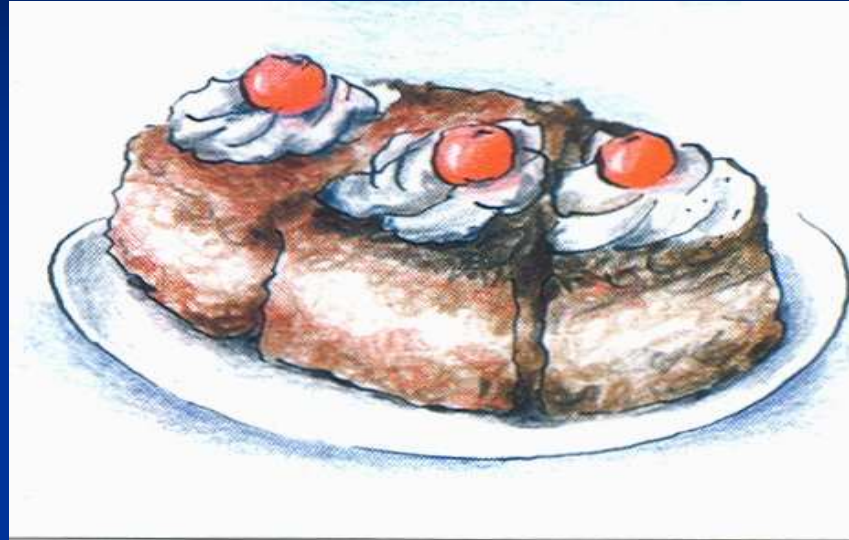


TUKY (LIPIDY)



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

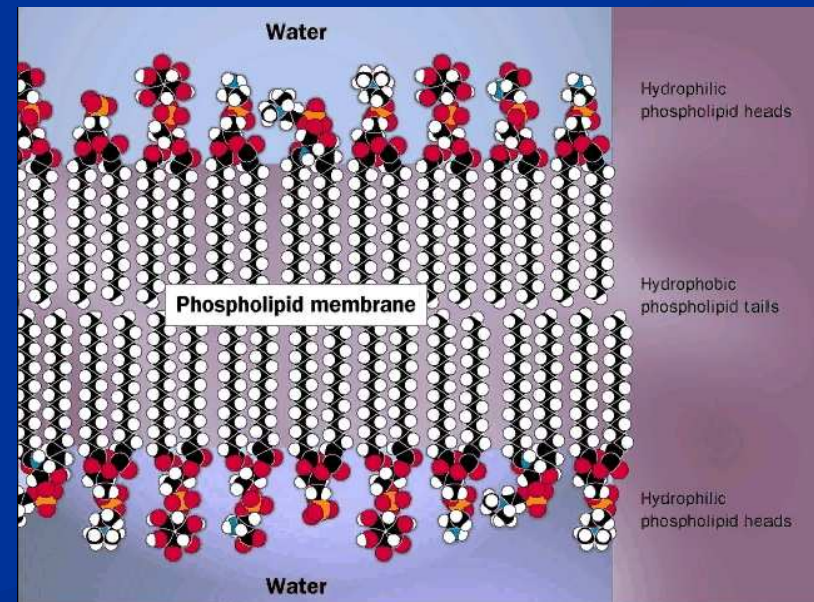
■ Vyvolávají pocit sytosti po požití

■ Snižují objem stravy bohaté na energii

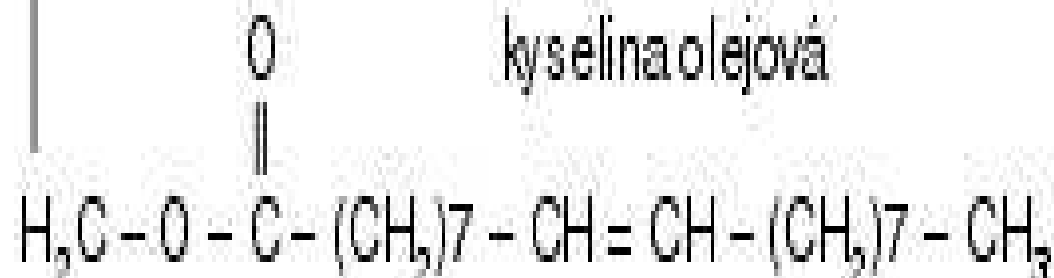
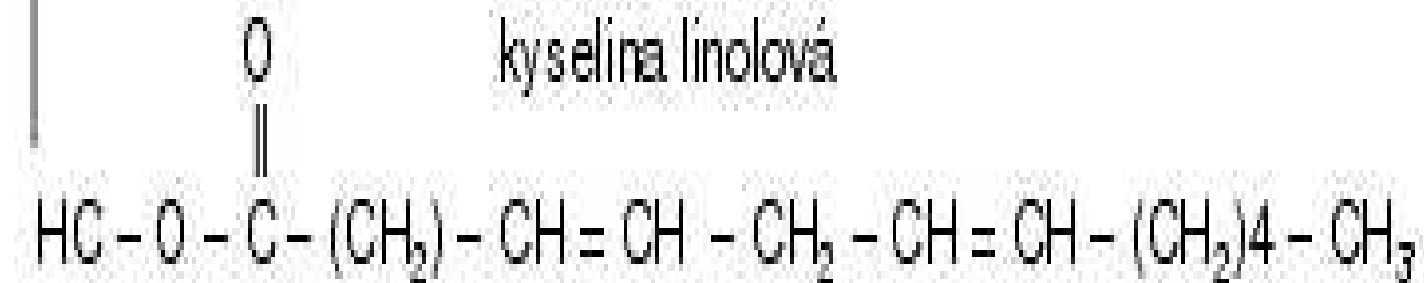
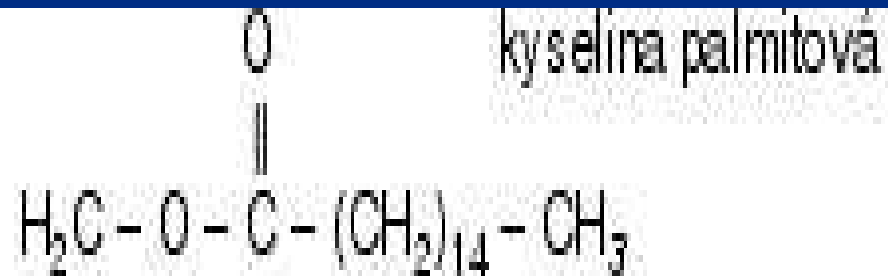
■ Z cholesterolu se tvoří steroidní hormony

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



Triacylglyceroly



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

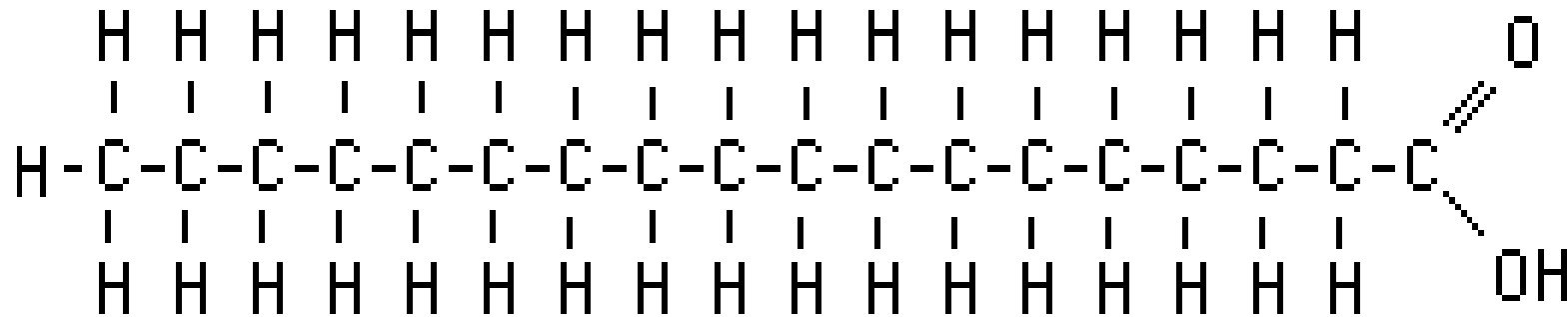
❖ Dle stupně nasycenosti (počtu dvojných vazeb) se dělí:

- 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

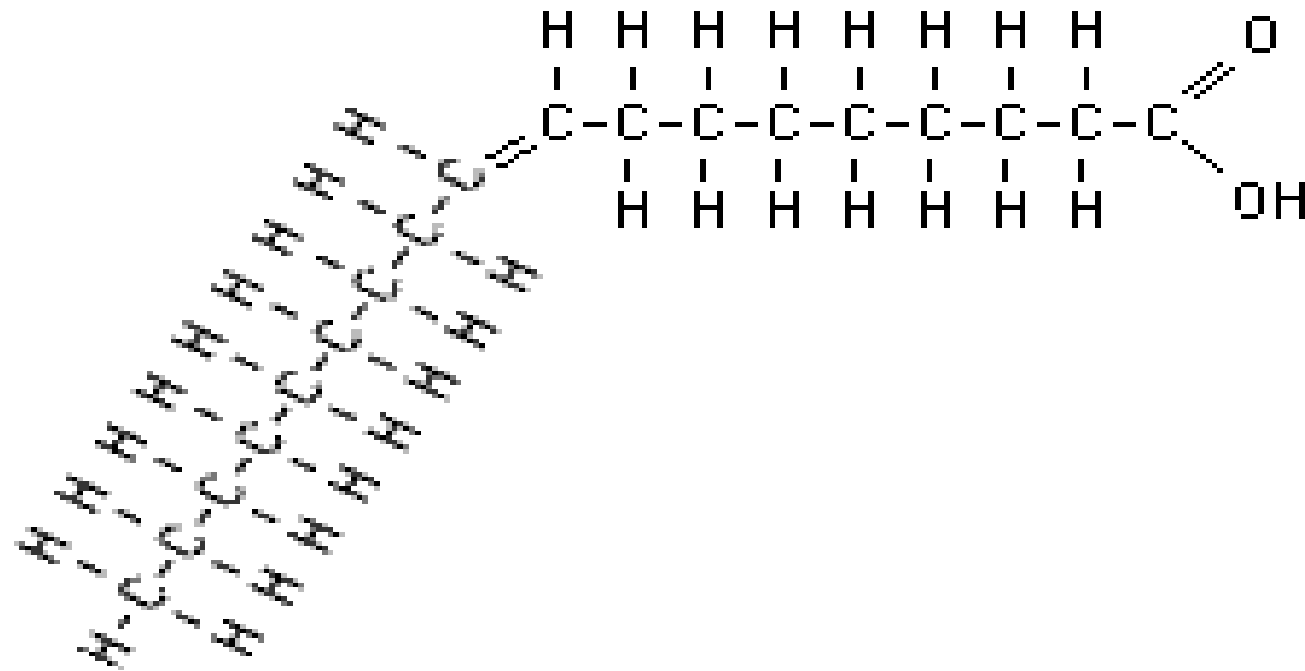


long hydrocarbon chain

carboxylic
acid group

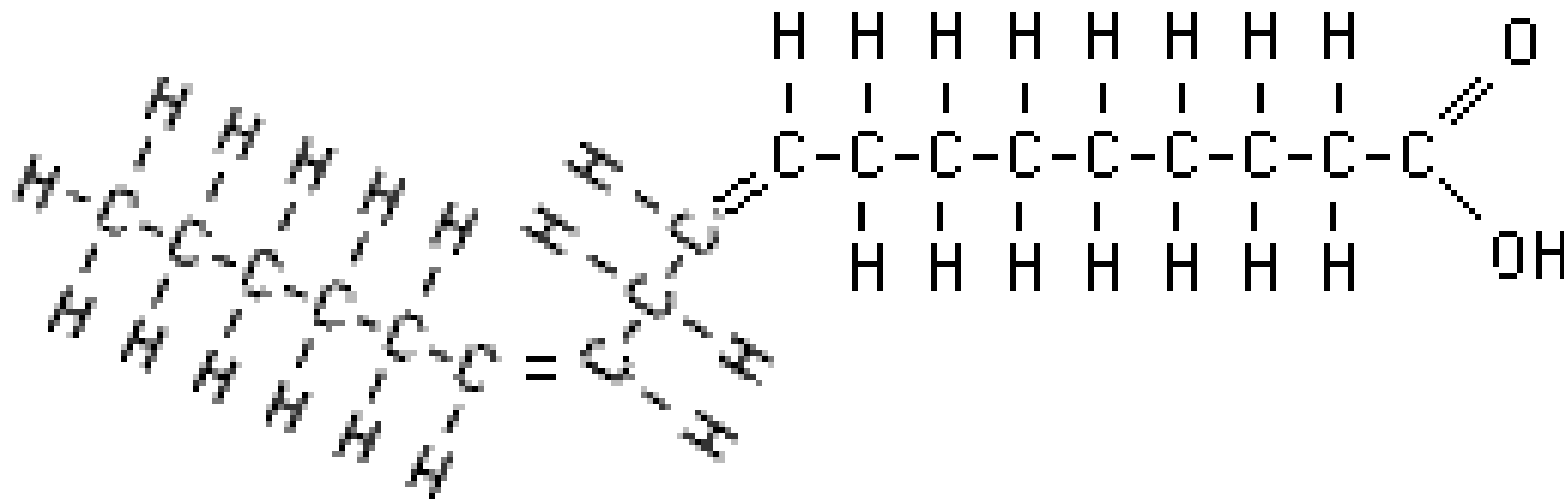
Essential features of a fatty acid

Nenasycená MK (mononenasycená)



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

Polynenasycená MK

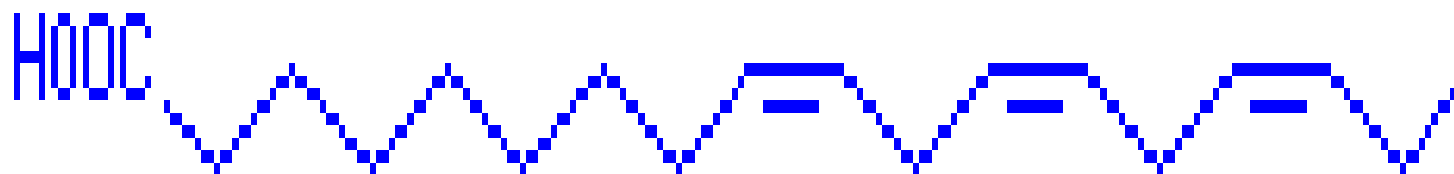
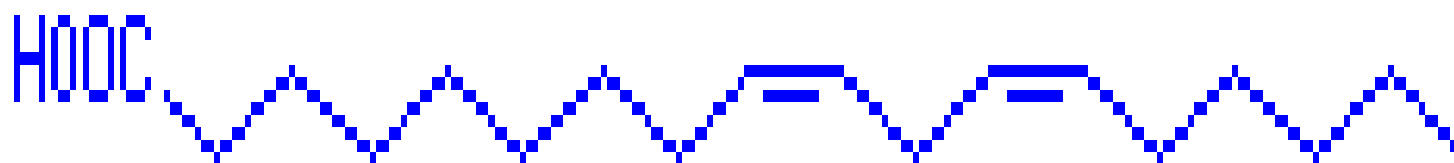


Linoleic acid, a polyunsaturated fatty acid.
Both double bonds are *cis*.

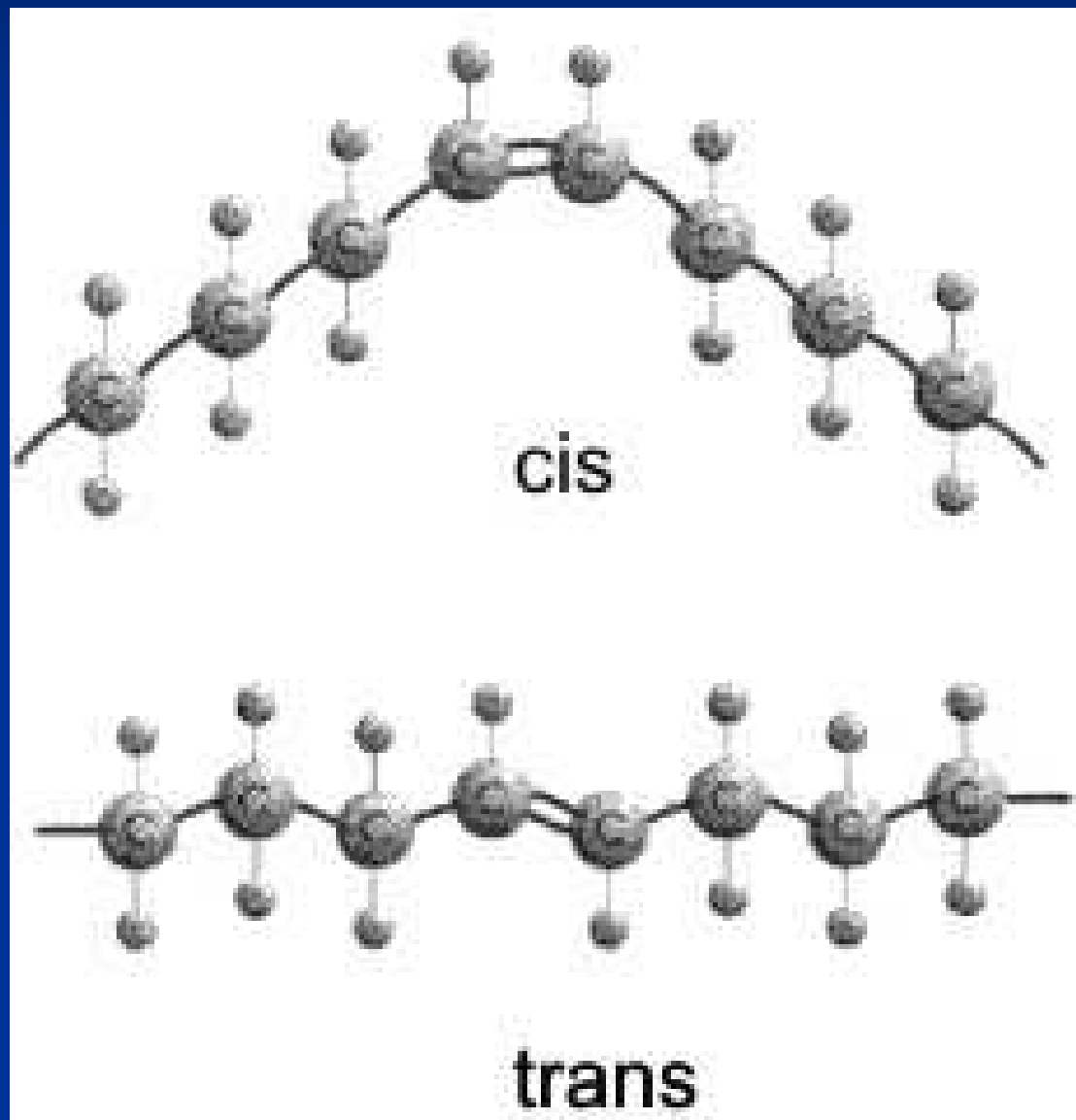
Dělení mastných kyselin $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$

- ❖ 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 dvojné vazby (PUFA)
 - n-3 (EPA, DHA, k. linolenová)
 - n-6 (k. linolová, k. arachidonová)

Umístění dvojné vazby



Trans a cis MK



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	ω -7	Ano
Olejová	18/1	ω -9	Ano
Linolová	18/2	ω -6	Ne
Arachidonová	20/4	ω -6	Ne
Linolenová	18/3	ω -3	Ne
Eicosapentaenová	20/5	ω -3	Ne
Docosahexaenová	22/6	ω -3	Ne

Mastné kyseliny

■ Nasycené MK

- podporují obezitu
- růst krevních lipidů - LDL chol

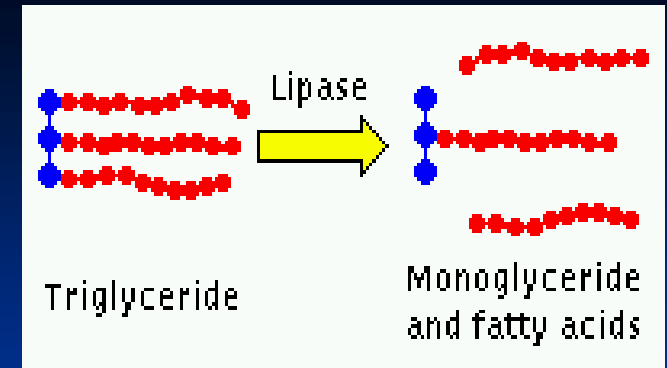
■ K.olejová

- 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 lipoperoxidace

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

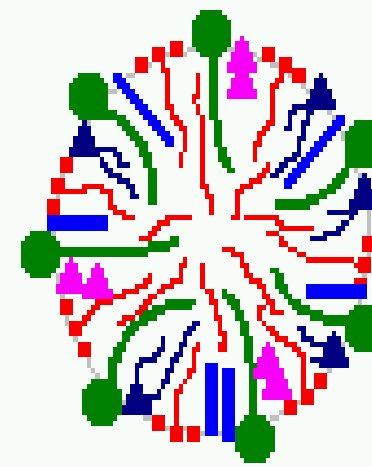
- Účel: zvětšení povrchu tukových částic, rozpouštějí a tím zlepšení působení enzymů, umožnění vstřebávání

■ Složení micel:

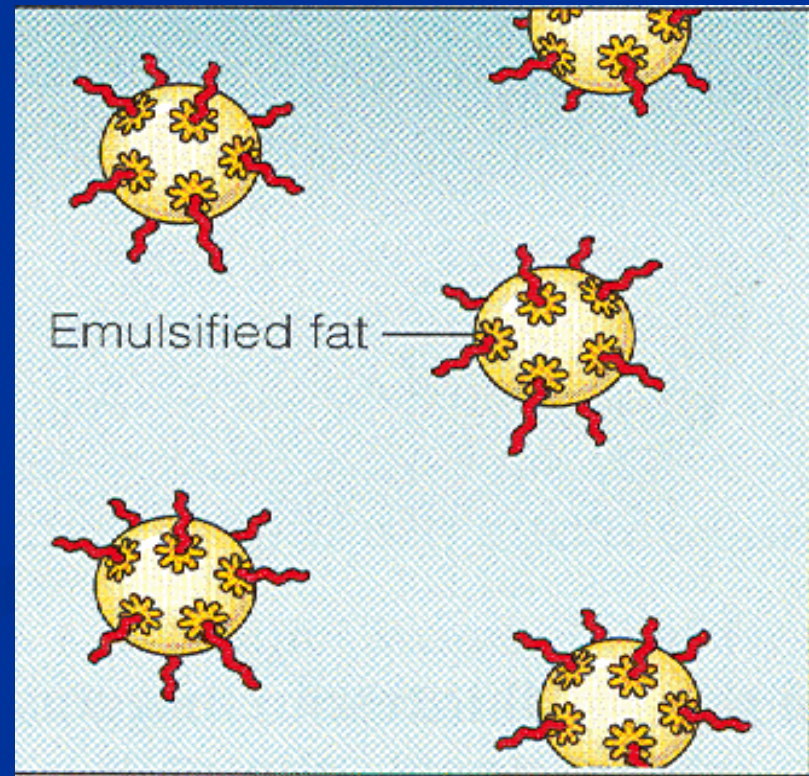
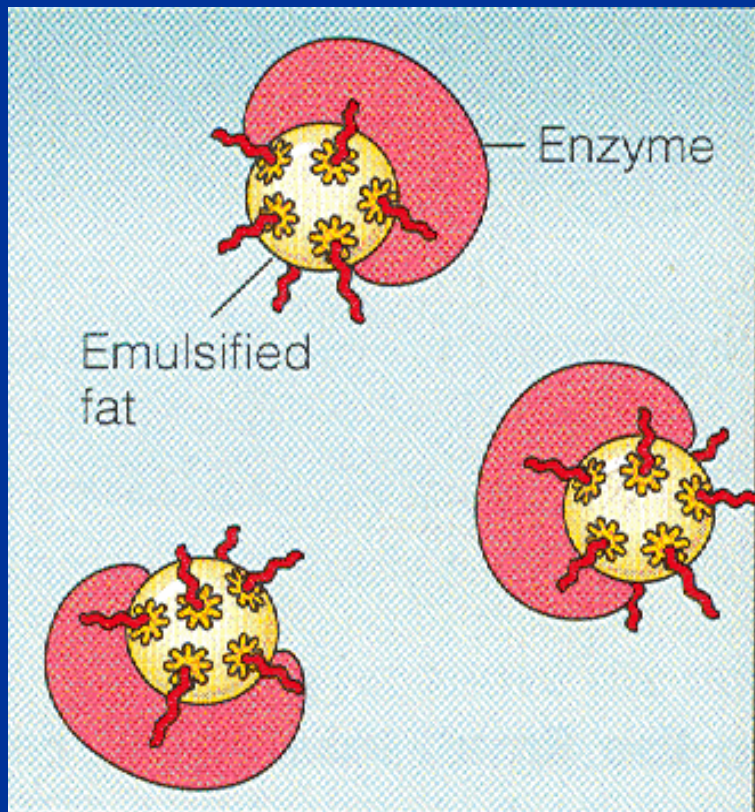
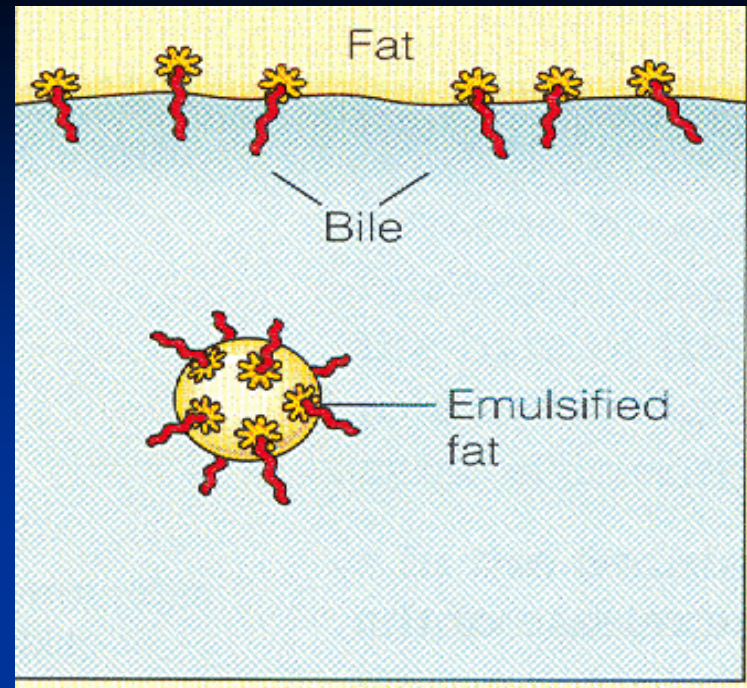
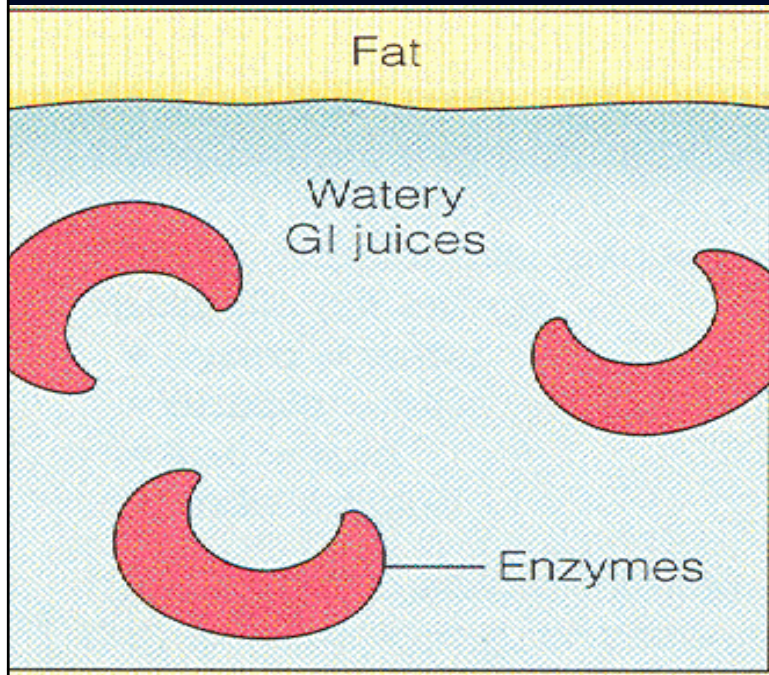
- Soli žlučových kyselin, monoacylglyceroly, lecitin, cholesterol, vitaminy rozpustné v tucích
- Polární oblast na povrchu molekuly X nepolární uvnitř (hydrofóbní)
 - => kapénky 200-5000 nm v průměru

- Mechanická emulgace tuků - motilita žaludku => malé kapičky tuku 1- 2 μm

- 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

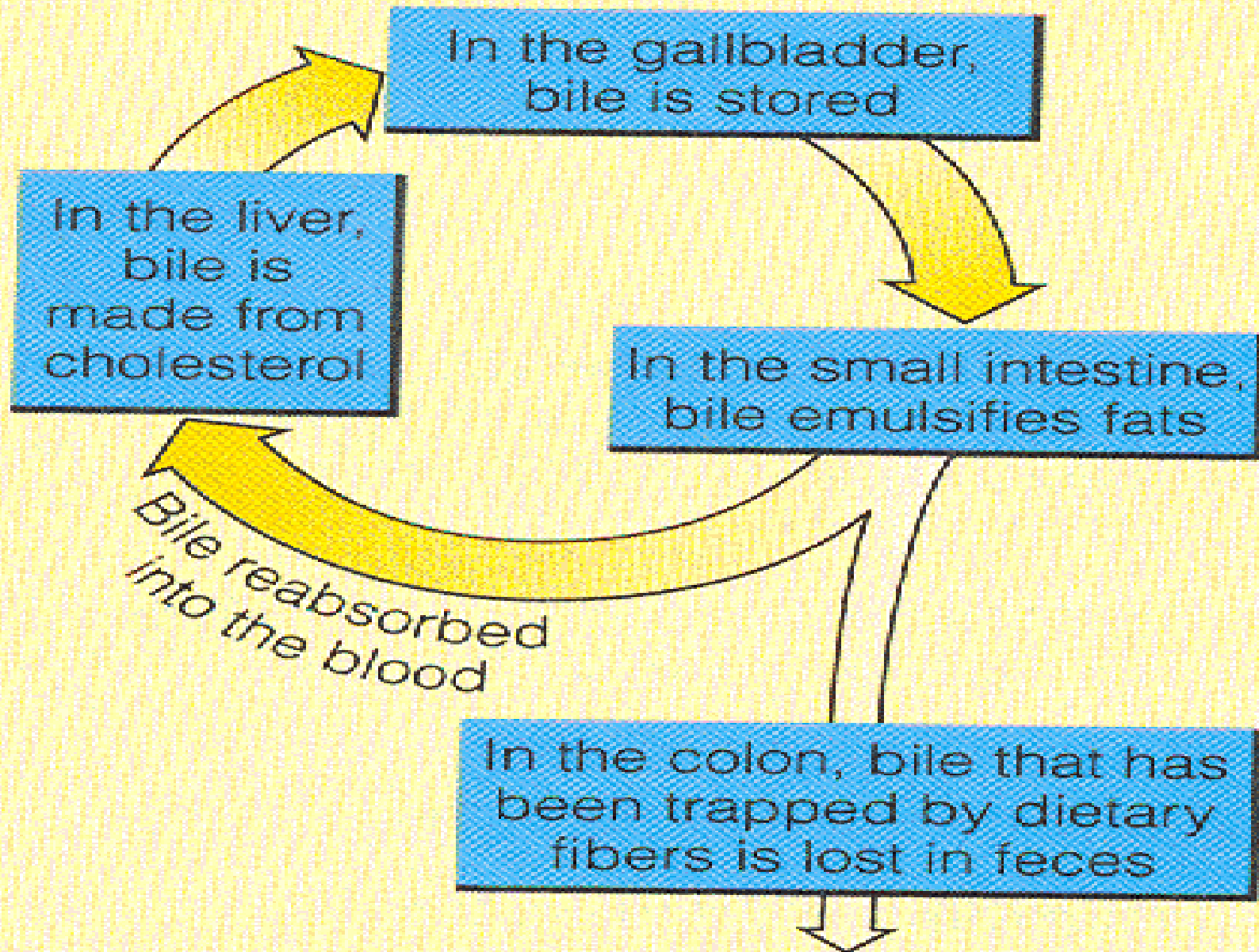
■ Soli žlučových kyselin

- 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



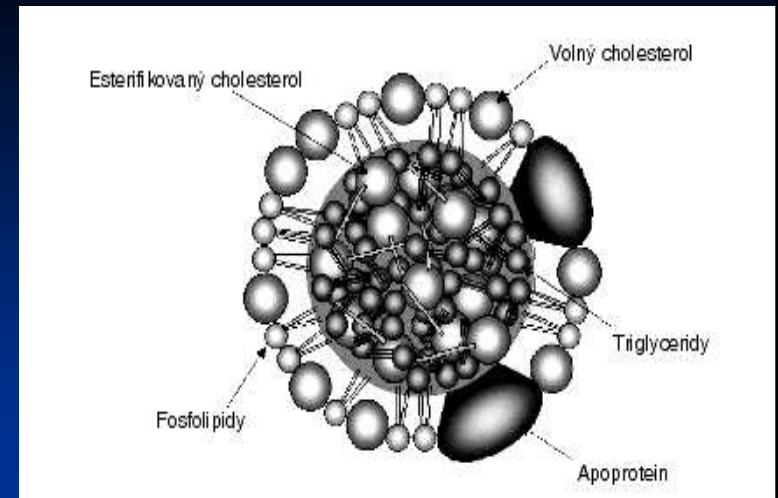
Vstřebávání tuků

- **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

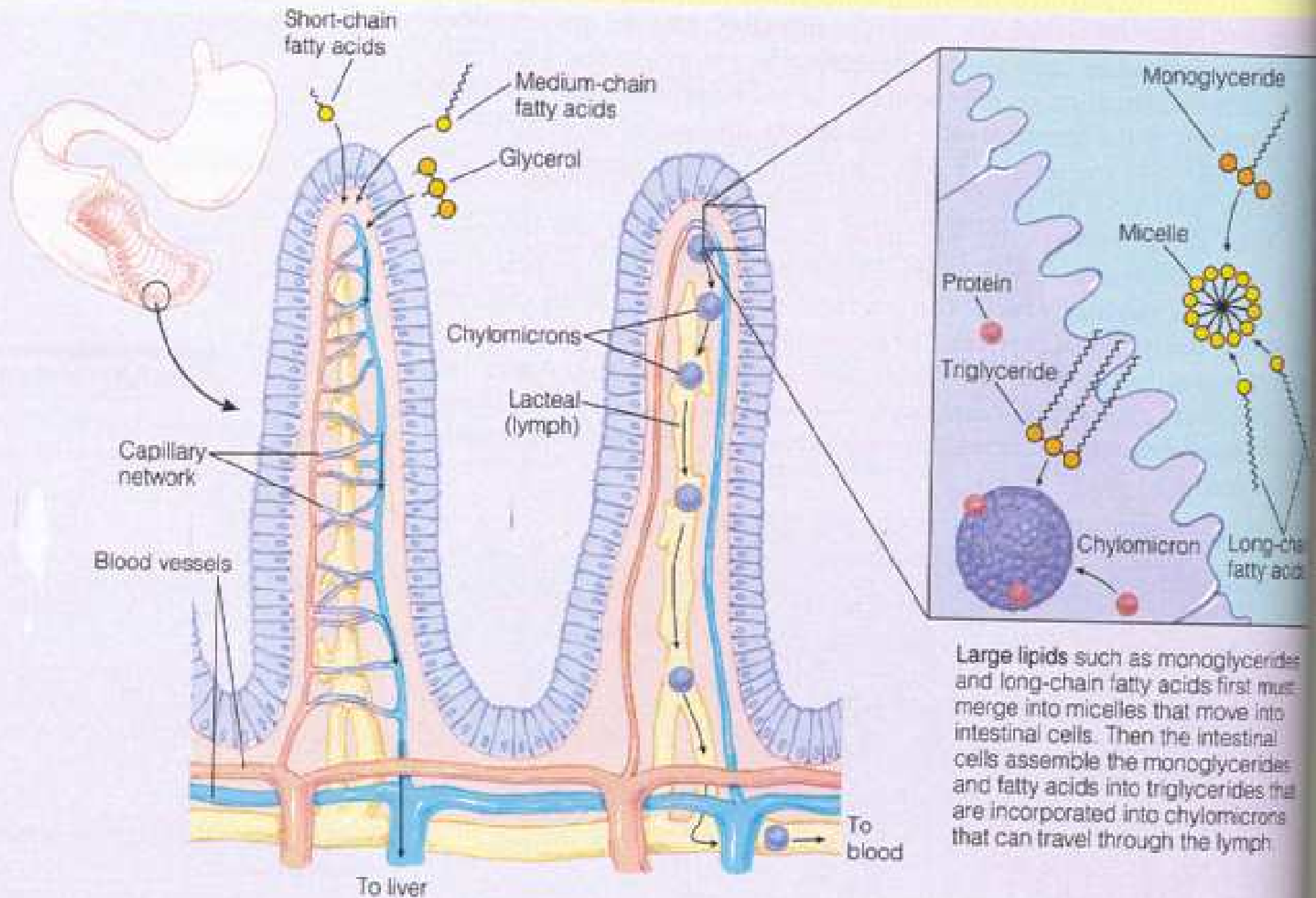


■ MK o delším řetězci

- Reesterifikace v enterocytech (triacylglycerol i část cholesterolu)

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

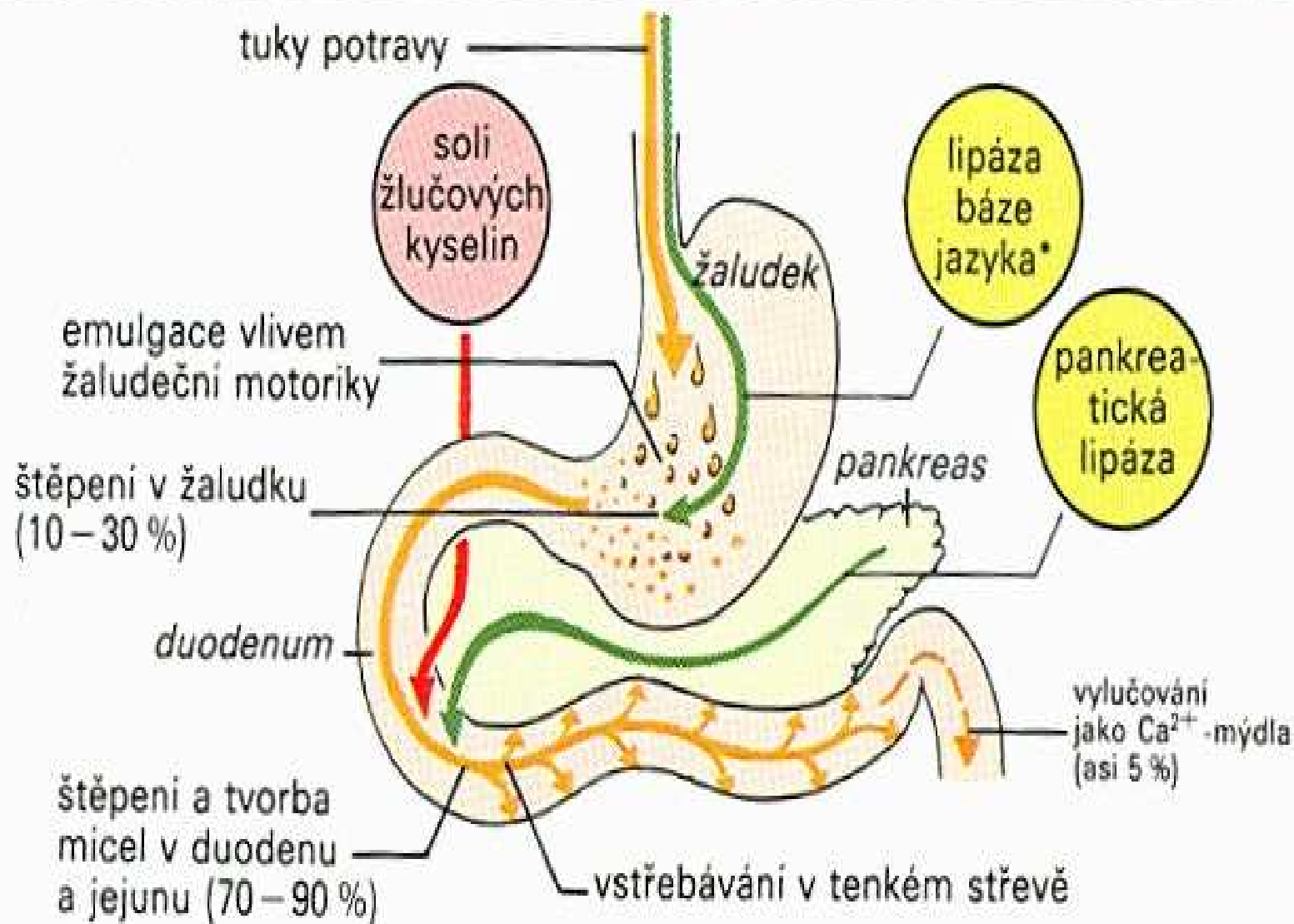
=> **lymfatické cévy => krevní řečiště**



Large lipids such as monoglycerides and long-chain fatty acids first must merge into micelles that move into intestinal cells. Then the intestinal cells assemble the monoglycerides and fatty acids into triglycerides that are incorporated into chylomicrons that can travel through the lymph.

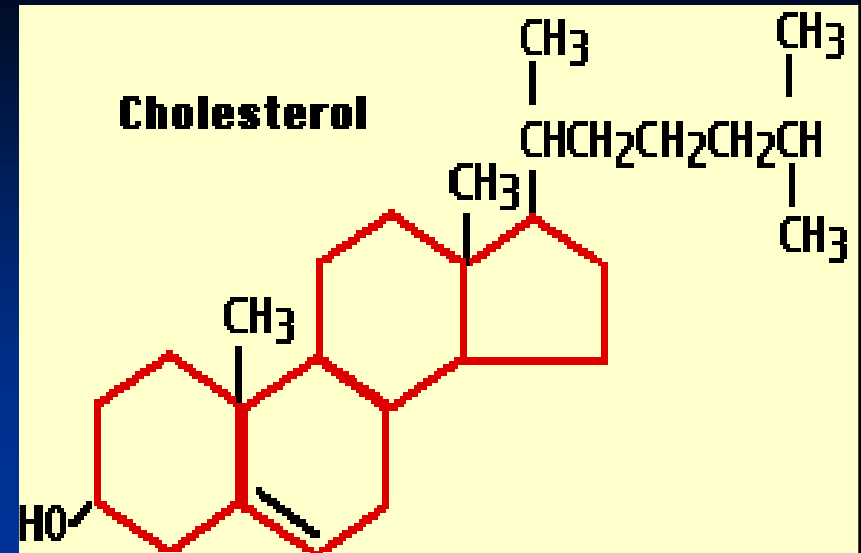
Glycerol and small lipids such as short- and medium-chain fatty acids can move directly into the bloodstream.

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 reduktáza (**3-HMGCoA**)
 - Aktivita enzymu - regulace dle zásob cholesterolu v buňce
 - $\hat{=}$ - deplece cholesterolu, $\hat{=}$ příjem energie, obezita
 - \downarrow - dostatečný přívod stravou



Cholesterol

■ Formy cholesterolu:

- Volný - hydrofilní
- Esterifikovaný (vazba MK na OH skupině) - hydrofóbní
 - Transportní a zásobní (hepatocyty) forma chol

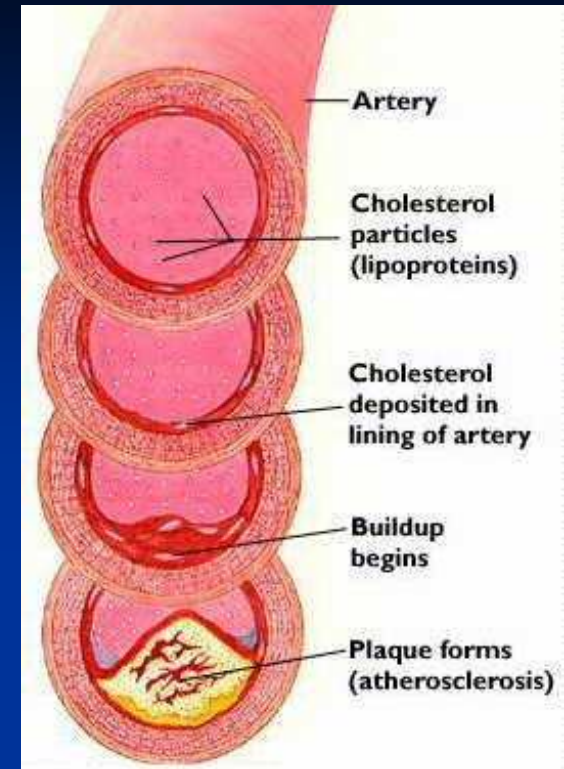
■ Hlavní biologické funkce:

- 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 ≤ 10 g (5%)
- K. linolenová ≤ 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 margarín, 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%

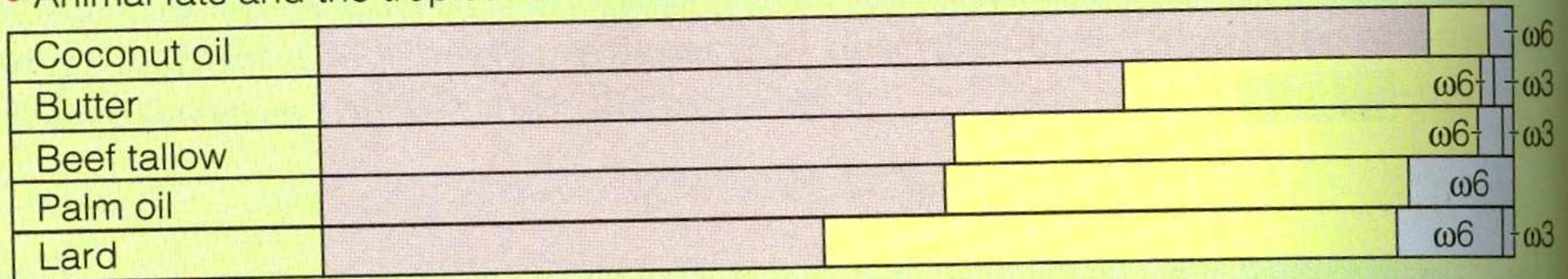
Obsah MK v jedlých tucích (%)

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

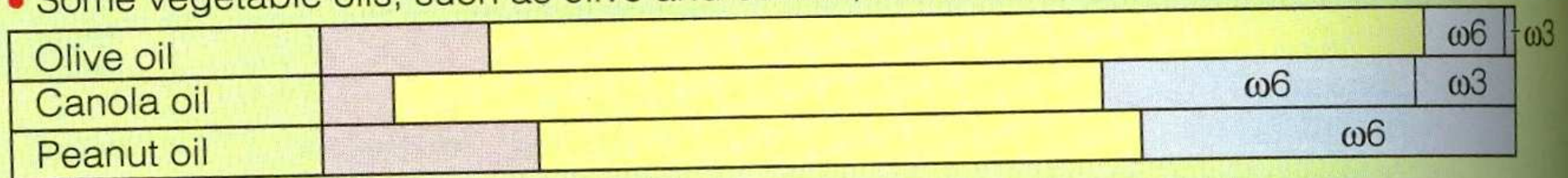
Zastoupení MK v tucích a olejích

Saturated fats
 Monounsaturated fats
 Polyunsaturated fats, ω 3 Linolenic acid, ω 6 Linoleic acid

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



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



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

