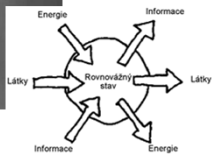
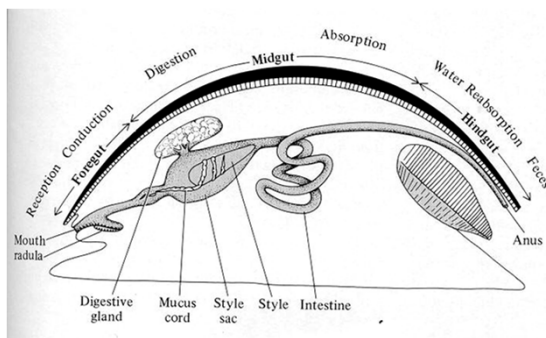


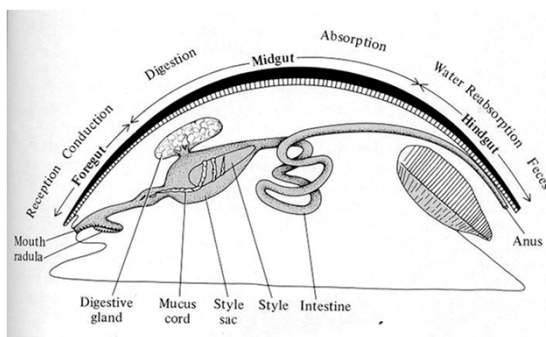
Trávení



Jak se dostat k energii chemických vazeb a k stavebním látkám?

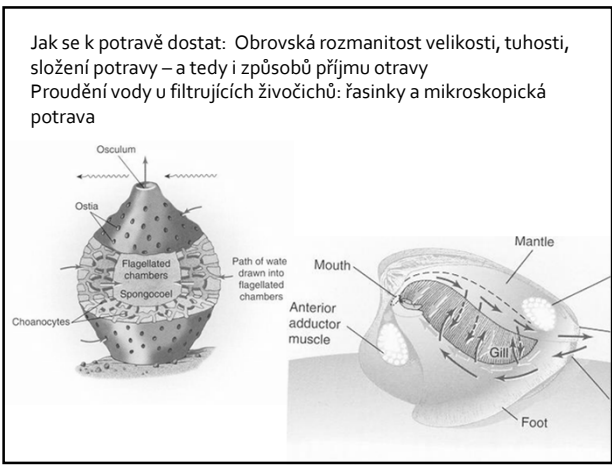


Povrch těla nestačí, je třeba si odnést zásobu s sebou. Dutina v těle, nejprve s jedním, pak se dvěma otvory, s velkým povrchem. Je nutno zmenšit kusy potravy až na velikosti procházející epitelem.

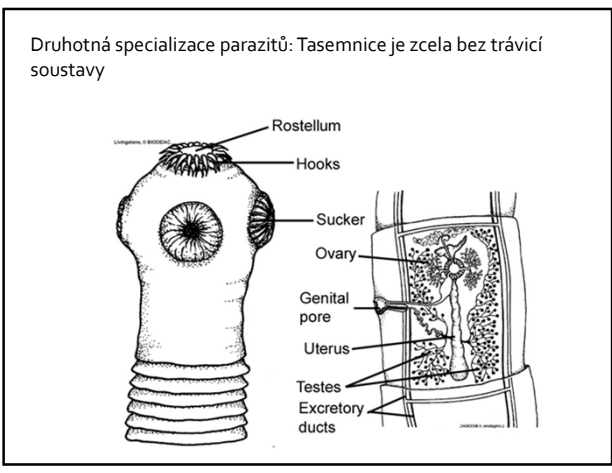


4 hlavní fáze zpracování živin: přijímání a mechanické zpracování (rozmělnění), trávení, vstřebávání (resorpce) a odstranění zbytků (defekace). Během trávení se energie spíše investuje než získává.

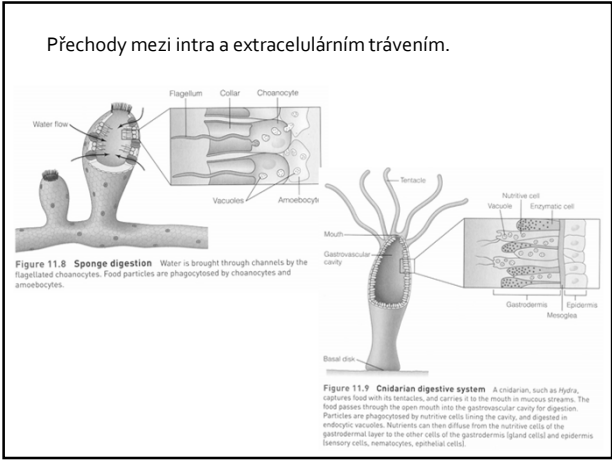
Jak se k potravě dostat: Obrovská rozmanitost velikosti, tuhosti, složení potravy – a tedy i způsobů příjmu otravy
 Proudění vody u filtrujících živočichů: řasinky a mikroskopická potrava



Druhotná specializace parazitů: Tasemnice je zcela bez trávicí soustavy



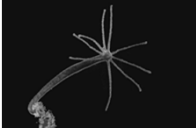
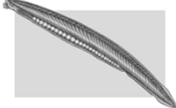
Přechody mezi intra a extracelulárním trávením.



Intracelulární trávení je fylogeneticky starší u **jednobuněčných** i některých **mnohobuněčných** organismů, kdy jsou drobné částice potravy **fagocytovány** buňkami.

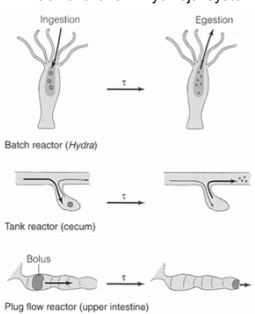
Vývojově pokročilejší je trávení **extracelulární**, kdy se do trávicí dutiny vylučují enzymy štěpící živiny na látky jednodušší, které se pak **resorbují**. Typický u **vyšších bezobratlých a u obratlovců**.

Přechody mezi oběma typy jsou plynulé: už nezmar tráví extracelulárně a naopak u kopinatce ještě existuje i intracelulární trávení.

3 typy reaktorů:

- i) dávkový, Nutný optimální retenční čas – nesmí trvat ani krátce ani dlouho.
- ii) zásobníkový (průtok substrátů a produktů – typ bachor, slepé střevo),
- iii) průchozí reaktor - Průtok pomocí svalových kontrakcí umožňuje přijímat i trávit zároveň – rychlejší systém vyžadující už dva otvory.



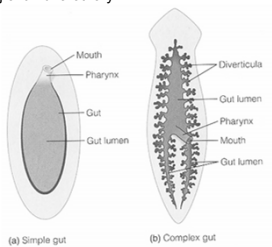


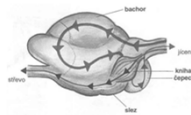
Figure 11.13 Flatworm GI tracts Like the simple animals, such as sponges and cnidarians, the flatworms have two-way guts. **(a)** Most flatworms, such as *Macrostomum*, possess a simple gut with a single sac. **(b)** In some larger flatworms, such as *Dugesia*, the gut can have three or more side branches with lateral diverticula.

Výhody extracelulárního trávení a trávicí trubice

- 1) Možnost trávit částice potravy mnohem větší než jsou vlastní buňky.
- 2) Umožňuje, aby se skupiny buněk nebo celé oddíly trávicího traktu specializovaly na dílčí trávicí funkce – zásobárna, sekrece, trávení, resorpce.
- 3) Umožňuje prostorově oddělit různé pochody při trávení – kyselý proces štěpení proteinů v předním střevě od alkalického nebo neutrálního trávení – štěpení sacharidů a lipidů ve středním.

Symbionti trávicích soustav

- Problém celulózy – jen málo živočichů má vlastní celulózy – mikrobiální fermentace. Mnoho bezobratlých i obratlovců.
- Vitaminy a Imunita díky střevní flóře
- Cékotrofie - králik opakovaným přijetím řídkých výkalů získá vitaminy, aminokyseliny a bílkoviny, které ve slepém střevě vytvořily endosymbiotické bakterie
- Fermentační oddíly střeva skotu

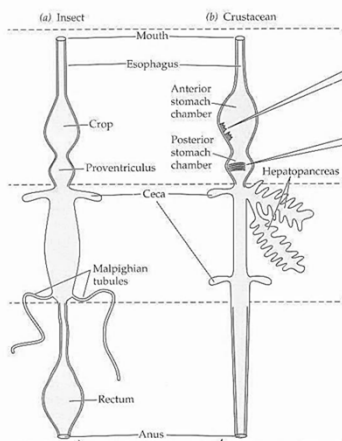


Bezobratlí a výběžky trávicí trubice

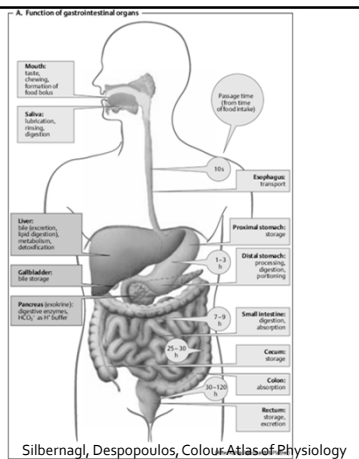
Střední střevo je místem trávení i resorpce. pH neutrální. Céky pomáhají resorpci nebo také hostí mikrobiální symbionty.

Hepatopankreas produkuje enzymy, které vstupují do střeva. Také zde probíhá trávení a resorpce. Ukládají se glykogen a lipidy, toxiny jsou rozkládány.

Malpighické trubice hmyzu na rozhraní středního a zadního střeva spojují trávicí soustavu s vylučovací.



Člověk jako model všežravého savce



Typy živin a součástí potravy.

Aby mohly projít do krve, musí se složky potravy fyzikálně rozmělnit a chemicky rozštěpat.

Resorpce vrcholí a končí pochody trávení.

Do krve přes portální žílu a játra – hydrofilní složky.
Nebo přes lymfu – lipofilní složky.

Podle Barevného atlasu biochemie. Grada.

Trávicí šťávy

Tab. 13.1 Sekrece a složení trávicích šťáv u člověka

Oblast	Vylučuje	Složení	Denní množství (l)	pH
slinné žlázy	sliny	amyláza, hydrogenuhlíčitany, lysozym, mucin	1 a více	7
žaludek	žaludeční šťávy	pepsinogen, HCl, lipáza, mucin, renin (u dětí)	1-3	asi 1,5
pankreas	pankreatickou šťávu	trypsinogen, chymotrypsinogen, peptidázy, lipázy, amylázy, hydrogenuhlíčitany	1	7-8
žlučník	žluč	mastné kyseliny, žlučové soli, cholesterol	asi 1	7-8
tenké střevo	střevní šťávy	enterokináza, karboxy- a aminopeptidázy, maltáza, laktáza, sacharáza, lipázy, nukleázy	asi 1	7-8

Stimulace sekrece slin a slinné žlázy

D. Stimulation of saliva secretion

Nepodmíněně **reflexní sekrece slin** je vyvolána zvykácími pohyby, mechanickým drážděním ústní sliznice a chemickým drážděním chuťových receptorů. Podněty jsou přenášeny do slinného ústředí v prodloužené míše. Parasympatická inervace se uskutečňuje prostřednictvím nervů lícního a jazykohltanového (VII. a IX. mozkový nerv). Podmíněně reflexní reakce slin vzniká až v průběhu života.

Silbernagl, Despopoulos, Colour Atlas of Physiology

Žaludek

Zásobárna a trávení. Kardié – Česlo, Pylorus – vrátník. Proximální, distální část.

Parietální bb. sekretují HCl
 - aktivuje pepsin a lipázu.
 - mění Fe³⁺ na vstřebatelnou formu Fe²⁺
 - rozvolňuje vazivo a koaguluje bílkoviny
 - Imunitní brána

Hlavní bb. Produkují pepsinogen, lipázu
 25% trávení už v žaludku

Mukózní bb. produkují Mucin
 Faktor chránič B12 před proteázami

Trávicí šťávy

Tab. 13.1 Sekrece a složení trávicích šťáv u člověka

Oblast	Vylučuje	Složení	Denní množství (l)	pH
slinné žlázy	sliny	amyláza, hydrogenuhličitany, lysozym, mucin	1 a více	7
žaludek	žaludeční šťávy	pepsinogen, HCl, lipáza, mucin, renin (u dětí)	1-3	asi 1,5
pankreas	pankreatickou šťávu	trypsinogen, chymotrypsinogen, peptidázy, lipázy, amylázy, hydrogenuhličitany	1	7-8
žlučník	žluč	mastné kyseliny, žlučové soli, cholesterol	asi 1	7-8
tenké střevo	střevní šťávy	enterokináza, karboxy- a aminopeptidázy, maltáza, laktáza, sacharáza, lipázy, nukleázy	asi 1	7-8

Faktory ovlivňující motilitu žaludku

Motilita žaludku řízena mechanicky, chemicky, nervově, endokrinně i parakrinně. Postupně propouští tráveninu, tekutiny dříve.

Proximální žaludek odpovídá za vyprazdňování
 Distální za míchání a trávení

Gastrin podporuje sekreci HCl, sekreci pepsinogenu, motilitu. Oddaluje ale vyprázdnění.

Motilin podporuje vyprázdnění žaludku (tlak a otevření).

Nervové řízení:
 Sympatikus při stresu tlumí
 Parasympatikus stimuluje

D. Factors that influence gastric motility

1 Distal stomach (mixing and processing)
 2 Proximal stomach and pylorus (emptying)

Silbernagl, Despopoulos, Colour Atlas of Physiology

Spolupráce navazujících částí

Dvanáctník kontroluje sekreci šťav a přísun tráveniny

CCK, GIP (gastrický inhibiční peptid), sekretin z dvanáctníku podporují sekreci pankreasu a žluči, ale inhibují vyprazdňování žaludku.

Figure 4.20 Gastrointestinal function after a meal is coordinated in part by hormones secreted by endocrine cells in the gut epithelium. The arrows represent hormones traveling by way of blood transport from endocrine cells to target cells. Red and blue arrows marked with plus (+) signs symbolize stimulatory effects on target cells. Black arrows marked with minus (-) signs symbolize inhibitory effects. The controls shown here are only a small fraction of the total set of nerve, endocrine, and paracrine controls that coordinate the processes activated by eating.

Esophagus
Stomach
Muscle tension in storage region
Muscle motility
Pyloric sphincter
Gastric emptying
G cell
Acid-secreting cell
Pepsinogen-secreting cell
Gastrin
Pancreas
Liver with biliary system
GIP, CCK, secretin

Pankreas – slinivka břišní

Řízení produkce pankreatické šťavy: sekretiním nervem pankreatu je zejména **nerv bloudivý**. Vyměšování trávicí šťavy vyvolávají hlavně chemické podněty působící na sliznici dvanáctníku a střeva. Humorální řízení je zajišťováno hormonem **sekretinem** a hormonem **cholecystokininem** z tenkého střeva které sekreci pankreatických trávicích enzymů podporují. Pankreas kromě trávicích enzymů vylučuje důležité hormony – inzulín a glukagon. Je tedy o exokrinní i endokrinní orgán.

C. Control of pancreatic juice secretion

Secretin
CCK
HCl, Food
Secretion from:
H₂O, HCO₃⁻
Enzymes
Proenzymes
Pancreas
Pancreatic juice
Duodenum
Vagus nerve
ACh

Silbernaql, Despopoulos, Colour Atlas of Physiology

Trávicí šťávy

Tab. 13.1 Sekrece a složení trávicích šťav u člověka

Oblast	Vylučuje	Složení	Denní množství (l)	pH
slinné žlázy	sliny	amyláza, hydrogenuhličitany, lysozym, mucin	1 a více	7
žaludek	žaludeční šťávy	pepsinogen, HCl, lipáza, mucin	1-3	asi 1,5
pankreas	pankreatickou šťávu	trypsinogen, chymotrypsinogen, peptidázy, elastáza, lipázy, amylázy, nukleázy, hydrogenuhličitany	1	7-8
žlučník	žluč	žlučové soli, cholesterol	asi 1	7-8
tenké střevo	střevní šťávu	enterokináza, karboxy- a aminopeptidázy, maltáza, laktáza, sacharáza, lipázy, nukleázy	asi 1	7-8

Kaskáda proteolytických enzymů pankreatu

Zymogeny - proenzymy

Trypsinogen je aktivován stěvní enterokinázou

Ten aktivuje chymotrypsinogen a prokarboxypeptidázu

Figure 11.25 Trypsinogen cascade The pancreas secretes three important proteases, all in inactive forms. Trypsinogen is activated by proteolytic cleavage by enterokinase. The activated trypsin then activates chymotrypsinogen and procarboxypeptidase by proteolytic cleavage.

Tenké střevo

Obr. 13.6. Součásti stěvní stěny.

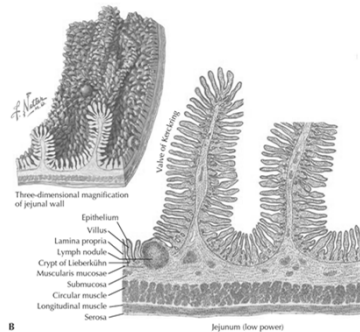
Mezi podélnou a cirkulární svalovinou je myenterická Auerbachova pletěň – nervová síť ovlivňující kontrakce

Pod cirkulární svalovinou je Meissnerova pletěň řídicí sekreci šťav

Kartáčový epitel

– mikrokly – povrch 600 x větší než rovná trubka
– 200 m²

Lieberkühnovy krypty – do nich ústí střešní žlázy



Na dně krypt neustále proliferují kmenové buňky.

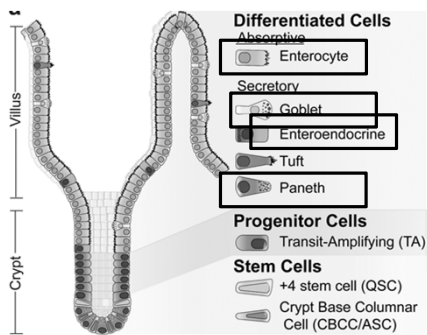
Postupují vzhůru a vznikají sekreční a resorbční i endokrinní buňky. Odlepují se a zanikají.

Enterocyty – absorpce živin i enzymy

Panethovy buňky – antimikrob. ochrana

Pohárkové bb. – mucin

Enteroendokrinní - hormony



Střešní šťáva

Je vylučována **Lieberkühnovými žlázami** tenkého střeva nepřetržitě při jejich chemickém, nebo mechanickém dráždění potravou. Obsahuje chloridy, **uhličitan sodný**, mucin, odloupené epitelové buňky.

Ve střešní šťávě je obsažena směs **proteolytických enzymů**, štěpících polypeptidy až na aminokyseliny. Enzymy **nukleázy** štěpí nukleové kyseliny na nukleotidy. Dále pak enzym **sacharáza** štěpí sacharózu na glukózu a fruktózu, **maltáza** maltózu na dvě molekuly glukózy, **laktáza** štěpí laktózu na glukózu a galaktózu.

Střešní **lipáza** hydrolyzuje tuk na glycerol a mastné kyseliny a **střešní enteropeptidáza** aktivuje pankreatický trypsinogen na aktivní trypsin

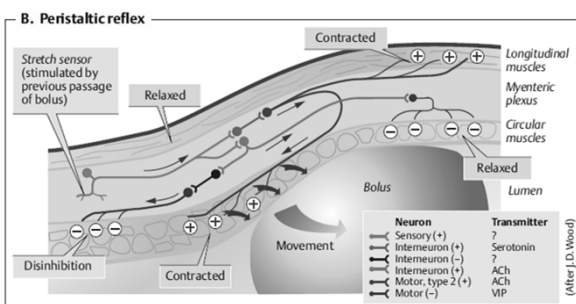
Buňky vrcholů klků tenkého střeva se neustále odlepují a dorůstají (celý epitel se vymění asi za 2 dny). Odlopané epitelie se v dutině střeva rozpadají a také uvolňují trávicí **enzymy**.

Trávicí šťávy

Tab. 13.1 Sekrece a složení trávicích šťav u člověka

Oblast	Vylučuje	Složení	Denní množství (l)	pH
slinné žlázy	sliny	amyláza, hydrogenuhličitany, lysozym, mucin	1 a více	7
žaludek	žaludeční šťávy	pepsinogen, HCl, lipáza, mucin	1-3	asi 1,5
pankreas	pankreatickou šťávu	trypsinogen, chymotrypsinogen, peptidázy, lipázy, amylázy, hydrogenuhličitany	1	7-8
žlučník	žluč	žlučové soli, cholesterol	asi 1	7-8
tenké střevo	střevní šťávu	enterokináza, karboxy- a aminopeptidázy, maltáza, laktáza, sacharáza, lipázy, nukleázy	asi 1	7-8

Sřevní peristaltika zajiřtvena spoluprací podélné a okružní svaloviny. Řízeno nervovou pletení (myenterický plexus).

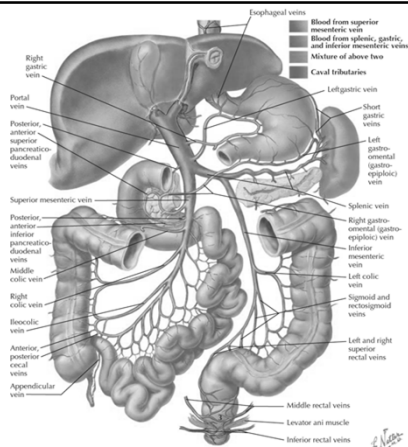


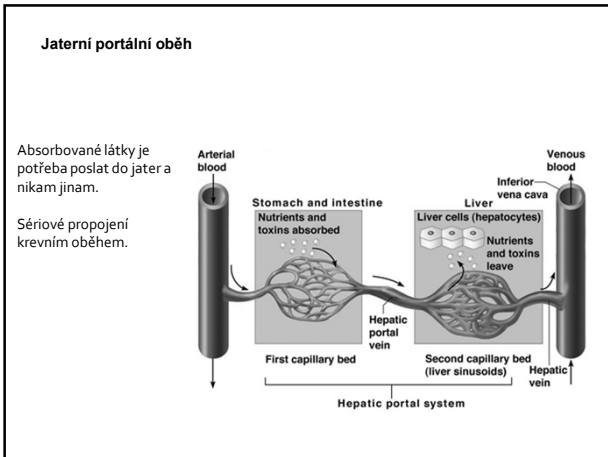
Silbernagl, Despopoulos, Colour Atlas of Physiology

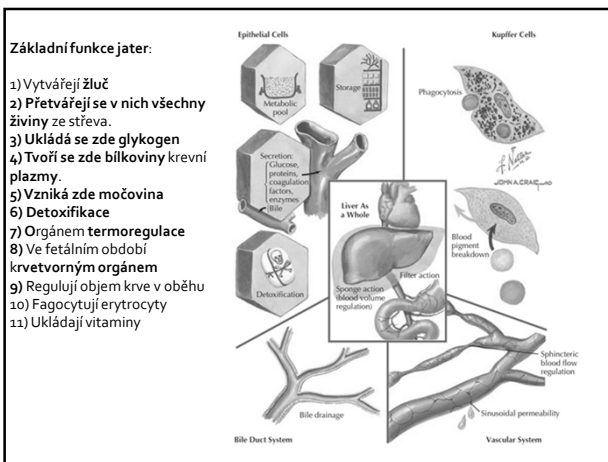
Játra a žluč

Živiny je třeba předat ke zpracování do jater – vrátnicová žíla (vena porte).

Tuky, cholesterol, vitamíny rozpustné v tucích jsou výjimkou. Ty jsou odváděny jako chylomikrony lymfatickými cévami a do krve se dostanou hrudním mizovodem.







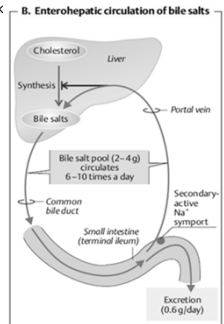
Funkce žluči:

- Společně s pankreatickou šťávou neutralizuje tráveninu.
- Emulguje tuky.
- Umožňuje vstřebávání tuků tím, že vytváří ve vodě rozpustné komplexy mezi mastnou kyselinou a žlučovými kyselinami.
- Stupňuje peristaltiku střeva.

Složení žluči

Žlučové kyseliny a jejich soli, **žlučová barviva**, **cholesterol**, **lecitin**, **tuky**, **močovina**, **alkalická fosfatáza**, **mucin**. Některé organické složky (zejména soli žlučových kyselin) se zpětně resorbují ze stěva, vrací se **portální (vrátnicovou) žílou** do jater a opět se do žluče vylučují. Jde o tzv. enterohepatální oběh.

Soli žlučových kyselin snižují povrchové napětí kapének tuku a umožňují vytvoření emulze.



Silbernagl, Despopoulos, Colour Atlas of Physiology

Trávicí šťávy

Tab. 13.1 Sekrece a složení trávicích šťav u člověka

Oblast	Vylučuje	Složení	Denní množství (l)	pH
slinné žlázy	sliny	amyláza, hydrogenuhličitany, lysozym, mucin	1 a více	7
žaludek	žaludeční šťávy	pepsinogen, HCl, lipáza, mucin,	1-3	asi 1,5
pankreas	pankreatickou šťávu	trypsinogen, chymotrypsinogen, peptidázy, lipázy, amylázy, hydrogenuhličitany	1	7-8
žlučník	žluč	žlučové soli, žluč. barviva, cholesterol	asi 1	7-8
tenké střevo	střešní šťávy	enterokináza, karboxy- a aminopeptidázy, maltáza, laktáza, sacharáza, lipázy, nukleázy	asi 1	7-8

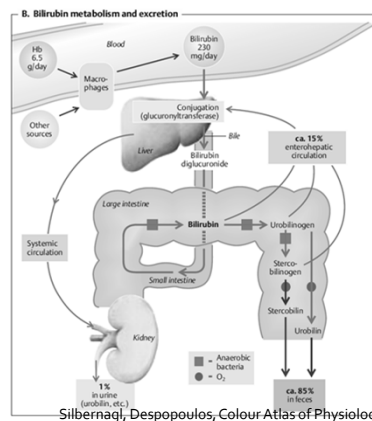
Bilirubin

Volný bilirubin je toxický, proto se v jaterních buňkách váže s kyselinou glukuronovou na glukuronid, který je secernován do žluči.

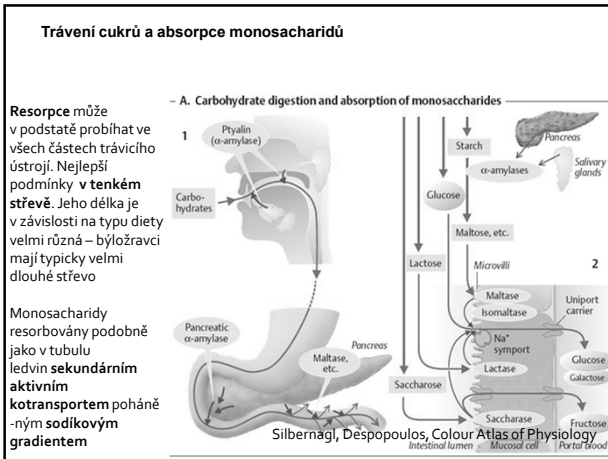
Žlučová barviva jsou oranžový **bilirubin** a zelený **biliverdin**. Tato barviva vznikají po rozpadu hemoglobinu.

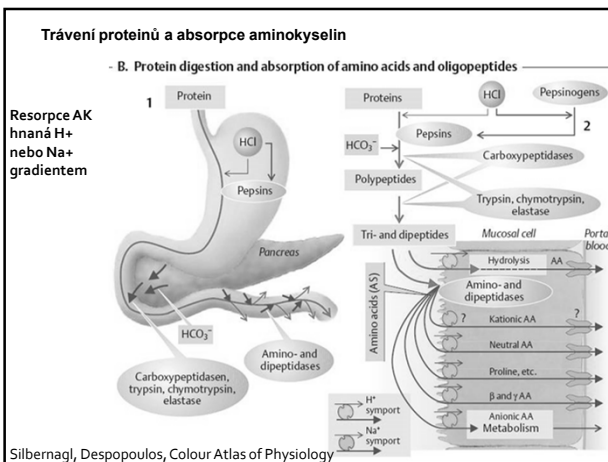
činnost bakterií se redukuje a část vzniklých sloučenin se přeměňuje oxidací na sterkobilin, jenž se podílí na typickém zbarvení stolice.

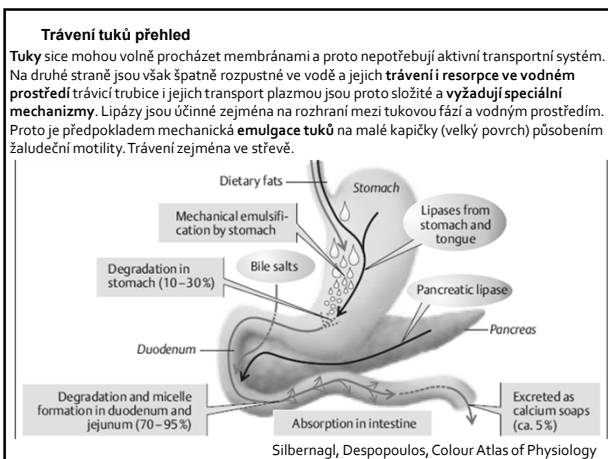
Část se ho dostává do krevního oběhu a je pak vylučován ledvinami.



Silbernagl, Despopoulos, Colour Atlas of Physiology







Trávení tuků, tvorba micel

Jsou-li tuky emulgovány, zvětší se jejich povrch a enzymy je mohou hydrolyzovat. Pankreatická lipáza štěpí triacylglyceroly na monoacylglyceroly a volné mastné kyseliny. Z těch se za **spolupůsobení solí žlučových kyselin** spontánně vytvářejí micely. Ty, díky svým malým rozměrům, umožňují **kontakt produktů štěpení s kartáčovým lemem stěny tenkého střeva** a jsou proto **nutnou podmínkou pro resorpci**.

B. Lipid digestion: degradation and micelle formation

Silbernagl, Despopoulos, Colour Atlas of Physiology

Absorpce tuků

C. Fat absorption

V endoplazmatickém retikulu buněk sliznice lačnicku se znovu resyntetizují triacylglyceroly, které jsou, opět pro svou hydrofobnost a tedy špatnou transportovatelnost, zabudovány do jádra **chylomikronů**, které přes lymf odcházejí do systémového oběhu. Hydrofilní obal chylomikronu tvoří polární lipidy (cholesterol, fosfolipidy) a proteiny.

Silbernagl, Despopoulos, Colour Atlas of Physiology

Chylomikrony transportují TG ze střeva do svalů a tukové tkáně přes lymfatický sst.

LDL přenášejí TG, cholesterol aj. do dalších tkání.

HDL vracejí přebytek cholesterolu ze tkání zpět do jater.

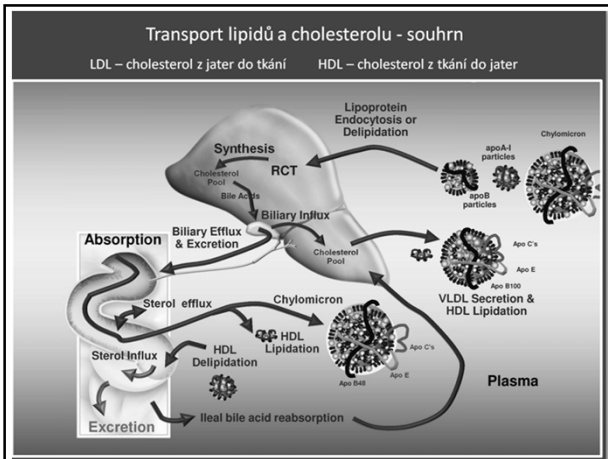
Typy lipoproteinů v plazmě

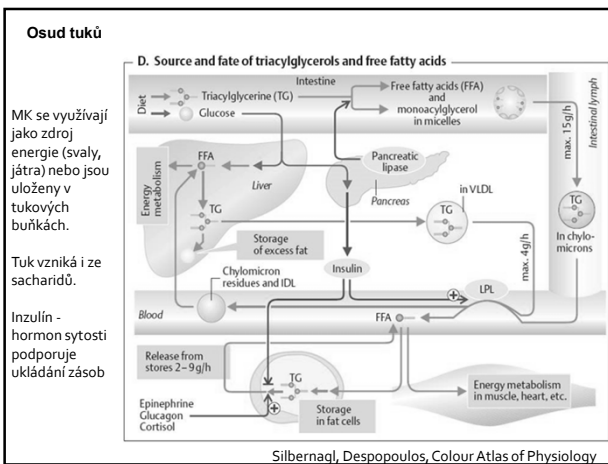
B. Transport functions

Lipoprotein	Density (g · cm ⁻³)
Chylomicrons	< 0.95
VLDL	0.950 - 1.006
IDL	1.006 - 1.019
LDL	1.019 - 1.063
HDL	1.063 - 1.210

lipoprotein lipase [7.34] Lecithin-cholesterol acyltransferase (LCAT) 2.3.1.43

Koolman, Color Atlas of Biochemistry, 2nd edition © 2005 Thieme

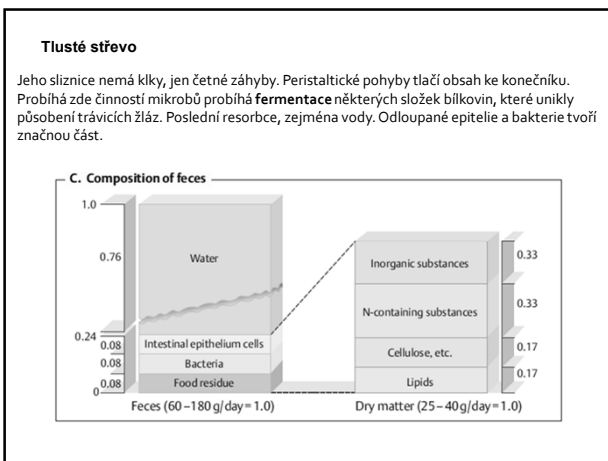




MK se využívají jako zdroj energie (svaly, játra) nebo jsou uloženy v tukových buňkách.

Tuk vzniká i ze sacharidů.

Inzulín - hormon sytosti podporuje ukládání zásob



Absorpce sodíku a vody ve střevě

Probíhá zde rovněž intenzivní **zpětná resorpce vody** mechanismy shodnými s ledvinným tubulem.

