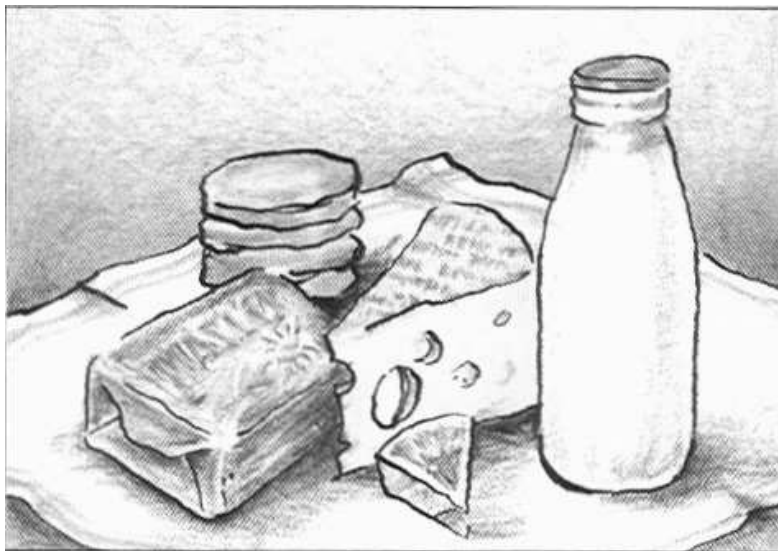
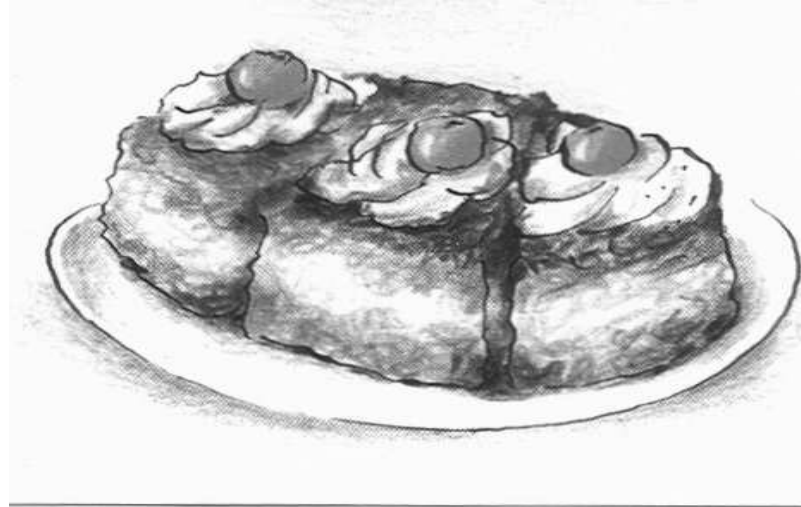


# TUKY (LIPIDY)



# Osnova

- Charakteristika lipidů
- Význam lipidů
- Dělení lipidů
- Přehled MK
- Trávení a vstřebávání lipidů
- Cholesterol

# Charakteristika lipidů

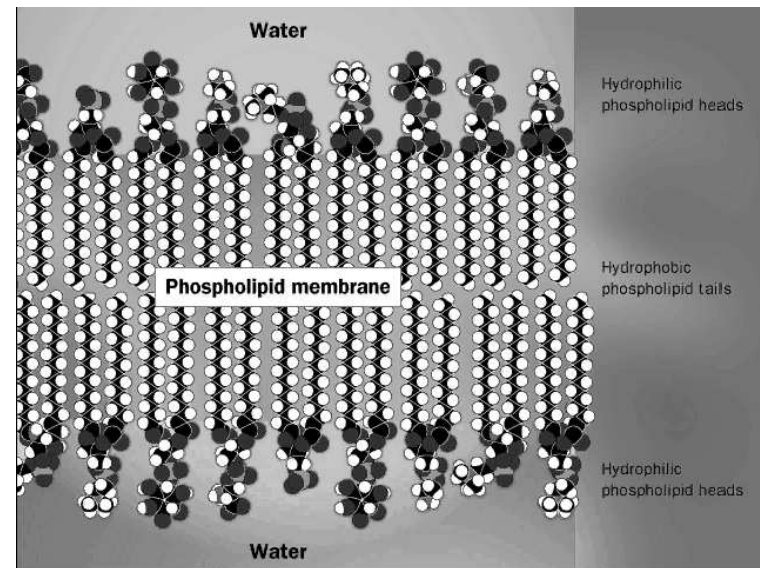
- Z řečtiny - lípos = tuk
- Estery vyšších mastných kyselin a alkoholů nebo jejich derivátů (zmýdelnitelné lipidy)
- Důležitá součást buněk nerozpustných ve vodě, ale rozpustných v organických rozpouštědlech (etanol, chloroform, ether)

# Hlavní funkce v lidském organismu

- **Zdroj a rezerva energie**
  - Největší zdroj energie ve stravě 1 g tuku = 9 kcal = 38 kJ - relativně nejvyšší podíl vodíku z živin
  - Živiny přijaté nad normu => ukládání do zásob (acylglyceroly)
  - Energetické zásoby v lidském těle - 50 000 kcal
- **Strukturní funkce**
  - Stavební komponenta biologických membrán
  - Přenos podnětů - polární lipidy (nerv. tkáň až 40% lipidů)
- **Ochranné funkce**
  - Izolace - zabraňuje ztrátám tepla a vody
  - Ochrana orgánů před mechanickým poškozením
- **Napomáhá využití vitaminů rozpustných v tucích**
- **Vyvolávají pocit sytosti po požití**
- **Snižují objem stravy bohaté na energii**
- **Z cholesterolu se tvoří steroidní hormony**

# Dělení lipidů

- **Jednoduché lipidy**
  - acylglyceroly (tuky) a vosky (estery MK a alkoholu glycerolu)
- **Složené lipidy**
  - fosfolipidy (fosfoacylglyceroly), glykolipidy, sfingolipidy, lipoproteiny, apod. (estery MK s alkoholy a dalšími skupinami)
- **Odvozené lipidy**
  - steroidy, karotenoidy





# Dělení mastných kyselin (MK) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$

## ■ Dle:

- dle stupně nasycenosti
  - počtu dvojných vazeb
- délky řetězce
- polohy vodíkových atomů okolo vazeb

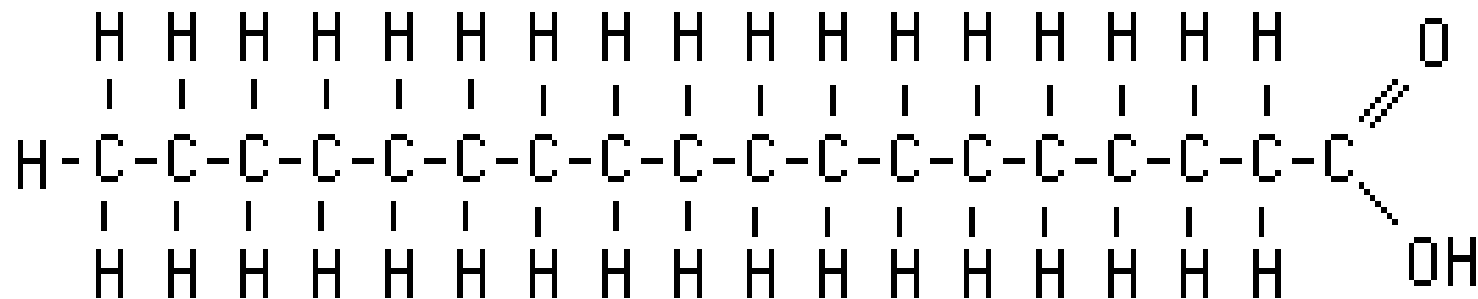
## ❖ Dle stupně nasycenosti (počtu dvojných vazeb) se dělí:

- nasycené MK (k. palmitová (C16), k. stearová (C18))
- nenasycené MK

## ❖ Podle počtu dvojných vazeb se dělí nenasycené MK:

- mononenasycené (MUFA) (k. olejová (C18:1)) - 1 dvojná vazba
- polynenasycené (PUFA) (k. linolová (C18:2), k. linolenová (C18:3)) - více dvojných vazeb

# Nasyčená MK - stearová



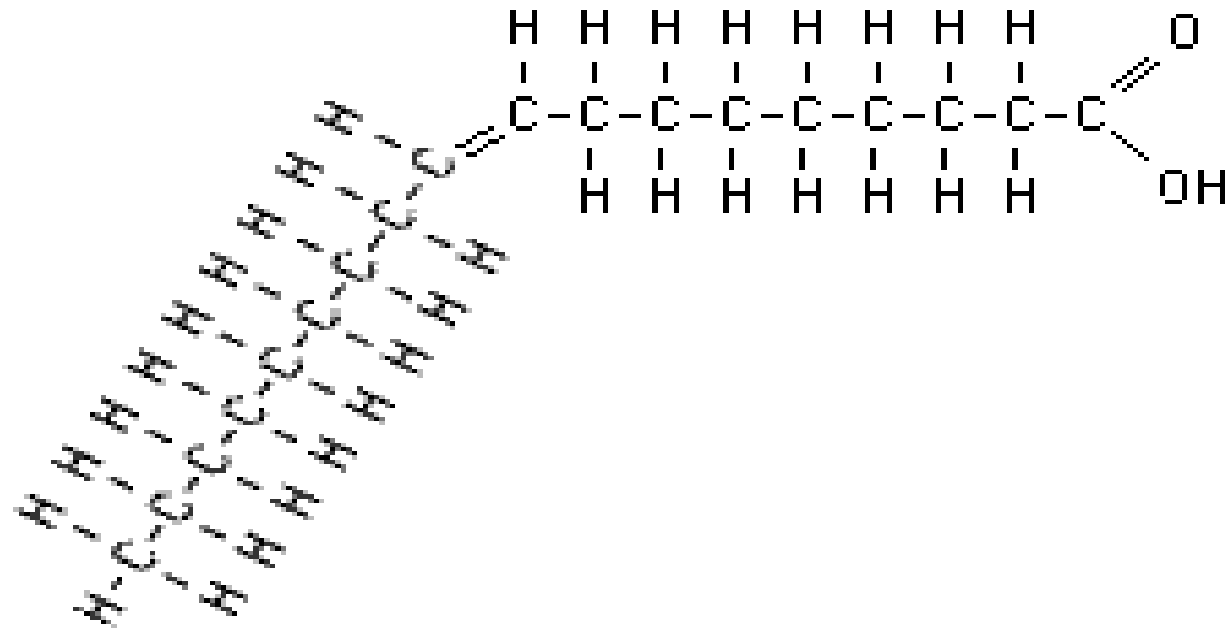
long hydrocarbon chain

carboxylic  
acid group

**Essential features of a fatty acid**

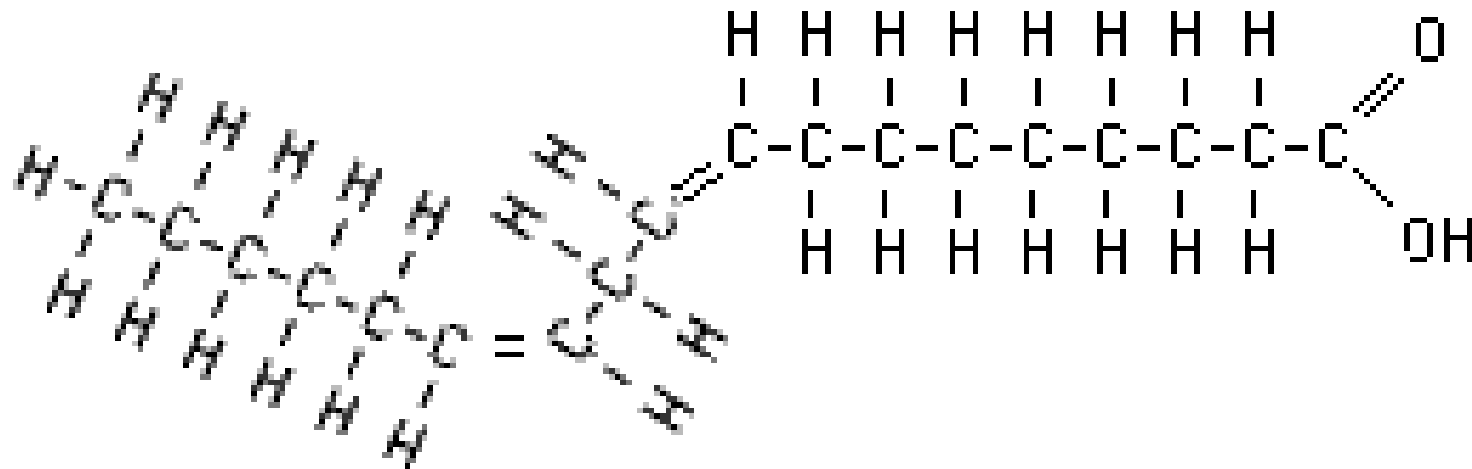


# Nenasycená MK (mononenasycená)



Oleic acid, a monounsaturated fatty acid.  
Note that the double bond is *cis*; this is  
the common natural configuration.

# Polynenasycená MK



Linoleic acid, a polyunsaturated fatty acid.  
Both double bonds are *cis*.

# Dělení mastných kyselin $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$

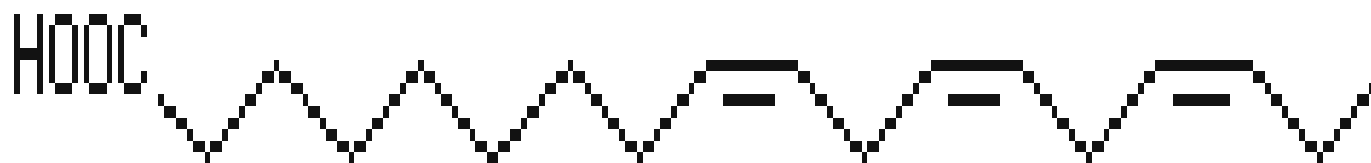
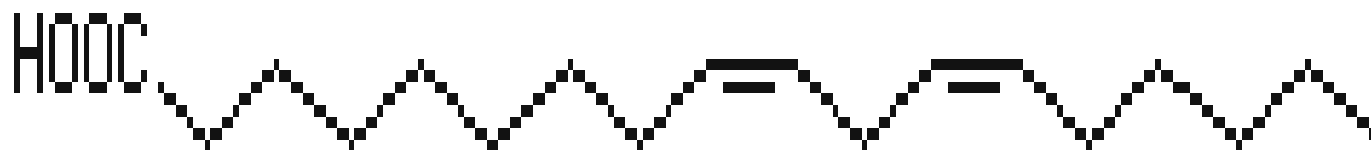
## ❖ Dle délky řetězce se dělí nasycené MK na:

- SCT - krátký řetězec - do C6 (kyselina máselná)
- MCT - střední řetězec - C6-C12 (kys. laurová, kapronová....)
- LCT - dlouhý řetězec - nad C12 (kys. palmitová, stearová...)

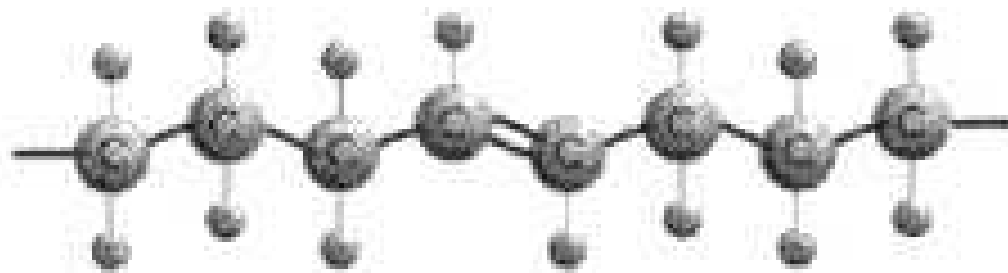
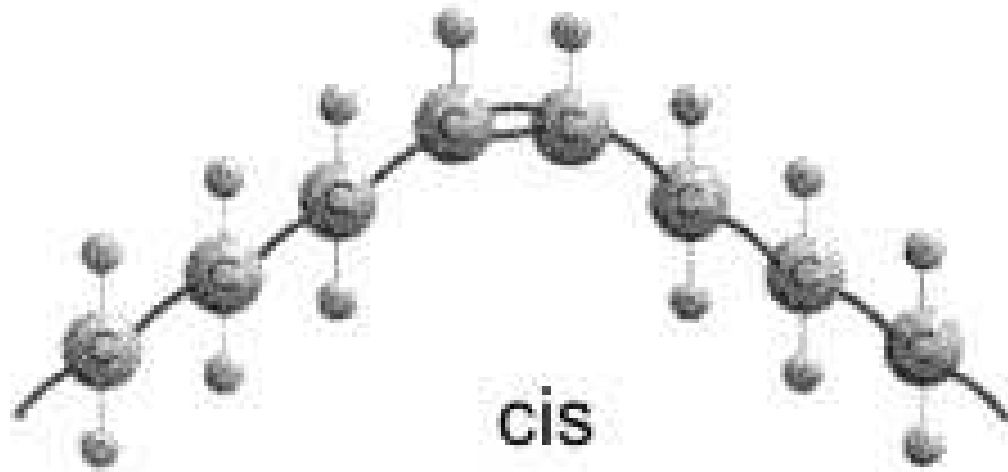
## ❖ Dle umístění dvojně vazby (PUFA)

- n-3 (EPA, DHA, k. linolenová)
- n-6 (k. linolová, k. arachidonová)

# Umístění dvojné vazby



# Trans a cis MK



trans

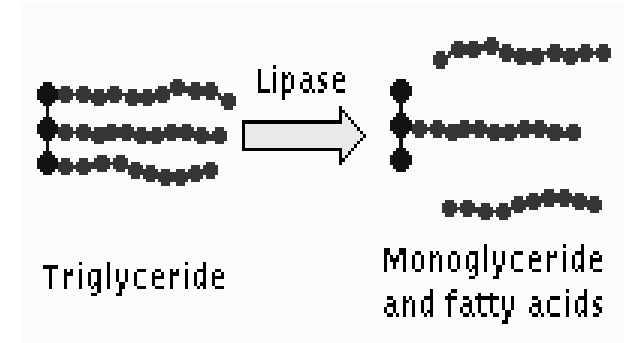
# Přehled MK zastoupených v organismu

Název mastné kyseliny	Počet uhlíků/ /počet dvojných vazeb	Poloha 1. dvojně vazby od konce molekuly	Syntéza v organismu
Palmitová	16/0		Ano
Stearová	18/0		Ano
Myristová	14/0		Ano
Palmitoolejová	16/1	$\omega$ -7	Ano
Olejová	18/1	$\omega$ -9	Ano
Linolová	18/2	$\omega$ -6	Ne
Arachidonová	20/4	$\omega$ -6	Ne
Linolenová	18/3	$\omega$ -3	Ne
Eicosapentaenová	20/5	$\omega$ -3	Ne
Docosahexaenová	22/6	$\omega$ -3	Ne

# Mastné kyseliny

- **Nasycené MK**
  - podporují obezitu
  - růst krevních lipidů - LDL chol
- **K.olejová**
  - brzdí rozvoj aterosklerózy a snad i brání rozvoji Ca tl. střeva
- **n-3 a n-6**
  - esenciální MK
  - n-3 - prostaglandiny - vazodilatační, antiagregační a antipermeabilní účinky
  - N-6 - tromboxyny - proagregační, vasokonstikční a permeabilní účinky
  - Vysoký příjem => endogenní luiperoxidace

# Trávení tuků



## ■ Lipolytické enzymy - lipázy

- ze žlázek jazyka - Ebnerovy žlázy (aktivní i v žaludku) - **linguální lipáza**

- triacylglyceroly → MK a 1,2-diacylglyceroly

- ze žaludku - **žaludeční lipáza**

- triacylglyceroly → MK a glycerol

- ze slinivky břišní

- **Pankreatická lipáza**

- triacylglyceroly → monoacylglyceroly, MK

- **Kolipáza (prokolipáza) - kapénky tuku**

- **Cholesteryl ester hydroláza**

- Estery → cholesterol



# Trávení tuků

- Emulgace tuků a tvorba micel

- Místo: duodenum

- Účel: zvětšení povrchu tukových částic, rozpouštějí a tím zlepšení působení enzymů, umožnění vstřebávání

- Složení micel:

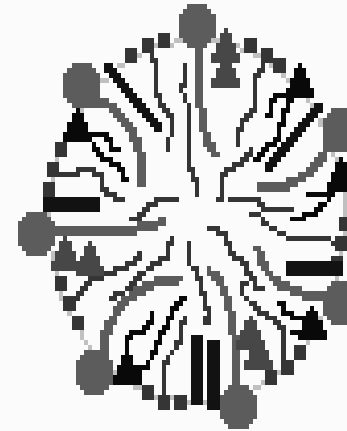
- Soli žlučových kyselin, monoacylglyceroly, lecitin, cholesterol, vitaminy rozpustné v tucích

- Polární oblast na povrchu molekuly X nepolární uvnitř (hydrofóbní)
      - => kapénky 200-5000 nm v průměru

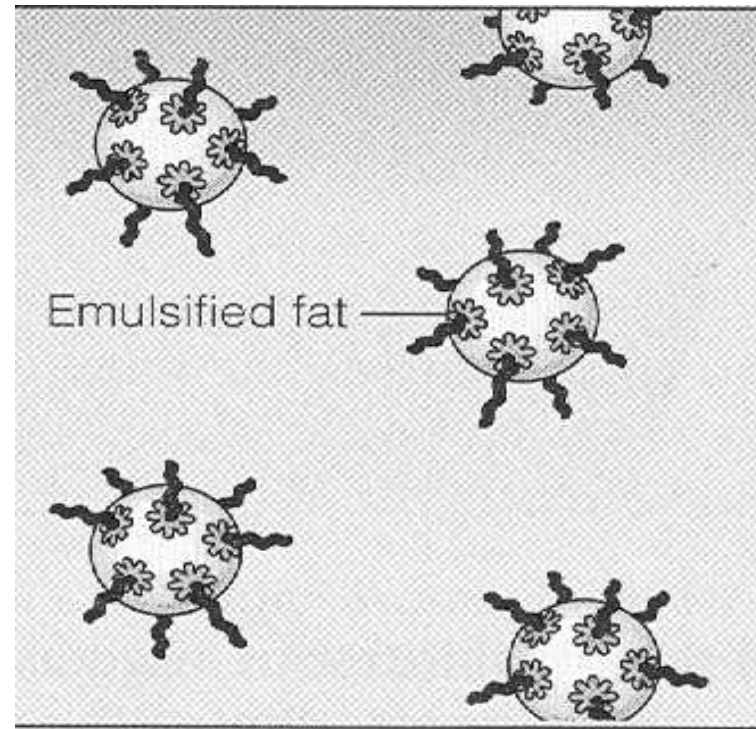
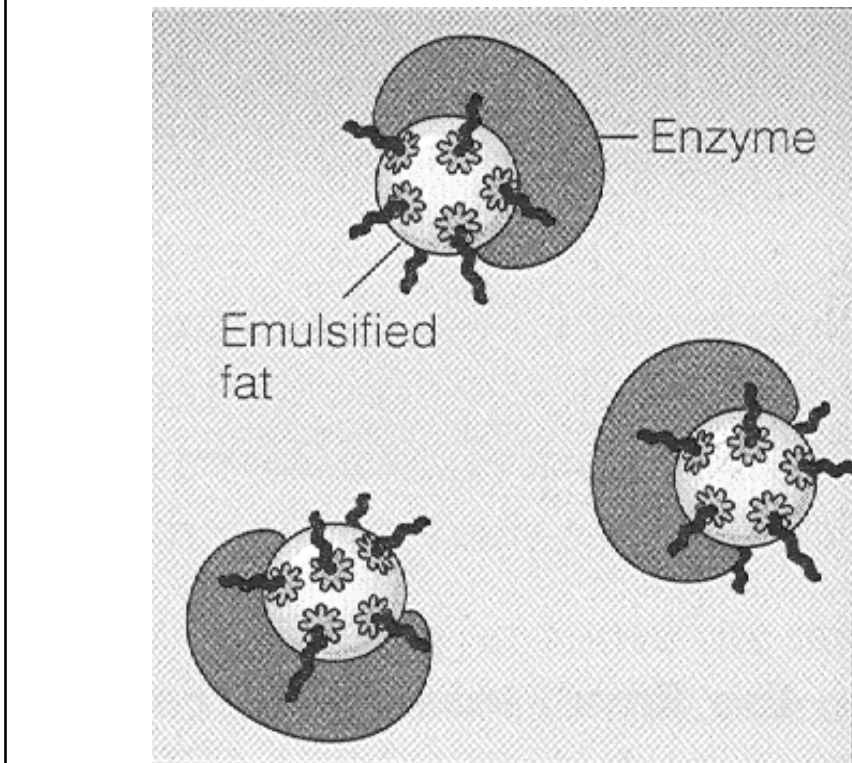
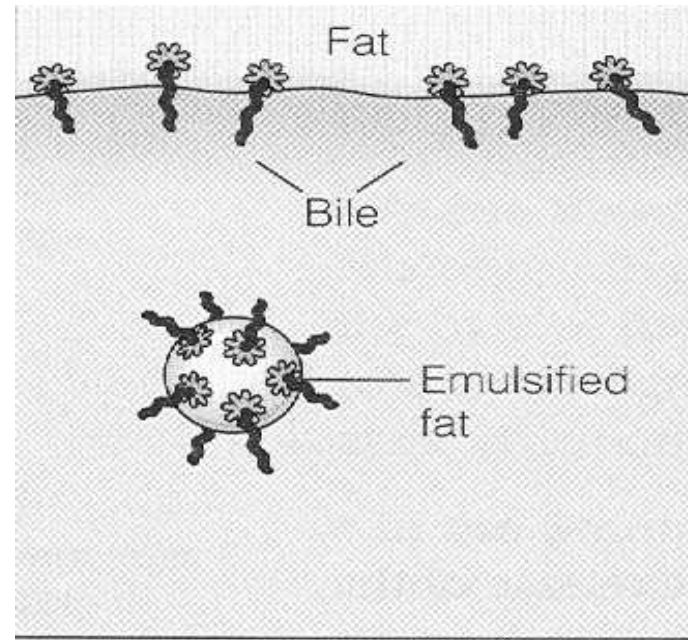
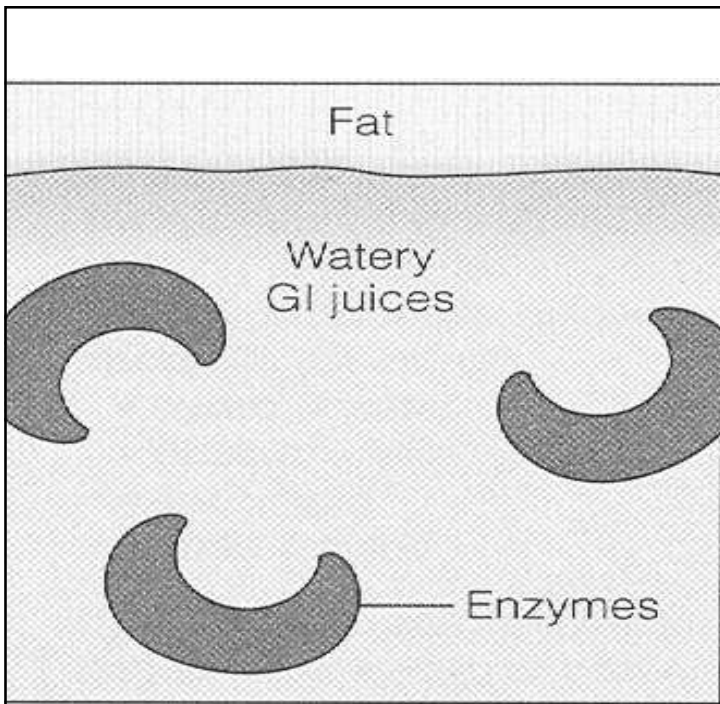
- Mechanická emulgace tuků - motilita žaludku => malé kapičky tuku 1- 2  $\mu\text{m}$

- Emulgaci podporuje: lehce zásadité pH

- kyselé pH: separace tuků



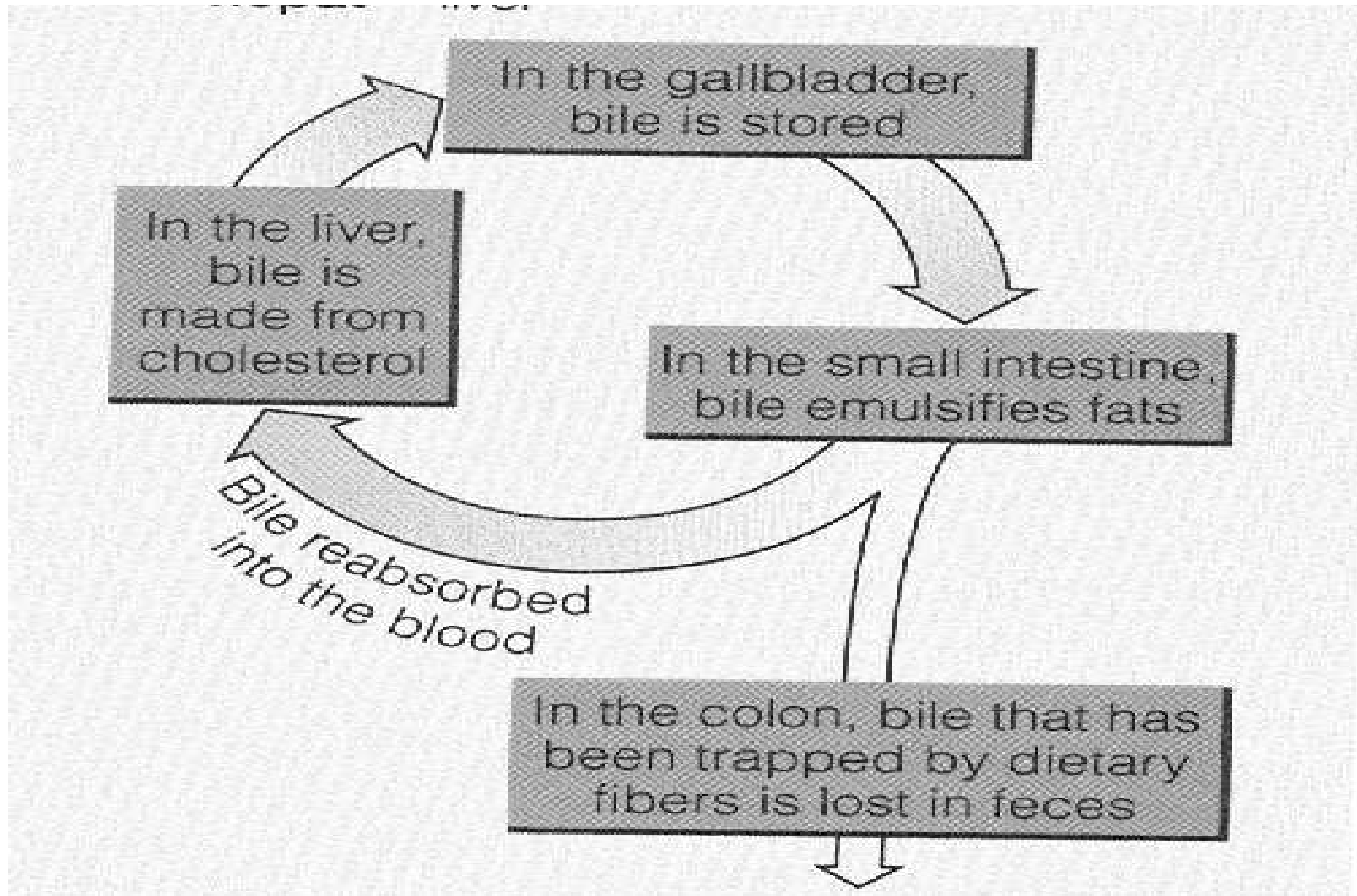
Bile salts  
Monoglyceride  
Fatty acids  
Phospholipids  
Cholesterol



# Trávení tuků

- Pohyb micel
  - Dle koncentračního spádu ke kartáčovému lemu na střevní sliznici → difundace tuků ven z micel
  - Vstup do buněk - pasivní difúze - monoacylglyceroly, cholesterol, MK
- Soli žlučových kyselin
  - Sliznice jejunu - rychlost jejich vstřebání malá - zůstávají v lumen střeva - tvorba nových micel
  - Sliznice ilea - rychlost větší
- Lidé s omezenou funkcí slinivky břišní
  - Steatorhea - na tuky bohatá, objemná, světležlutě zbarvená stolice) nedostatek lipázy, bikarbonátu => kyselé prostředí, precipitace solí žluč. kyselin => inhibice lipázy
  - Jiná příčina - porucha reabsorpce solí žluč. kyselin v distální části ilea

# Enterohepatální cirkulace



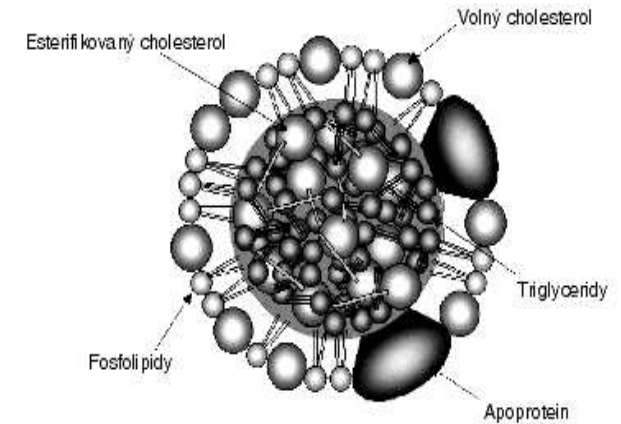
# Vstřebávání tuků

- Jejunum - většina tuků (monoacylglycerol, MK, velmi málo glycerolu)
- Ileum - dolní část tenkého střeva - málo
- Mírný příjem tuků - 95% vstřebatelnost
- Novorozenci - nedokonalý systém vstřebávání - vstřebatelnost 85-90%
- Liší se dle délky řetězce MK

# Transport lipidů

- MK o střední délce řetězce (C6-10(12))
  - Rozpustné ve vodě
  - Forma - volné neesterifikované MK
  - Resorpce => portální oběh => játra (metabolismus)
  - Nevyžadují karnitin pro vstup do mitochondrií

# Transport lipidů

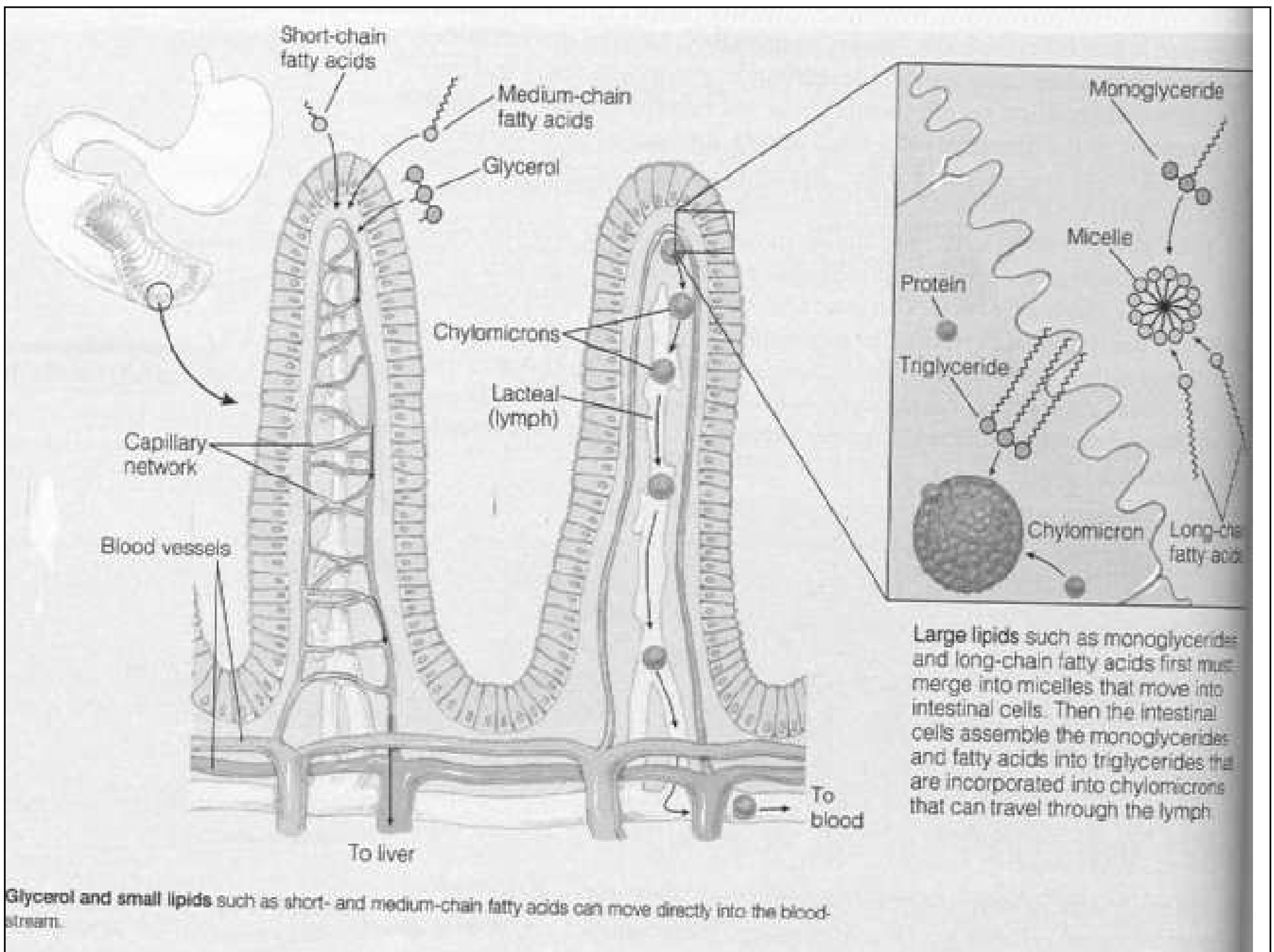


## ■ MK o delším řetězci

- Reesterifikace v enterocytech (triacylglycerol i část cholesterolu)

=> chylomikrony (obalí tyto lipidy vrstvou proteinů, fosfolipidů a cholesterolu)

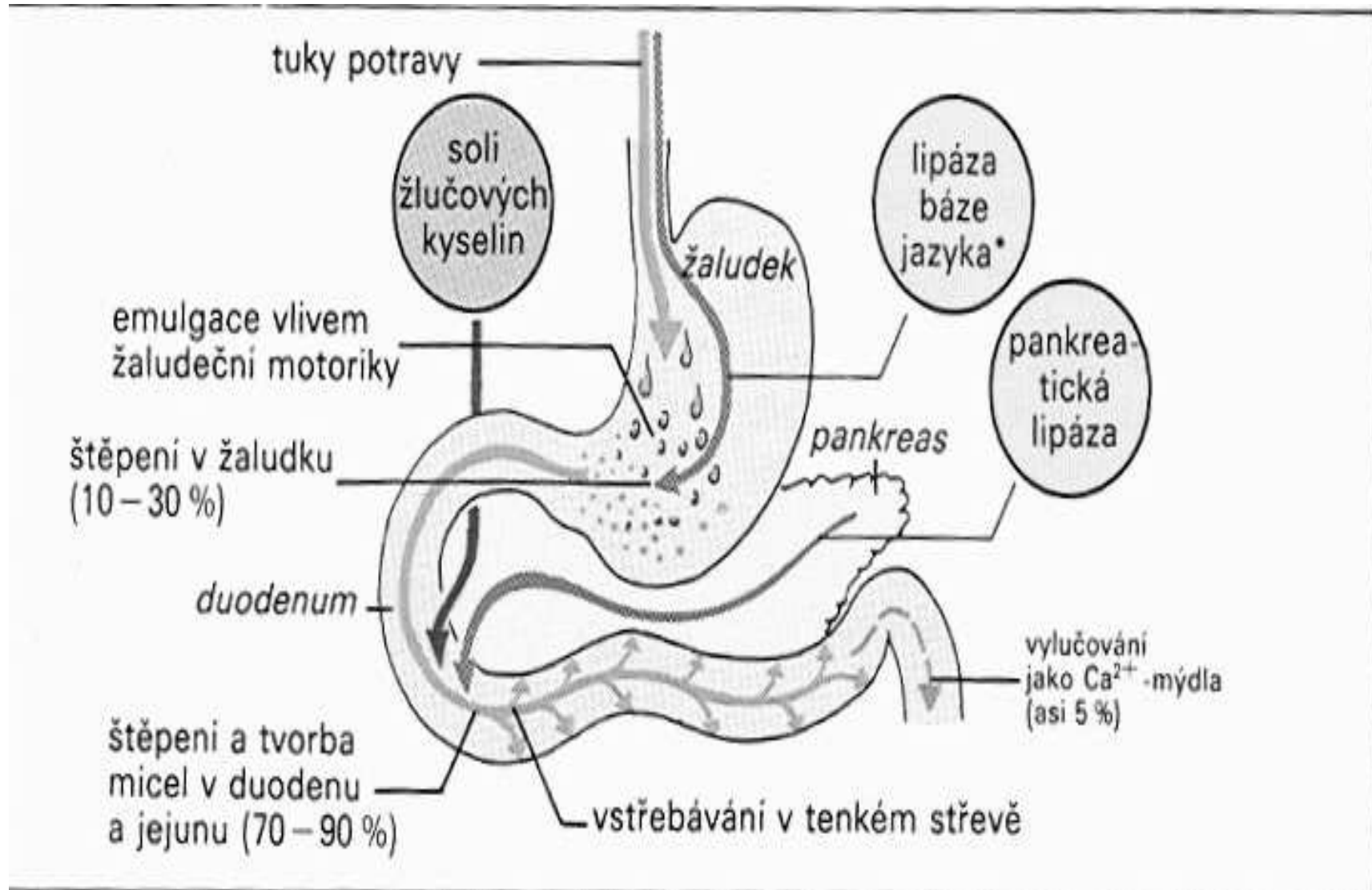
=> lymfatické cévy => krevní řečiště



Glycerol and small lipids such as short- and medium-chain fatty acids can move directly into the blood-stream.

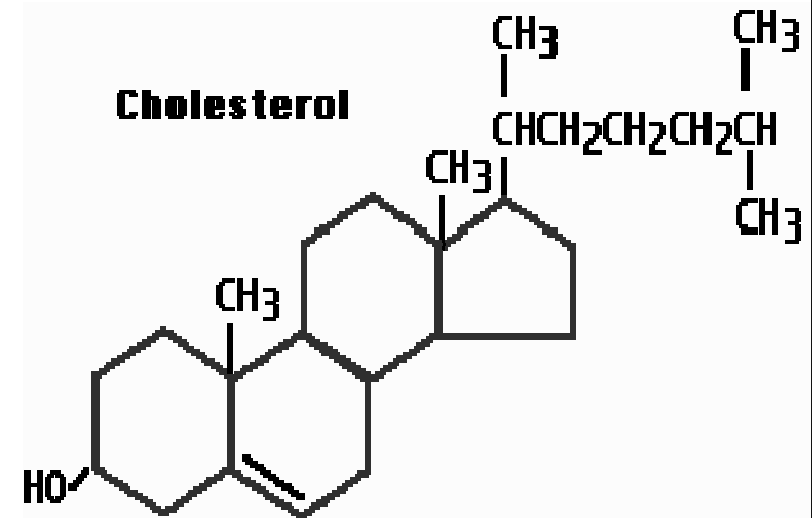


# Trávení a vstřebávání tuků



# Cholesterol

- Základní součást živočišné buňky
- Původ:
  - Exogenní - potrava
  - Endogenní - syntéza (hepatocyty, nerv. tkáň, enterocyty)
    - Vznik z Acetyl-CoA
    - Klíčový enzym v syntéze cholesterolu -  
3-hydroxymetyl-3-glutaryl-coenzym A reductáza  
(3-HMGCoA)
    - Aktivita enzymu - regulace dle zásob cholesterolu v buňce
      - ↑ - deplece cholesterolu, ↑ příjem energie, obezita
      - ↓ - dostatečný přívod stravou

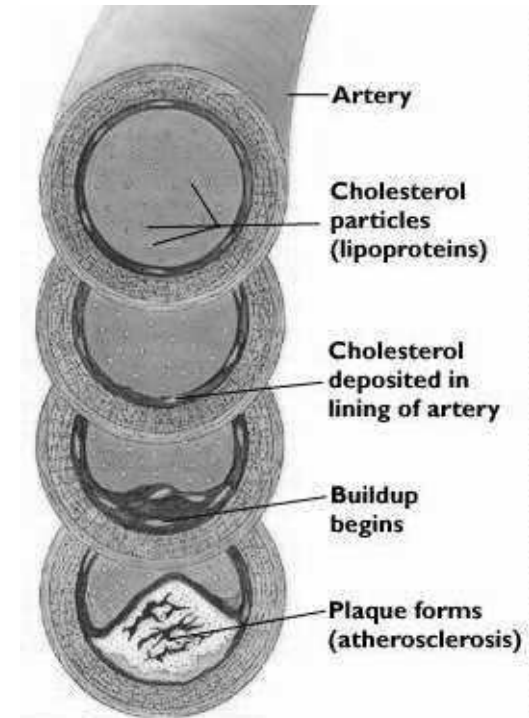


# Cholesterol

- **Formy cholesterolu:**
  - Volný - hydrofilní
  - Esterifikovaný (vazba MK na OH skupině) - hydrofóbní
    - Transportní a zásobní (hepatocyty)forma chol
- **Hlavní biologické funkce:**
  - Hlavní strukturální součást buněčných membrán
  - Výchozí látka pro výrobu steroidních hormonů
  - Výchozí látka pro syntézu žlučových kyselin
  - Nezbytný pro syntézu všech lipoproteinů ve střevě a játrech

# Cholesterol

- Negativní vlastnosti cholesterolu
  - Tvorba žlučových kamenů ve žlučníku
  - Ateroskleróza



# Cholesterol

- **Denní bilance a enterohepatální oběh chol**
  - Vylučování chol - žlučí (nativní chol, žlučové kyseliny)
  - $\frac{1}{2}$  chol ze žluče a asi 95% žluč. kyselin - reabsorbce (enterohepatální oběh)
  - Denní bilance: 3 mmol
  - Příjem: resorpce ze střeva žluč, potrava
  - Výdej: stolicí
- **Vstřebávání cholesterolu**
  - Snadné
  - Za přítomnosti žluči, MK a pankr. šťávy
  - Inkorporace do chylomikronů => lymfatické cévy => krevní řečiště
  - Rostlinné steroly - snižují vstřebatelnost cholesterolu

# Výskyt tuků

## A. Dle suroviny, z které se získávají

### 1. Živočišné tuky a oleje

- tuky teplokrevných živočichů
  - mléčný tuk - kravský, buvolí
  - sádlo - vepřové, drůbeží
  - lůj - hovězí, skopový
- rybí olej

### 2. Rostlinné tuky a oleje

- Olejniny
  - S převahou linolové kyseliny: řepka, sója, slunečnice
  - S převahou olejové a dále linolové: podzemnice olejná, bavlník, světlice, sezam
  - S převahou olejové a dále palmitové: olivy, dužnina palmy olejně
  - S převahou palmitové a s dalšími nasycenými kyselinami: jádro palmy olejně, kokosový tuk
- Rostlinná másla: kakaové máslo (vysoký obsah stearové kys.)

# Výskyt tuků

## Typy výrobků:

- Jedlé oleje: lisované, rafinované - panenské, rafinované
- Emulgované tuky
- Směsné emulgované tuky (s mléč. tukem)

## B. Podle konzistence

- kapalné oleje
- tuhé tuky

## C. Podle výskytu

- tuky zjevné - ty které používáme
- tuky skryté - v mléku, vejcích, sval. tkáni, pečivu....

# Výskyt tuků

## D. Podle obsahu v potravině

### **1. Potraviny s vysokým obsahem tuků (více než 40% energie)**

- Tučné maso
- Plnotučné mléko a ml. výrobky, sýry...
- Ořechy, mák
- Jemné a trvanlivé pečivo
- Smetanové mražené krémy
- Čokoláda
- Majonéza

### **2. Potraviny s nízkým obsahem tuků(méně než 20% energie)**

- Výrobky z obilovin (mouka, chléb)
- Luštěniny, brambory
- Zelenina, ovoce
- Nečokoládové cukrovinky



# Příjem tuků (MK)

- Doporučované množství 25 - 30 %  
= 70 - 100 g tuku/den
- Konzumace tuku v ČR 30 - 40 % energie (25,4 kg/os/rok)
- Záleží na složení tuků - EMK jsou nezbytné (rostlinné oleje, rybí tuk) viz. dále
- Příjem cholesterolu < 300 mg/den
- ↑ příjem tuků => ↑ výskyt kardiovaskulárních nemocí  
↑ výskyt některých nádorových onemocnění

# Příjem tuků (MK)

- Poměr nasycených, MUFA, PUFA = <1:1,4:>1,6
- Poměr n-6 : n-3 = 5:1
- K. linolová (n-6, PUFA) - všechny dostupné oleje s výjimkou olivového, dále olej ze semen, ořechy, vejce
- K. linolenová (n-3, PUFA)- olej řepkový, lněný, sójový ne však slunečnicový, ořechy, tučné ryby
- K. linolová  $\leq 10$  g (5%)
- K. linolenová  $\leq 4$ g (1%)
- Denní úhrada k. linolové a linolenové = 1,5 - 2 lžíce řepkového oleje

# Příjem tuků(MK)

## ■ Rybí olej

- zdroj EPA a DHA (n-3)
- 1- 2x týdně 200- 300g ryb
- nebo denně 3 - 4 ml kvalitního rybího oleje

## ■ EPA + DHA $\leq$ 1g (0,5%)

- **Denní příjem tuků:** 70 g = 25 g skrytý tuk + 45 kuchyňské použití (25 g margarin, máslo + 20 g kvalitní rostlinný olej) + 1 - 2x týdně ryby

# Mastné kyseliny

Klasifikace MK		Potravinové zdroje	Doporučení příjmu
SFA - nasycená MK		Živočišné tuky, kokosový a palmový olej	8-10%
MUFA - mononenasycená MK		Olivový, řepkový olej, avokádo, ořechy	10-12%
PUFA - polynenasycená MK	n-3	Rybí tuk, ořechy	Do 10%
	n-6	Rostlinné oleje (slunečnicový, sójový, kukuřičný), semena, ořechy	2-4%

# Obsah MK v jedlých tucích (%)

<b>Jedlý tuk</b>	<b>Nasyčené kyseliny</b>	<b>Monoenové kyseliny</b>	<b>Polyenové kyseliny</b>
<b>Máslo</b>	62	35	3
<b>Sádlo</b>	40	55	5
<b>Sójový olej</b>	15	25	60
<b>Slunečnicový olej</b>	12	20	68
<b>Řepkový olej</b>	6	64	30
<b>Margarin</b>	20-25	20-40	30-50
<b>Pokrmový tuk</b>	25-55	30-50	5-10

# Zastoupení MK v tucích a olejích

Saturated fats  
  Monounsaturated fats  
  Polyunsaturated fats,  $\omega 3$  Linolenic acid,  $\omega 6$  Linoleic acid

- Animal fats and the tropical oils of coconut and palm are mostly **saturated**.

Coconut oil				$\omega 6$
Butter			$\omega 6$	$\omega 3$
Beef tallow			$\omega 6$	$\omega 3$
Palm oil			$\omega 6$	
Lard			$\omega 6$	$\omega 3$

- Some vegetable oils, such as olive and canola, are rich in **monounsaturated** fatty acids.

Olive oil				$\omega 6$	$\omega 3$
Canola oil			$\omega 6$	$\omega 3$	
Peanut oil				$\omega 6$	

- Many vegetable oils are rich in **polyunsaturated** fatty acids.

Safflower oil			$\omega 6$		$\omega 3$
Sunflower oil			$\omega 6$		
Corn oil			$\omega 6$		$\omega 3$
Soybean oil			$\omega 6$		$\omega 3$
Cottonseed oil			$\omega 6$		