

● Mendelova  
● univerzita  
● v Brně  
●

● MENDELU  
● Agronomická  
● fakulta  
●

Lipidy

# Lipidy

Lipidy je heterogenní skupina látek **hydrofobního charakteru**. Mají relativní nerozpustnost ve vodě a dobrou rozpustnost v nepolárních rozpouštědlech (např. ethery, chloroform, benzen).

## Dělení podle funkce

1. zásobní – energetická zásoba organismu (např. semena, tukové buňky)
2. stavební – součást buněčných membrán
3. ochranné – ochrana listů (součást kutikuly), ochrana orgánů živočichů

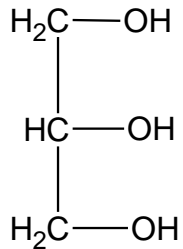
## Dělení podle chemického složení

1. Jednoduché
  - tuky (triacylglyceroly)
  - vosky
2. Složené
  - fosfolipidy (glycerolfosfolipidy, sfingolipidy)
  - glykolipidy (obsahují sacharid)
  - lipoproteiny
  - ostatní lipidy

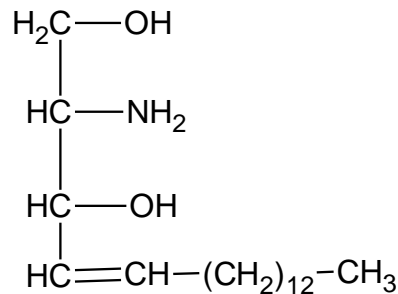
# Základní složky lipidů

Základními složkami lipidů jsou:

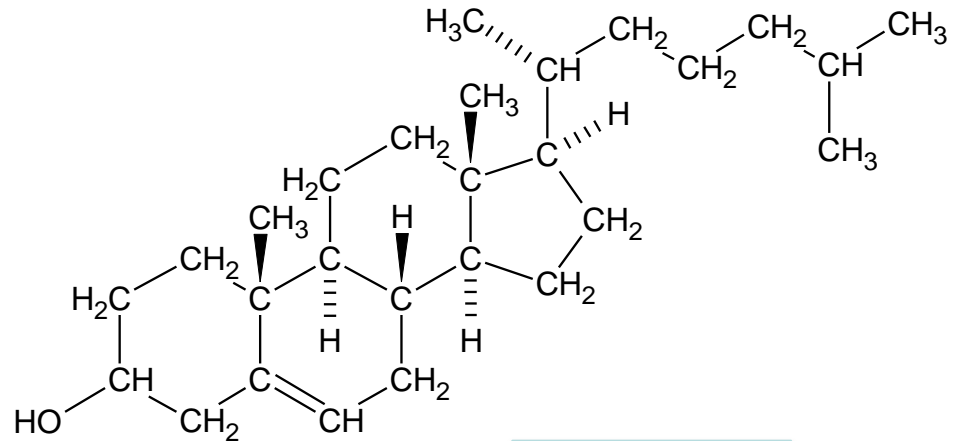
- monokarboxylové kyseliny, nasycené nebo nenasycené
- glycerol
- sfingosin
- kyselina trihydrogenfosforečná
- sacharidy (často D-glukosa, D-galaktosa, deriváty sacharidů)
- cholesterol



glycerol



sfingosin



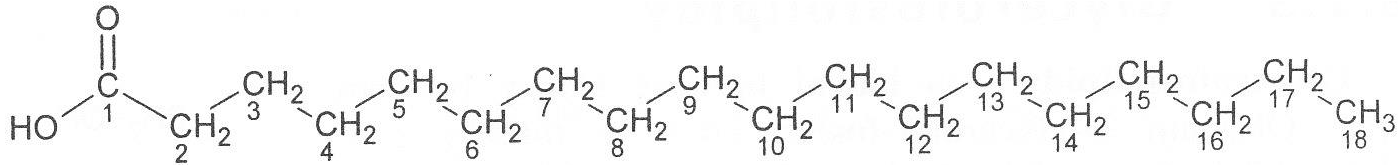
cholesterol

# Lipidy

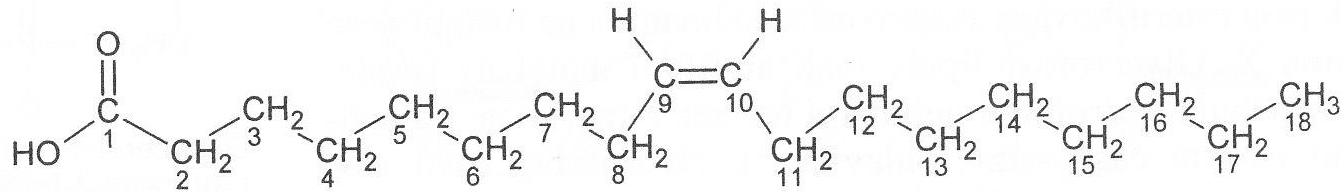
## Monokarboxylové kyseliny (lipoidní kyseliny)

- mají dlouhý řetězec (minimálně 10 atomů uhlíku), vzniklé biosyntesou mají sudý počet atomů uhlíku, řetězec je nerozvětvený
- jsou nasycené či nenasycené (monoenoové až polyenoové); dvojně vazby jsou izolované, prvá vychází většinou z C9, konfigurace substituentů na nich je *cis*-
- bod tání kyselin výrazně ovlivňuje konzistenci lipidů; je-li nízký (nenasycené kyseliny), potom je konzistence kapalná (oleje) – viz tabulky dále

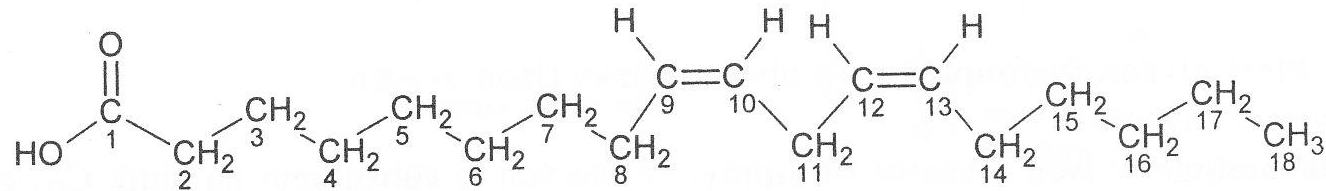
# Lipoidní kyseliny



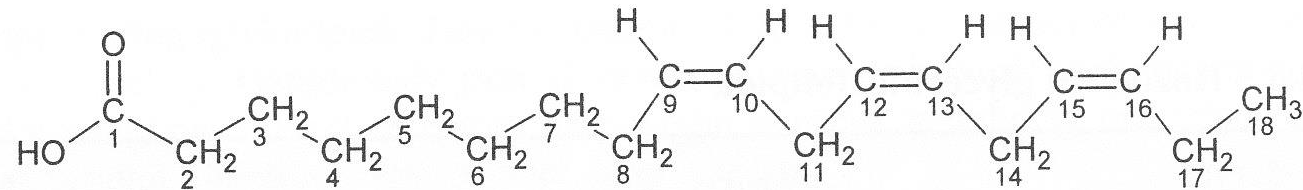
stearová kyselina



olejová kyselina



linolová kyselina



linolenová kyselina

# Lipoidní kyseliny

Symbol	název kyseliny*	vzorec	bod tání (°C)
12:0	laurová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	44,2
14:0	myristová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	52,0
16:0	palmitová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	63,1
18:0	stearová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	69,6
20:0	arachidová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	74,4
22:0	behenová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	81,0
24:0	lignocerová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$	84,2
26:0	cerotová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{24}\text{COOH}$	87**
28:0	montanová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{26}\text{COOH}$	91**

\* monokarboxylové, nasycené; \*\* přibližné hodnoty

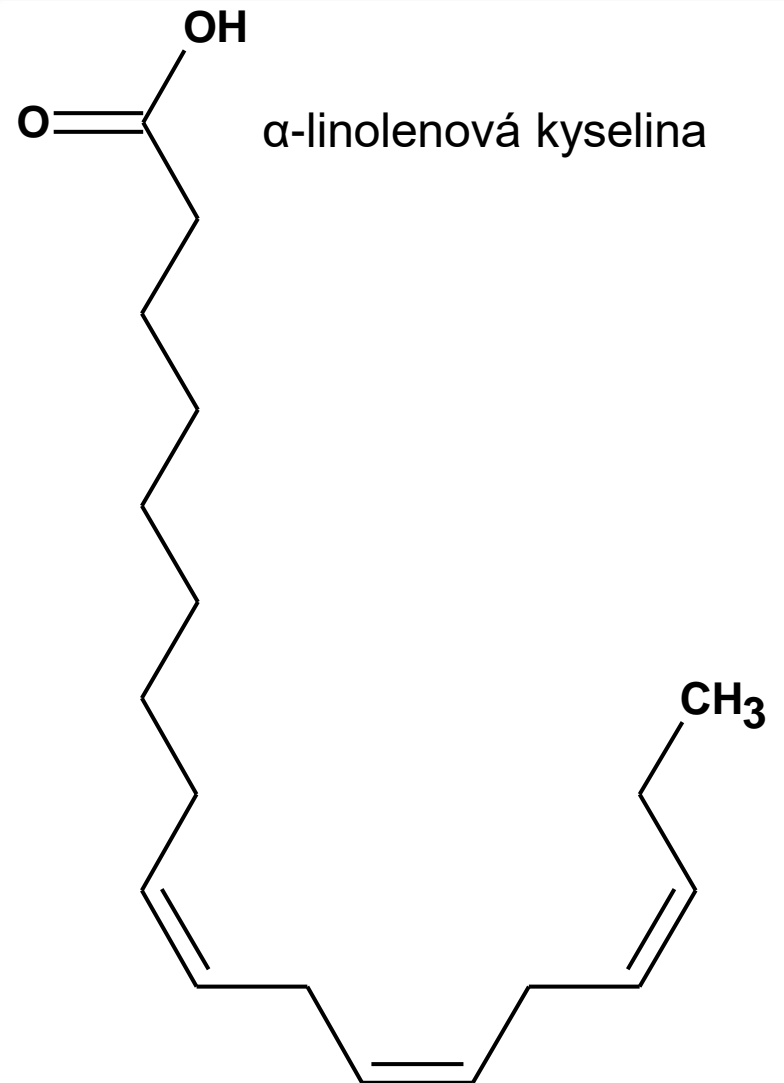
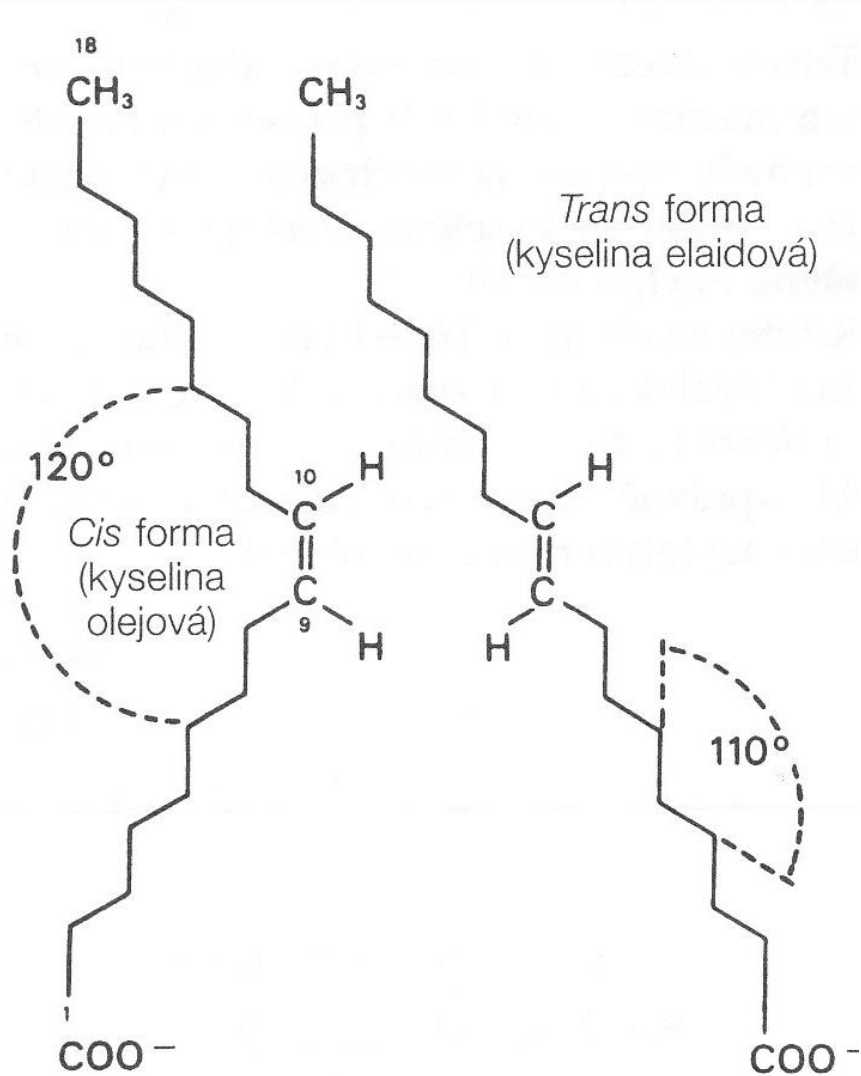
# Lipoidní kyseliny

Symbol	název kyseliny*	vzorec	bod tání (°C)
16:1	palmitoolejová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	-0,5
18:1	olejová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	13,4
18:2	linolová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	-9,0
18:3	$\alpha$ -linolenová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	-17,0
20:4	arachidonová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	-49,5
24:1	eruková	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$	33,8
26:1	nervonová	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{13}\text{COOH}$	39,0

\*monokarboxylové, nenasycené

U nenasycených monoenoových kyselin konfigurace *cis* odpovídá tvaru molekuly jako písmeno L (*trans* konfigurace vede k přímkové molekule). V případě více dvojných vazeb vytváří molekula kyseliny smyčky či tvar písmene U (viz další obrázek).

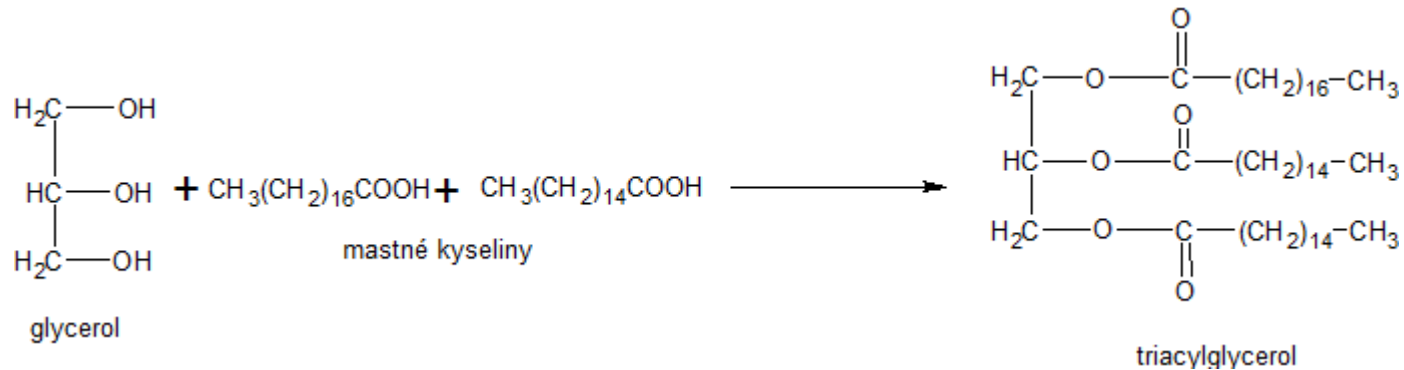
# Lipidy





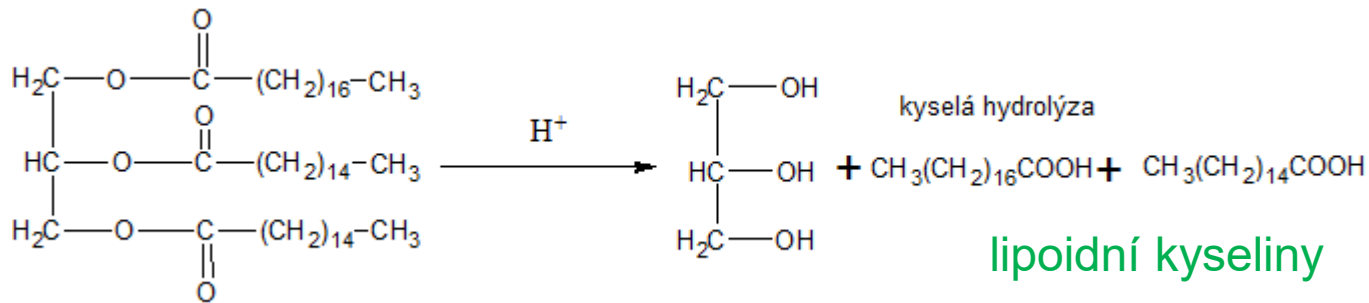
# Lipidy - tuky

Tuky jsou jednoduché lipidy tvořené **estery glycerolu a lipidní kyseliny**. označují se též acylglyceroly (i názvoslovně). U těchto esterů se na glycerolu rozlišují atomy uhlíku (čísluje se shora 1-3). Pokud převažují **lipidní kyseliny nasycené** (bod tání vyšší než laboratorní teplota; často palmitová a stearová), potom **jsou tuhé**, pokud převažují **nenasycené kyseliny** (bod tání nižší než laboratorní teplota; často olejová) potom jsou **tekuté – oleje**. Tuky jsou zásobní lipidy; u živočichů též ochranné, např. tepelná izolace organismu nebo orgánů, elektrická izolace nervových vláken.

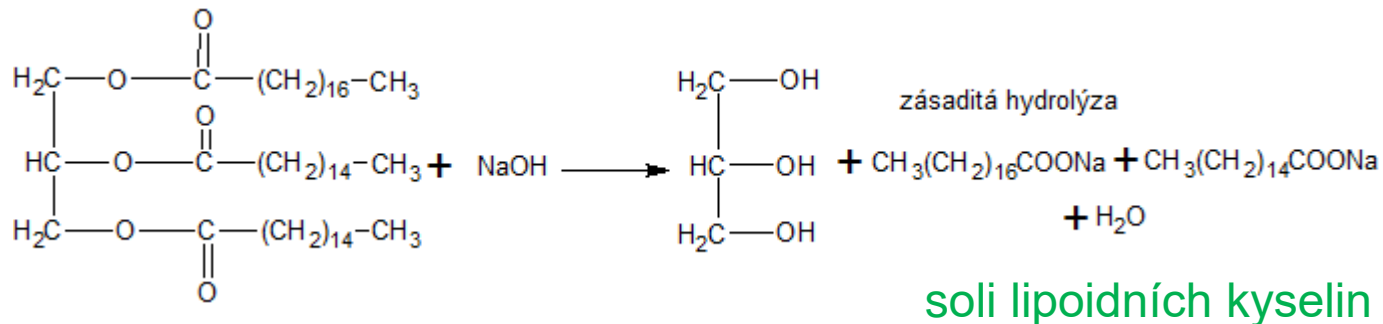


# Lipidy – kyselá a alkalická hydrolýza

## Kyselá hydrolýza



## Alkalická hydrolýza



# Lipidy - vosky

Vosky jsou **estery lipoidních nasycených kyselin (C16 – C30) a jednofunkčních alkoholů s dlouhým řetězcem** (např. C16: cetanol, C26: ceranol, C30: myricinol).

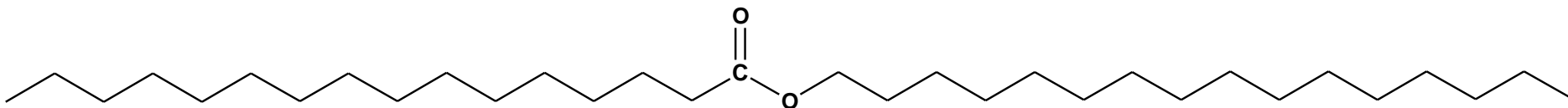
Významnou skupinou jsou etolidy, což jsou intermolekulární estery hydroxykyselin: např. sabinové (hydroxylaurové), juniperové (hydroxypalmitové). Etolidy se účastní tvorby kutikul listů a jehlic.

Vosky tvoří dlouhé řetězce s amorfní strukturou, nerozpustné ve vodě.

Do této skupiny látek patří např.:

živočišné vosky: včelí vosk, vorvaňovina

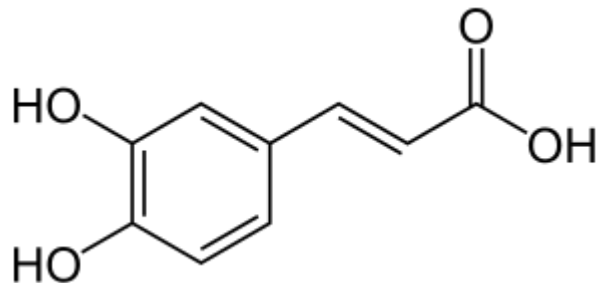
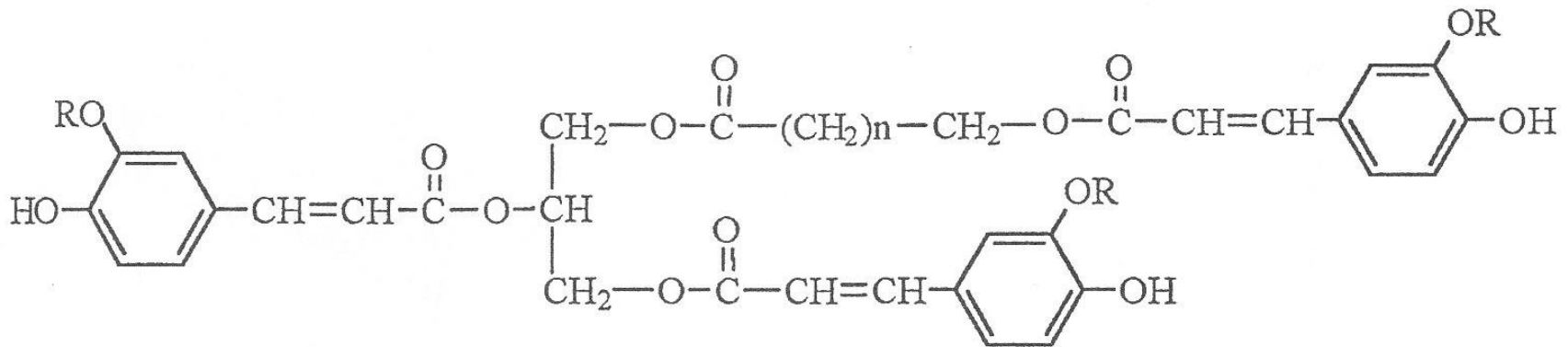
rostlinné vosky: čínský vosk (*Fraxinus chinensis* – jasan čínský), karnaubský vosk (*Corpenicia cerifera* – korpenicie voskonosná), šelakový vosk



cetylpalmitát

# Lipidy – acylglyceroly fenolických kyselin

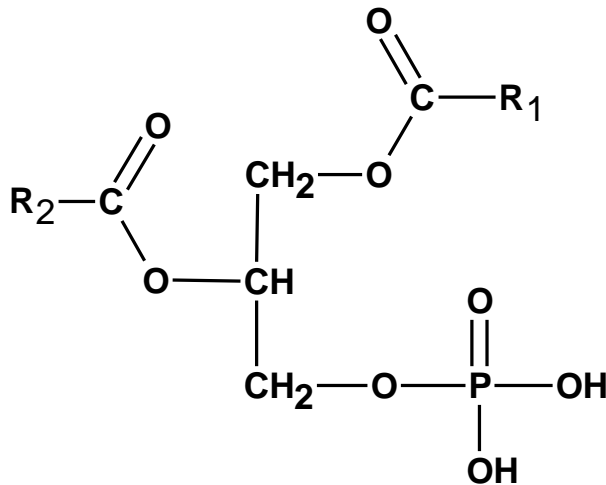
Acylglyceroly v rostlinách mohou obsahovat též kyselinu kávovou a její deriváty. Jsou obsaženy v rostlinných olejích, mají antioxidační účinky. Tyto acylglyceroly jsou ukázkou propojení metabolismu lipidů a fenolických látek.



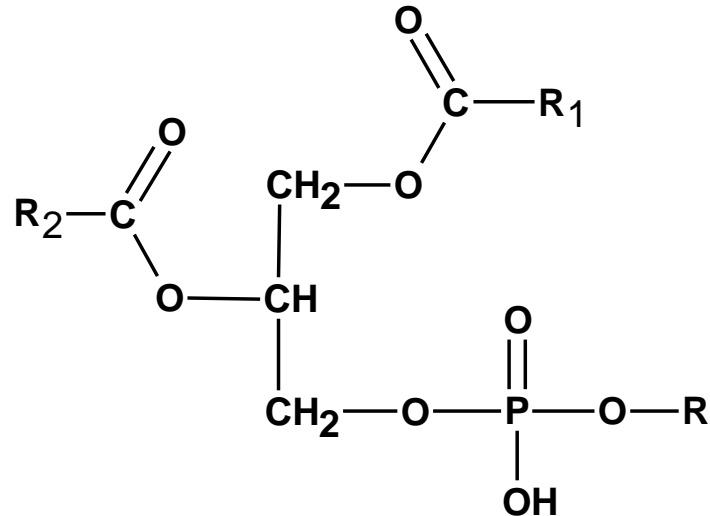
**Kyselina kávová** - v malém množství (0,03 mg/100 ml) v kávě. Je jedním z hlavních přírodních fenolů v arganovém oleji. Ve velkých množstvích v mateřídoušce, šalvěji lékařské, máté klasné, skořici cejlonské (kolem 20 mg/100 g). Velmi velká množství se nacházejí v aronii černoplodé (1418 mg/100 g)

# Fosfolipidy - glycerolfosfolipidy

## Glycerolfosfolipidy



fosfatidová kyselina

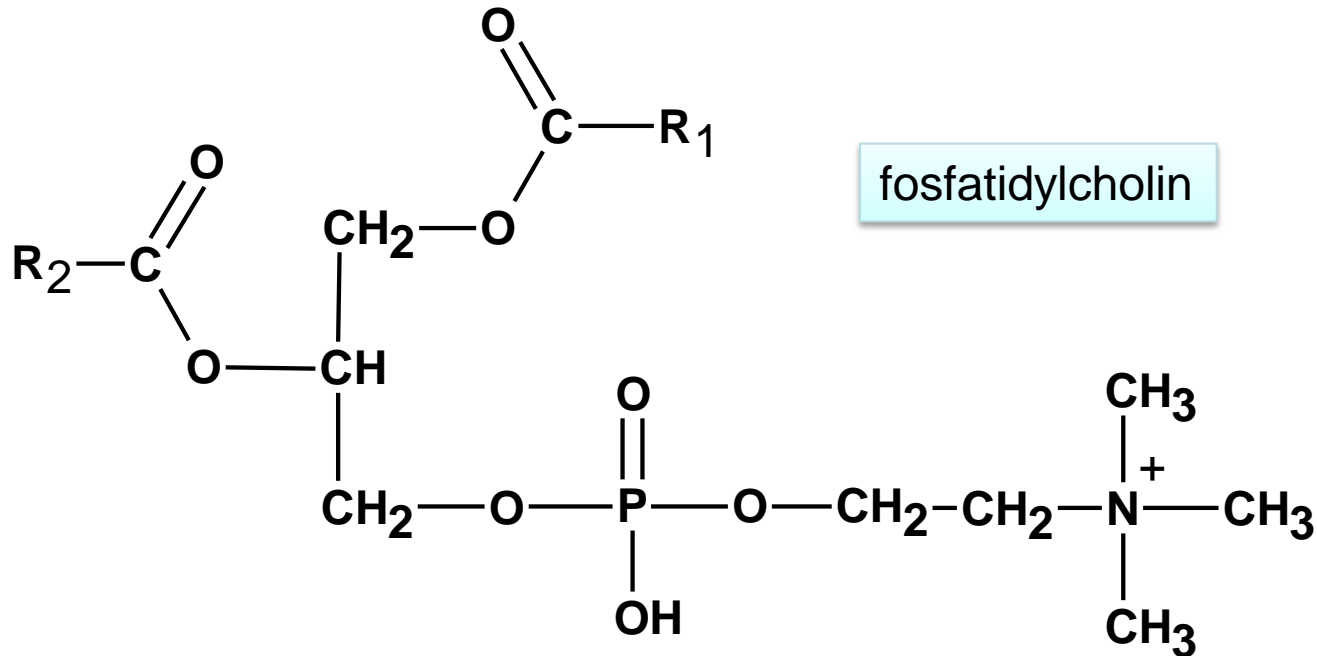


ester fosfatidové kyseliny

Glycerolfosfolipidy jsou hlavní lipidové **složky biomembrán**. Skládají se z L-glycerolu esterifikovaného na C1 a C2 běžnou lipidní kyselinou (často na C1 nasycenou, na C2 nenasycenou), na C3 pak kyselinou trihydrogenfosforečnou (fosfatidová kyselina), která může být dále esterifikována, např. **cholinem**, **serinem**, **ethanolaminem**.

# Fosfolipidy - glycerolfosfolipidy

## Glycerolfosfolipidy - lecithiny

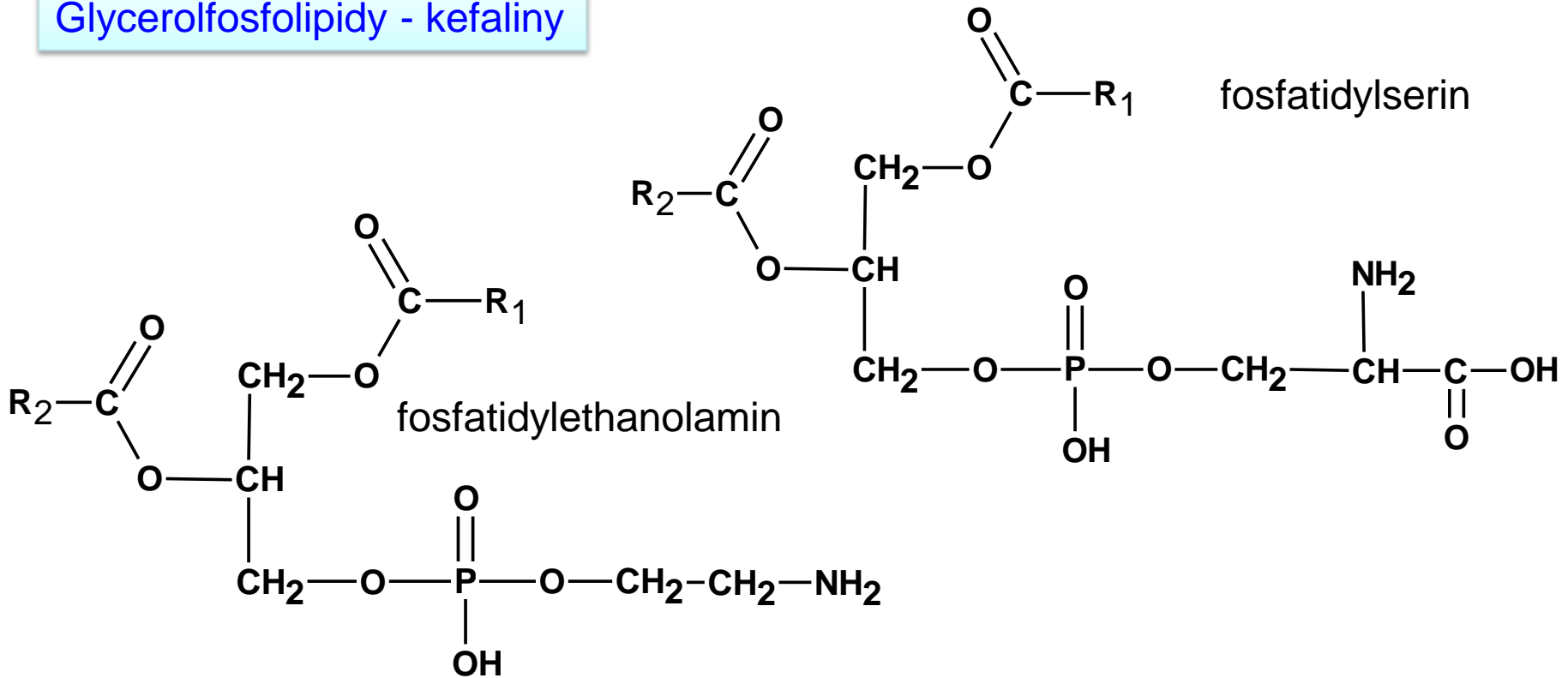


Lecithiny obsahují **cholin** (2-hydroxyethyltrimethylamoniumchlorid), který svojí hydroxylovou skupinou esterifikuje kyselinu fosforečnou.

Nachází se ve vaječných žloutcích a semenech rostlin (sojové boby), je součástí buněčných membrán. Lecitin dovoluje emulgovat (smíchat) tuky a vodu a je tedy důležitým přírodním tenzidem (emulgátorem) pro potraviny a krmivo. V Evropské unii je lecitin povolen jako přídatná látka do potravin (E 322).

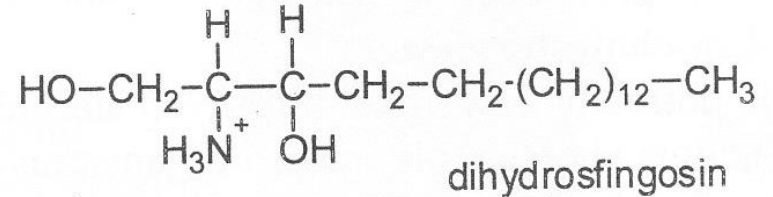
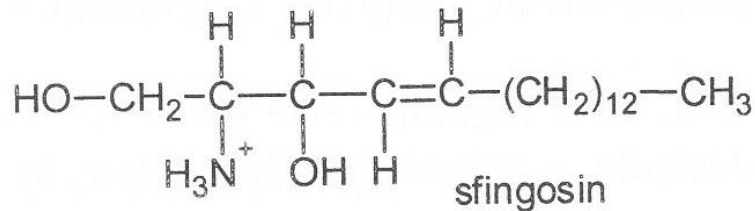
# Fosfolipidy - glycerolfosfolipidy

## Glycerolfosfolipidy - kefaliny



Kefaliny obsahují **ethanolamin nebo serin**, které svojí hydroxylovou skupinou esterifikují kyselinu fosforečnou.

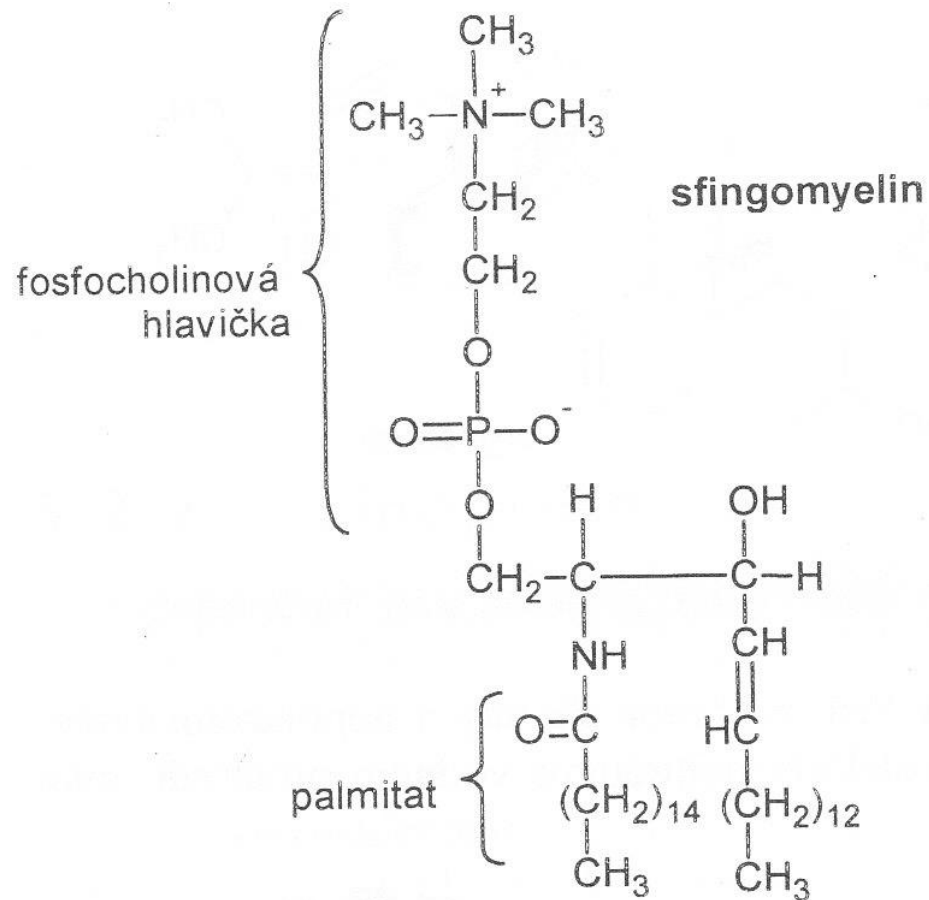
# Fosfolipidy - sfingomyeliny



Ve sfingomyelinech je na koncovou hydroxylovou skupinu **sfingosinu** esterově vázaná **kyselina trihydrogenfosforečná**, na kterou je dále esterově vázán **cholin**. Lipoidní kyselina je na sfingosin vázána amidovou vazbou. Jsou to typické lipidy biomembrán.



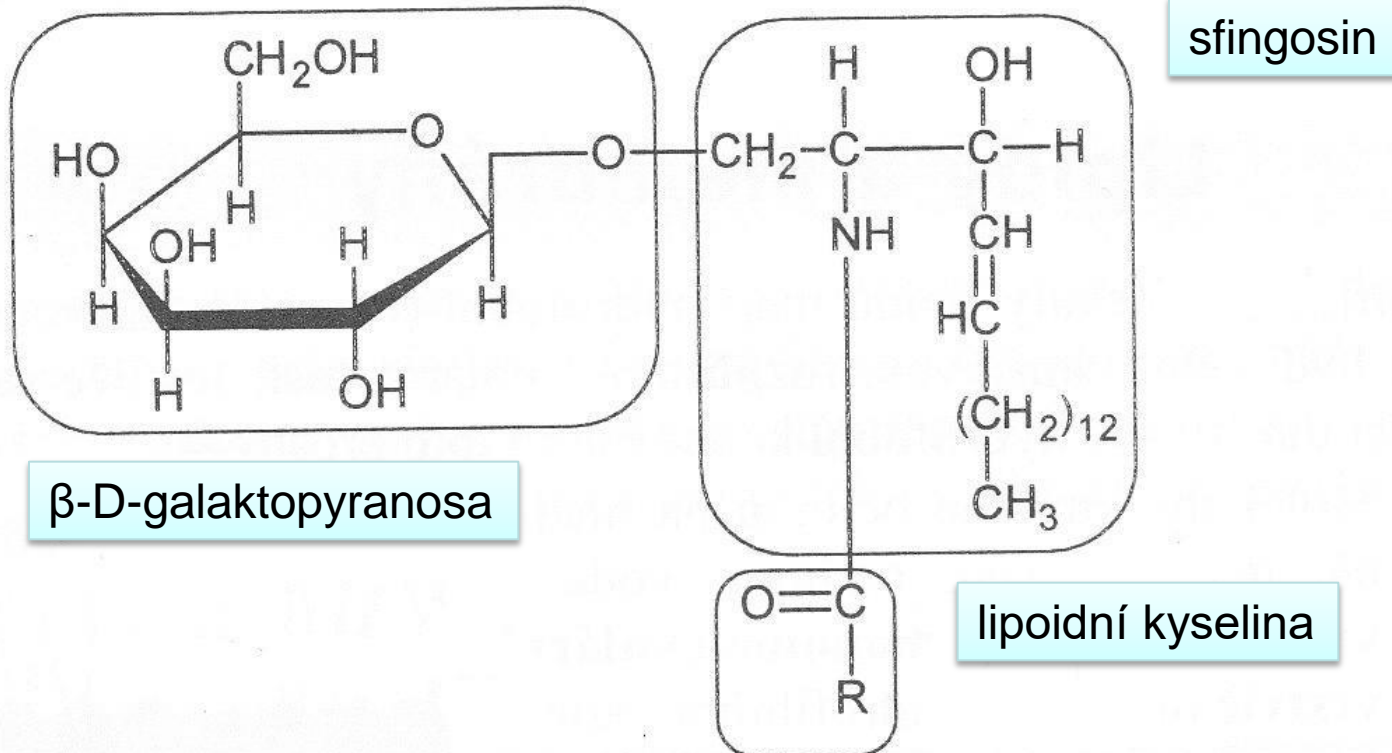
# Fosfolipidy - sfingomyeliny





# Glykolipidy - cerebrosidy

Cerebrosidy obsahují strukturu ceramidu, na kterou je O-glykosidickou vazbou vázán sacharid. V nervových tkáních se vyskytují galaktocerebrosidy, které obsahují  $\beta$ -D-galaktopyranosu, v jiných tkáních glukocerebrosidy (s  $\beta$ -D-glukopyranosou).

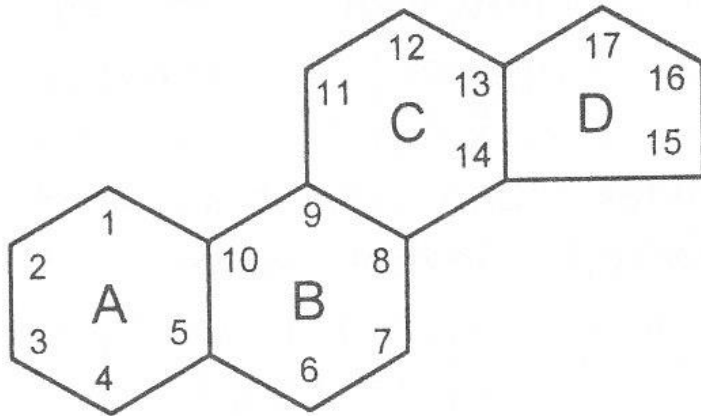


# Glykolipidy - gangliosidy

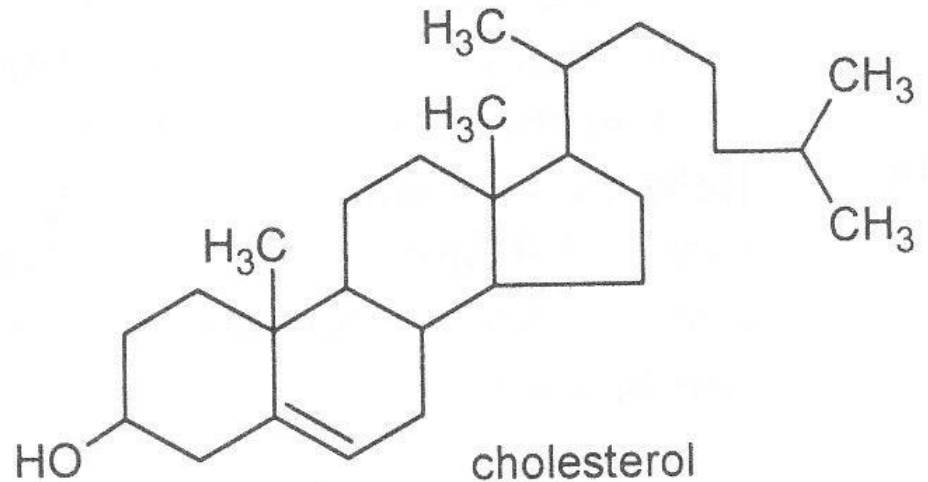
Gangliosidy jsou nejsložitější skupinou glykolipidů. Jsou to **ceramid – oligosacharidy** obsahující od sacharidů odvozenou sialovou kyselinu. Jsou složkami vnějších povrchů buněčných membrán, např. v mozku. Ze sacharidů obsahují cyklické formy D-glukosy a D-galaktosy a jejich deoxy-amino-derivátů. Sacharidická složka je důležitý receptor hormonů, je též schopná vázat některé toxiny.



# Lipoproteiny



cyklopentanperhydrofenanthren



cholesterol

Lipoproteiny obsahují **estery steroidního alkoholu cholesterolu**, což je derivát triterpenů. Dále obsahují **triacylglyceroly a polární fosfolipidy, na které jsou vázány proteiny**. Lipoproteiny jsou makromolekulární látky, u nichž lipid tvoří **jádro makromolekuly a hydratované proteiny její obal**. Takováto struktura umožňuje jejich dispergaci ve vodním prostředí a usnadňuje jejich transport. Vyskytují se převážně v živočišném organismu.

# Lipoproteiny

Lipoproteiny krevního séra se dělí dle své hustoty. Čím více obsahují lipidů, tím je jejich hustota nižší. Čím je jejich hustota nižší, tím je stabilita celé částice menší, takže snadno dochází k roztržení proteinového obalu a uvolnění lipidické části. Ta je nerozpustná a snadno se usazuje v cévách. Lipoproteiny s nízkou hustotou (do  $1035 \text{ g l}^{-1}$ ) přenášejí lipidy ze střev do tkání, s vysokou hustotou (nad  $1090 \text{ g l}^{-1}$ ) z tkání do krve. U člověka z hlediska zdravotního je rizikový zvýšený obsah LDL, neboť tyto lipoproteiny se snadno rozpadají a mohou se usazovat na stěnách cév, což snižuje jejich účinný průřez pro tok krve. Následkem je zvýšení krevního tlaku až plné ucpání cévy, což dle místa (orgánu) může vést k mrtvici či infarktu. Naopak vyšší obsah HDL je zdravotně v pořádku, mimo jiné svědčí o schopnosti jedince konat ve zvýšené míře vytrvalostní práci.