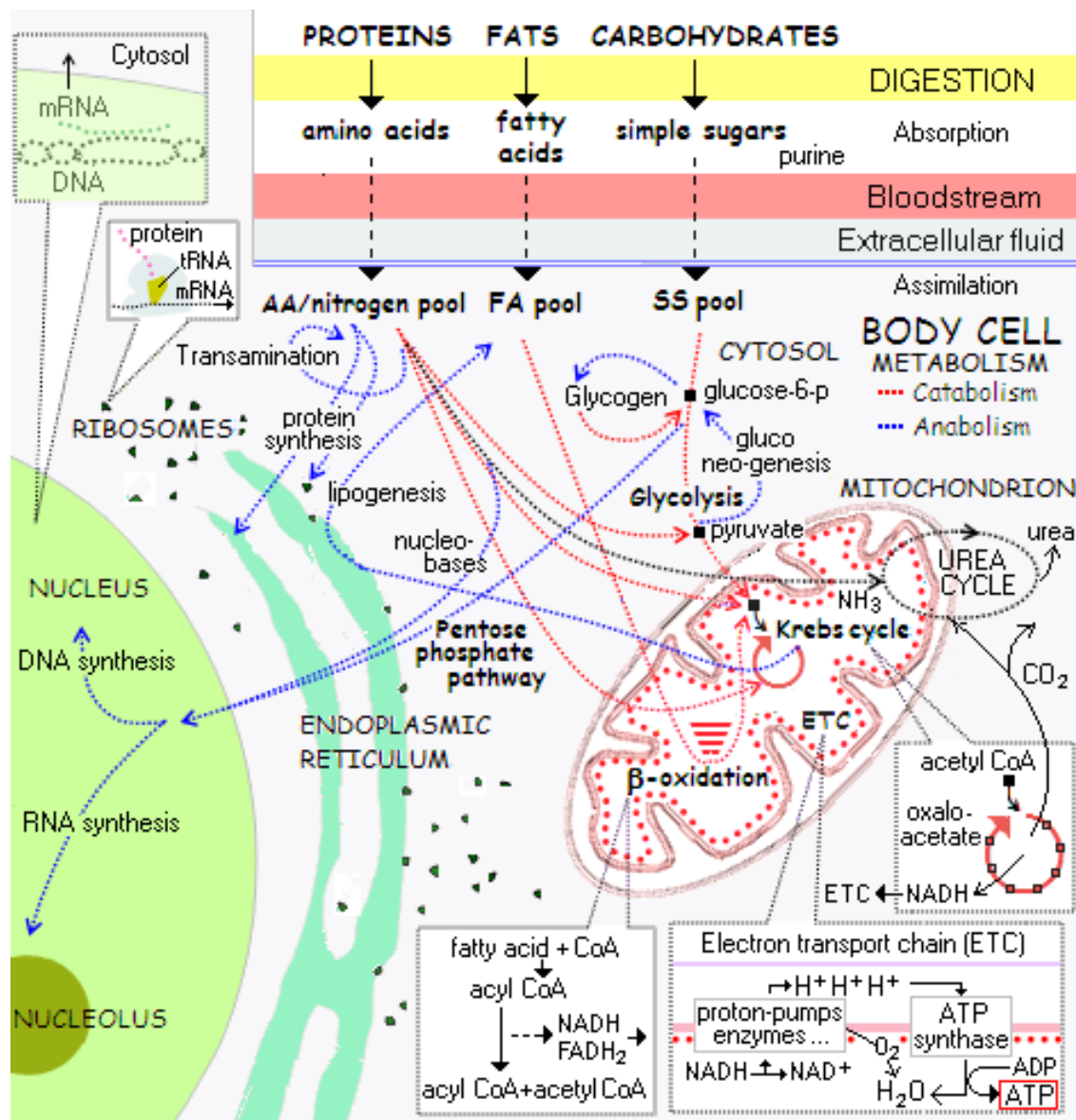
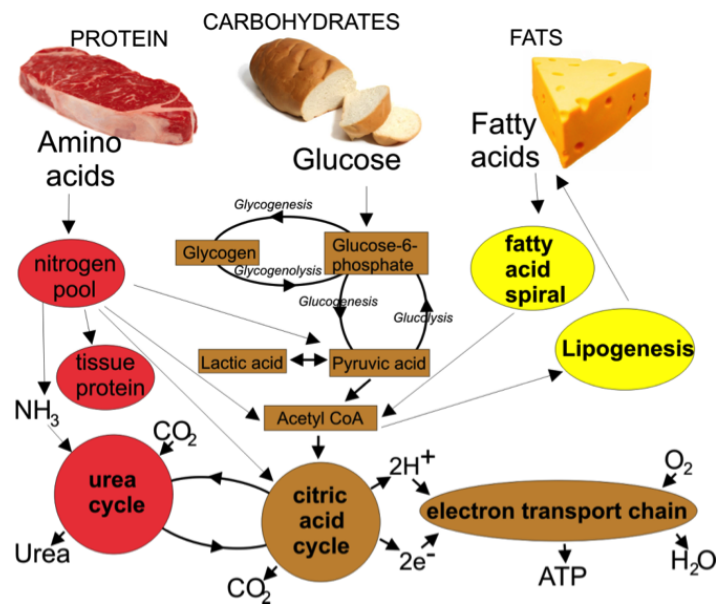
strukturní a metabolická funkce  
 proteiny → aminokyseliny



## Tuky

hlavní zásobárna energie  
 estery glycerolu a mastných kyseliny → glycerol + mastné kyseliny





# Trávení sacharidů



## Dutina ústní

– slinná  $\alpha$ -amyláza (dříve ptyalin)

produkována slinnými žlázami

štěpí polysacharidy na menší jednotky

**specifické působení**, substrátem **škrob**, **glykogen** a příbuzné oligosacharidy

**neštěpí celulózu**

optimální teplota 37 – 38 °C, ph 7.0 – 7.2

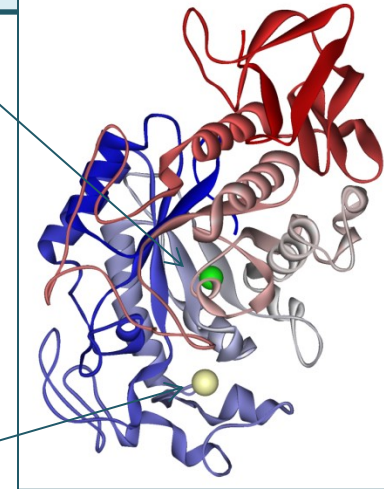
## Pankreas

– pankreatická  $\alpha$ -amyláza

produkována pankreatem do **duodena**.

optimální teplota 37 – 38 °C, ph 7.4

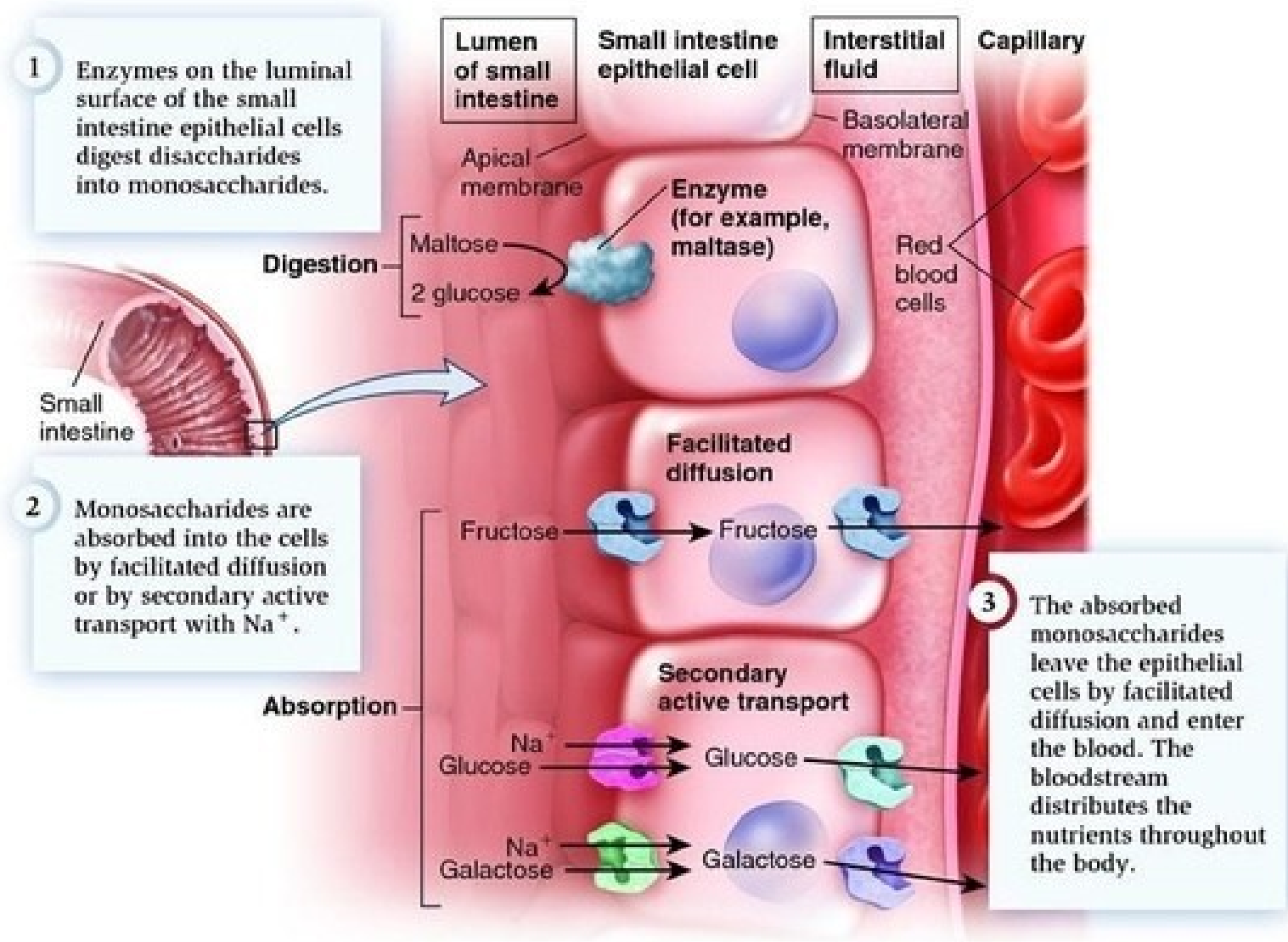
Cl<sup>-</sup>



kofaktor Ca<sup>2+</sup>

**Enzymy tenkého střeva** – „membránové trávení“ - maltáza, laktáza, sacharáza

↔ monosacharidy

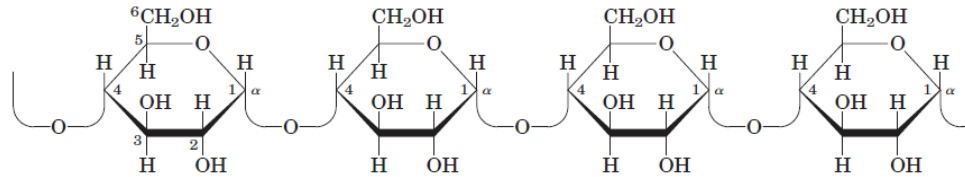
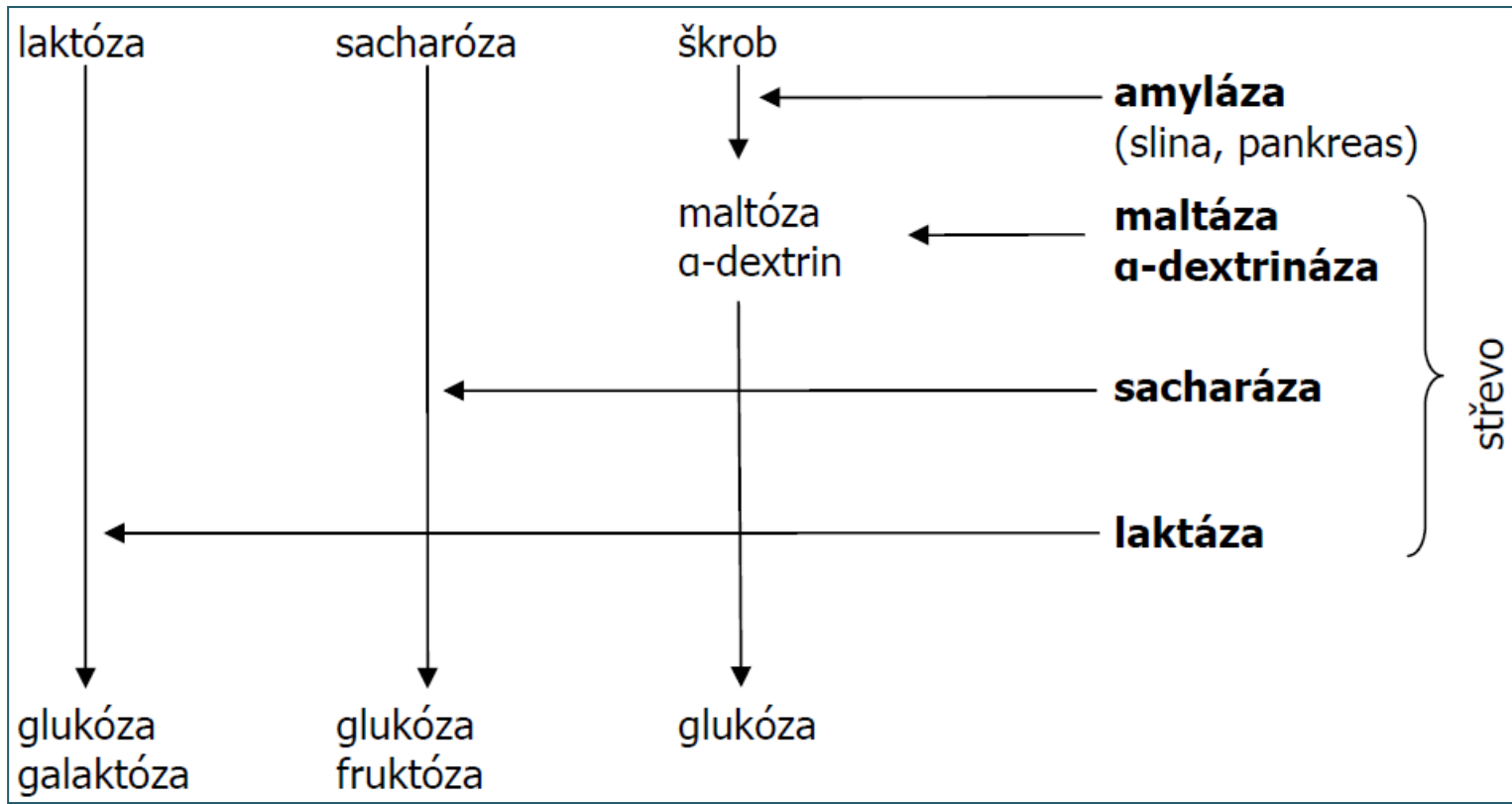


1 Enzymes on the luminal surface of the small intestine epithelial cells digest disaccharides into monosaccharides.

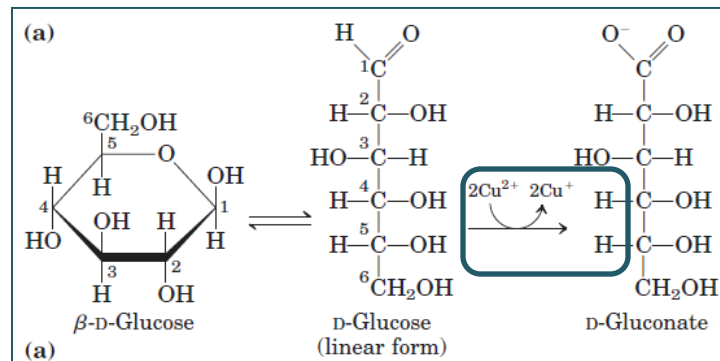
2 Monosaccharides are absorbed into the cells by facilitated diffusion or by secondary active transport with  $\text{Na}^+$ .

3 The absorbed monosaccharides leave the epithelial cells by facilitated diffusion and enter the blood. The bloodstream distributes the nutrients throughout the body.





Redukující cukr



**Animace A**

# CVIČENÍ 1.

## Trávení škrobu slinnou amylázou

1	2	3	4	5	6	7
amyláza	amyláza	amyláza	voda	voda	amyláza	amyláza
škrob	škrob	voda	škrob	maltóza	škrob	škrob
pH 7.0	pH 7.0	pH 7.0	pH 7.0	pH 7.0	pH 2.0	pH 9.0
Var, inkubace	inkubace	inkubace	inkubace	inkubace	inkubace	inkubace

1. Postupně umístěte 7 test. zkumavek do stojánku v inkubační jednotce
2. Připravte zkumavky od 1-7 s látkami uvedenými v tabulce
3. **Povařte** obsah zkum. č. 1, nastavte teplotu inkubace 37 °C a čas 60min. a nechte inkubovat
4. Poté provedeme **IKI test na přítomnost polysacharidů (škrob)** a **test na přítomnost redukujících cukrů (glukóza a maltóza) pomocí Benedictova činidla**
5. Postupně přeneste obsah test. zkumavek 1-7 do prázdných zkum. ve skříňce, do každé **přidejte kapku IKI roztoku** a sledujte barevnou změnu
6. Odečtení výsledků:
  - **pozitivní test na škrob** (přítomnost škrobu) → modro-černé zbarvení
  - **negativní test na škrob** (není přítomen) → zbarvení **roztoku IKI**
7. Přidejte **kapku Benedictova činidla** ke zbylému obsahu test. zkumavek 1-7 a nechte vařit
8. Odečtení výsledků
  - **pozitivní test na přítomnost glukózy nebo maltózy** → **červeno-hnědá**
  - **přechod** (obsahuje redukující cukry, ale v menším množství) → **zelená**
  - **negativní test** → původní **světle modrá**

Co nám zkumavky 2, 6 a 7 říkají o pH a aktivitě amylázy?

Při jakém pH je nejvyšší aktivita amylázy?

Která zkumavka ukazuje, že amyláza nebyla kontaminována maltózou?

Byla by slinná amyláza aktivní také v žaludku?

Jaký efekt má var na aktivitu enzymů?

# CVIČENÍ 2.

## Trávení škrobu a celulózy slinnou amylázou

1	2	3	4	5	6	7
amyláza	amyláza	amyláza	amyláza	amyláza	peptidáza	bakterie
škrob	škrob	glukóza	celulóza	celulóza	škrob	celulóza
pH 7.0	pH 7.0	pH 7.0	pH 7.0	voda	pH 7.0	pH 7.0
Zmražení , inkubace	inkubace	inkubace	inkubace	inkubace	inkubace	inkubace

1. Postupně umístěte 7 test. zkumavek do stojánku v inkubační jednotce
2. Připravte zkumavky od 1-7 s látkami uvedenými v tabulce
3. **Zmraďte** obsah zkum. č. 1, nastavte teplotu inkubace 37 °C a čas 60min. a nechte inkubovat.
4. Poté provedeme **IKI test na přítomnost polysacharidů (škrob, celulóza)** a **test na přítomnost redukcí cukrů (glukóza a maltóza) pomocí Benedictova činidla**
5. Postupně přeneste obsah test. zkumavek 1-7 do prázdných zkum. ve skříňce, do každé **přidejte kapku IKI roztoku** a sledujte barevnou změnu
6. Odečtení výsledků:
  - **pozitivní test** na škrob (přítomnost škrobu) → modro-černé zbarvení
  - **negativní test** na škrob (není přítomen) → zbarvení **roztoku IKI**
7. Přidejte **kapku Benedictova činidla** ke zbylému obsahu test. zkumavek 1-7 a nechte vařit
8. Odečtení výsledků
  - **pozitivní test** na přítomnost **glukózy** nebo **maltózy** → **červeno-hnědá**
  - **přechod** (obsahuje redukcí cukry, ale v menším množství) → **zelená**
  - **negativní test** → původní **světle modrá**

Která zkumavka znázorňuje, že celulóza nebo škrob jsou stále přítomny?

Jaký byl efekt zmražení na zkumavku č.1?

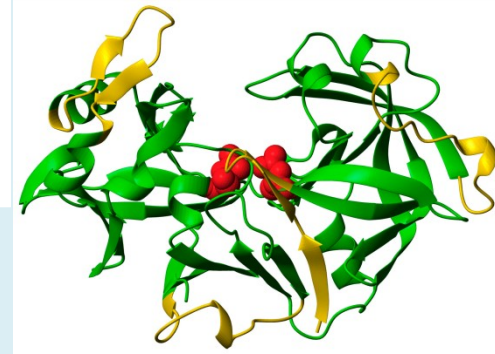
Jak se liší efekt zmražení od varu?

Používá amyláza celulózu jako substrát? Viz výsledek ve zkumavce č.4.

Jaký efekt mělo dodání bakterií na trávení celulózy?

Jaký byl efekt enzymu peptidázy ve zkumavce č. 6

# Trávení proteinů



## Žaludek

### - pepsin

endopeptidáza štěpící proteiny na oligopeptidy až aminokyseliny součástí žaludeční šťávy

vylučován v **inaktivní formě (pepsinogen)**, aktivace kyselým prostředím – **HCl** (+ koagulace bílkovin, vstřebávání železa, ...)

optimální teplota 37 – 38 °C, **pH 1,5 – 2**

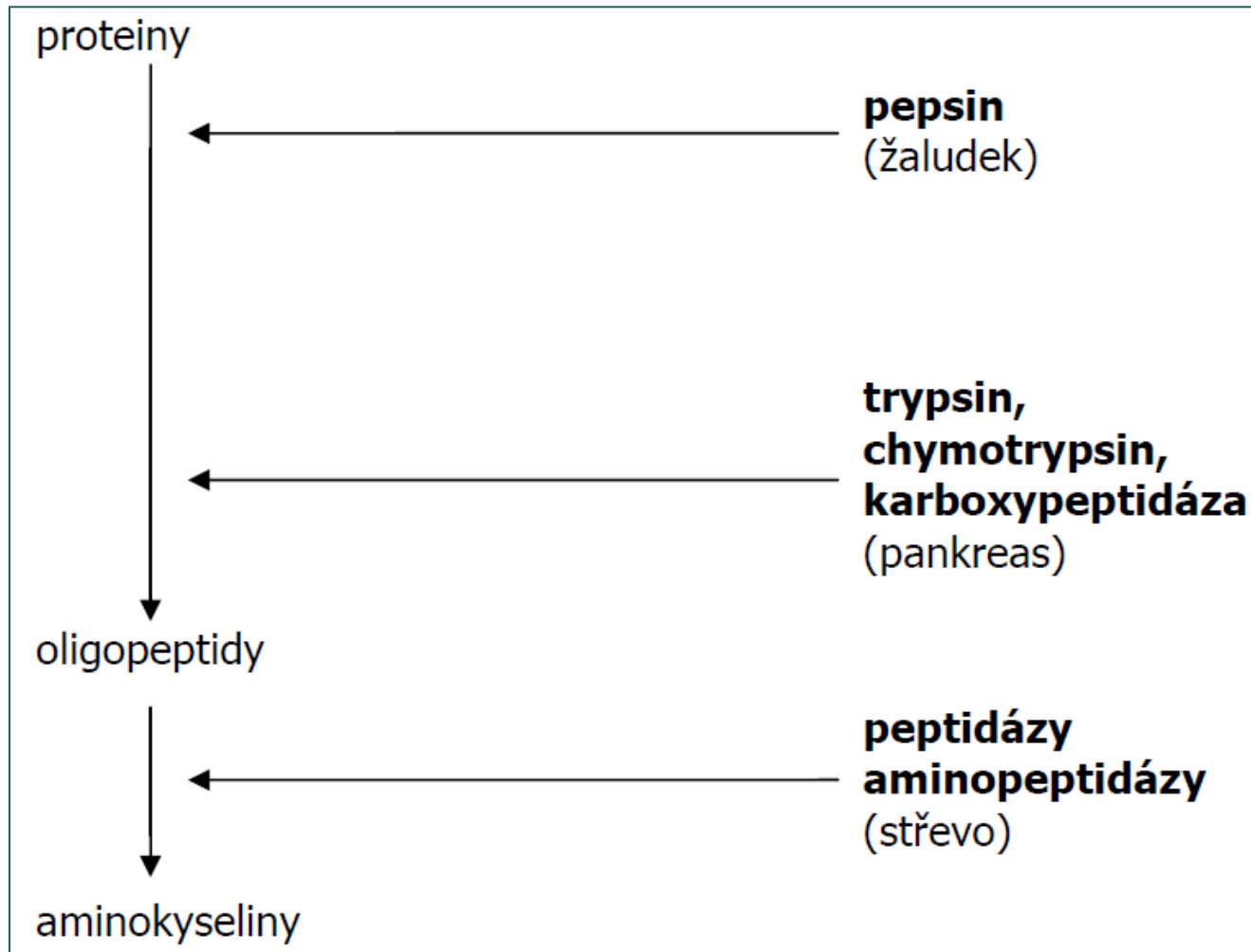
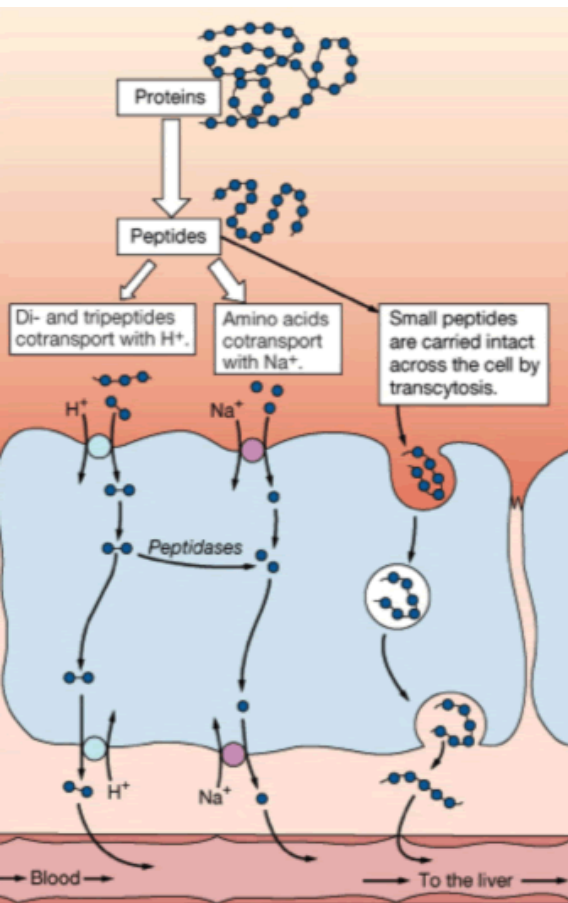
další enzymy: katepsin, kaseinogen

## Pankreas

### - **trypsin**, chymotrypsin, karboxypeptidázy, elastáza...

vylučovány v inaktivní formě do duodena (pankreatická šťáva)

optimální teplota 37 – 38 °C, **pH 8** (neutralizace tráveniny hydrogenuhličitánem)



**Animace C**

# CVIČENÍ 3.

## Trávení proteinů pepsinem

**BAPNA** (*N*- $\alpha$ -benzoyl-DL-arginine-*p*-nitroanilide) – syntetický substrát, průhledný a bezbarvý je-li v roztoku, štěpený trávicím enzymem (př. pepsin) uvolňuje *p*-nitroanilin a roztok se zbarví dožluta

1	2	3	4	5	6
Pepsin	Pepsin	Pepsin	voda	Pepsin	Pepsin
BAPNA	BAPNA	voda	BAPNA	BAPNA	BAPNA
pH 2.0	pH 2.0	pH 2.0	pH 2.0	pH 7.0	pH 9.0
Var, inkubace	inkubace	inkubace	inkubace	inkubace	inkubace

1. Postupně umístěte 6 test. zkumavek do stojánku v inkubační jednotce.
2. Připravte zkumavky od 1-6 s látkami uvedenými v tabulce.
3. Považte obsah zkum. č. 1, nastavte teplotu inkubace 37 °C a čas 60min. a nechte inkubovat.
4. Pomocí spektrofotometru změříme optickou hustotu (OD) vzorku ( $\lambda=405\text{nm}$ ). Čím více bylo uvolněno žluté barvy do roztoku tím více byl BAPNA natráven pepsinem → vyšší OD.

Které pH podporuje nejvyšší aktivitu pepsinu?

Byl by pepsin aktivní i v ústech?

# Trávení tuků

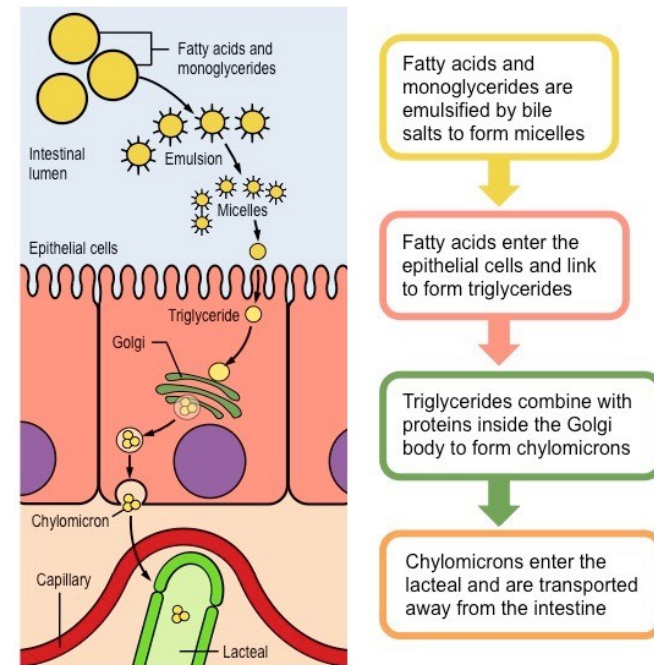
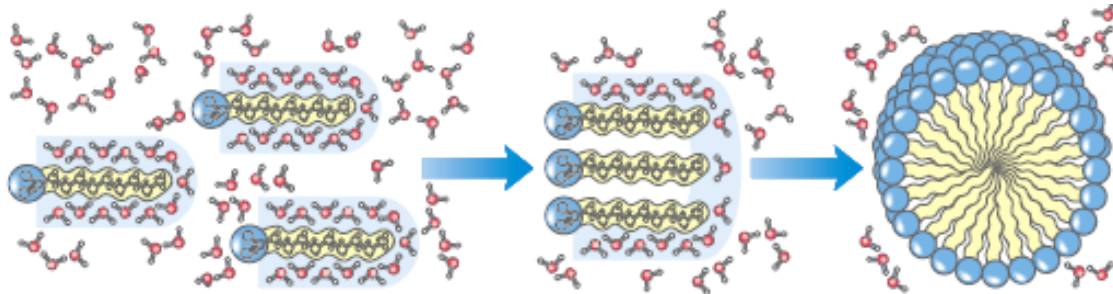
## Pankreas

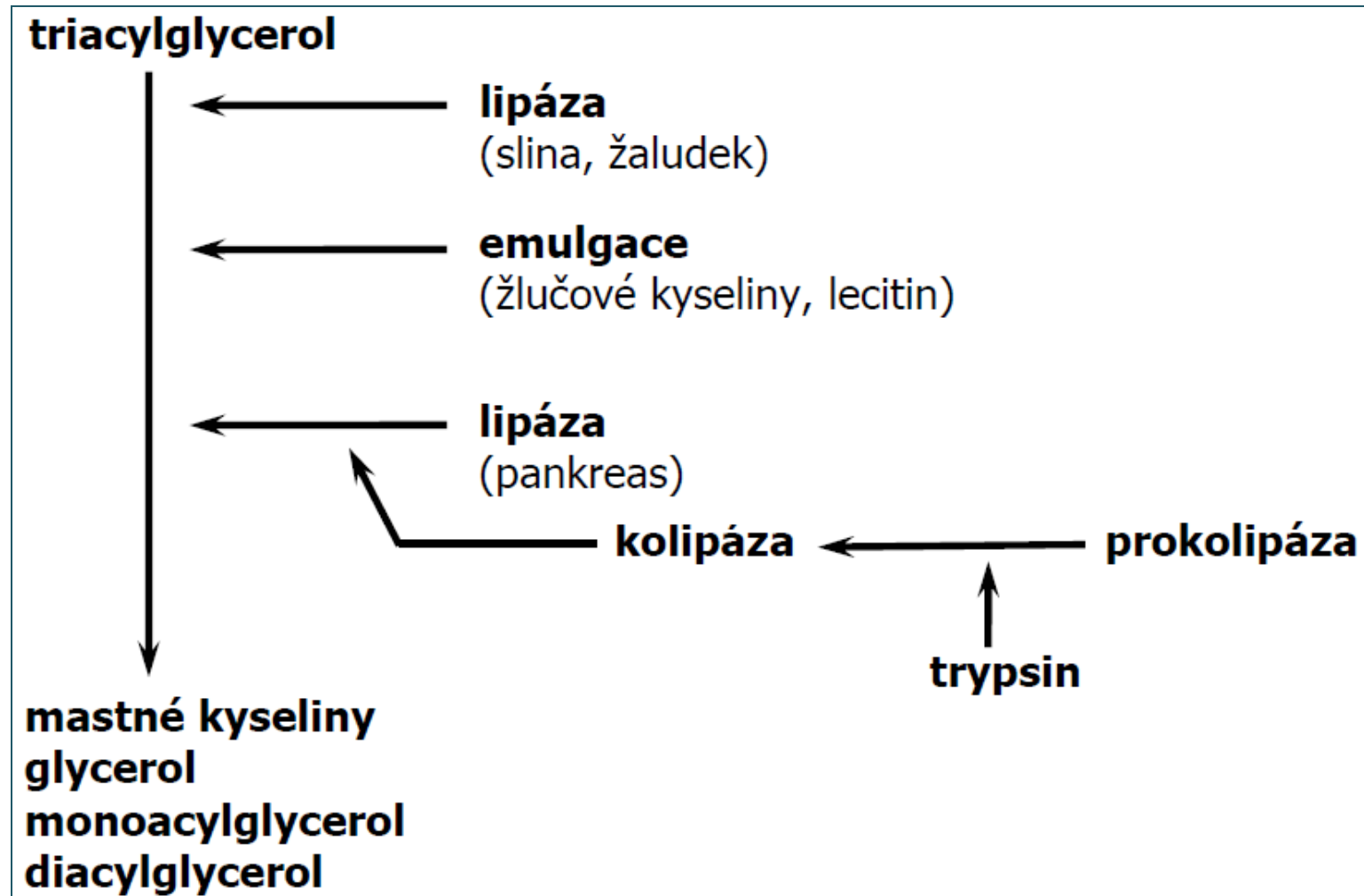
### - pankreatická lipáza

triglyceridy štěpeny na glycerol a volné mastné kyseliny (**snížení pH**)  
produkována pankreatem do duodena  
nezbytná předchozí **emulgace** tuků **žlučí** (soli žlučových kyselin, lecitin) → malé kapénky  
(s velkým povrchem) – lepší kontakt s enzymem  
koenzym kolipáza

Natrávené tuky jsou v lumen tenkého střeva  
zabudovávány do **micel**  
(uvnitř produkty trávení tuků a vitaminy rozpustné v tucích)

transport a absorpce







# CVIČENÍ 4.

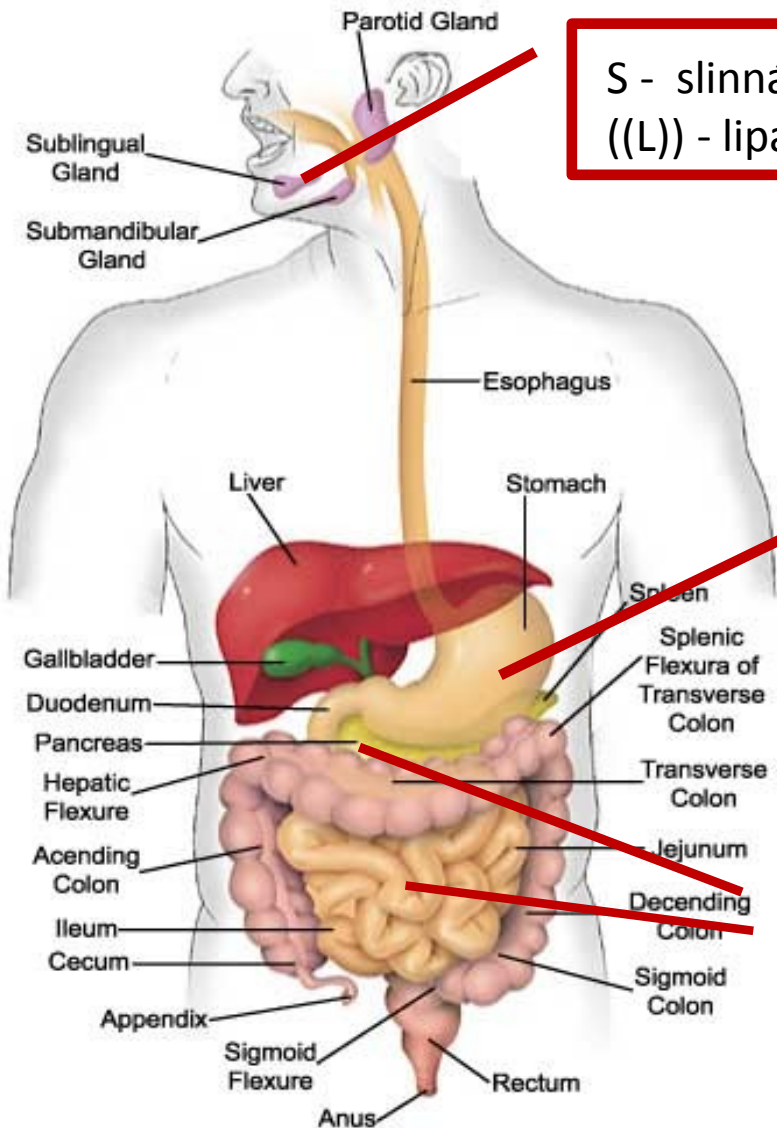
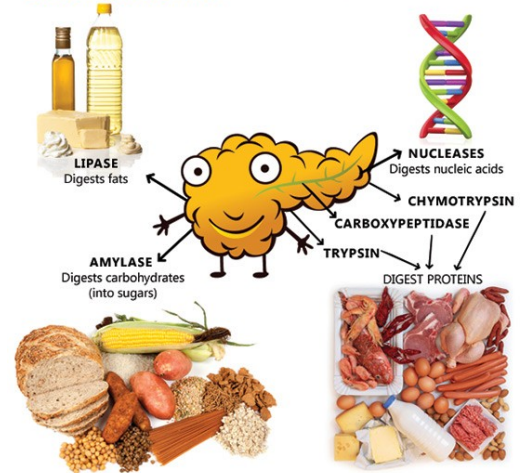
## Trávení tuků pankreatickou lipázou

1	2	3	4	5	6	7
Lipáza	Lipáza	Lipáza	Lipáza	Voda	Lipáza	Lipáza
Olej	Olej	Olej	Voda	Olej	Olej	Olej
Žluč	Žluč	Voda	Žluč	Žluč	Žluč	Žluč
pH 7.0	pH 7.0	pH 7.0	pH 7.0	pH 7.0	pH 2.0	pH 9.0
Var, inkubace	inkubace	inkubace	inkubace	inkubace	inkubace	inkubace

1. Postupně umístěte 7 test. zkumavek do stojánku v inkubační jednotce.
2. Připravte zkumavky od 1-7 s látkami uvedenými v tabulce
3. Povařte obsah zkum. č. 1, nastavte teplotu inkubace 37 °C a čas 60 min. a nechte inkubovat.
4. Pomocí pH metru změřte pH ve zkumavkách

Vysvětlete rozdíl v aktivitě lipázy ve zkumavce 2 a 3.  
Které pH je pro aktivitu lipázy nejučinnější?

DIGESTIVE ENZYMES PRODUCED BY YOUR PANCREAS



S - slinná amyláza  
(L) - lipáza

P – pepsin(-ogen; HCl),  
katepsin  
(L – lipáza)

S - pankreatická amyláza, TS  
P – pankreatická šťáva - trypsin, elastáza  
L – pankreatické lipázy, žluč

- 1) Jaké faktory prostředí ovlivňují aktivitu enzymů?
- 2) V kterých částech trávicího traktu probíhá trávení sacharidů?
- 3) Jak se nazývá enzym, který se účastní trávení proteinů?
- 4) Jaké je optimální pH pro trávení proteinů v žaludku?
- 5) Co umožňuje trávení celulózy u přežvýkavců?