



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



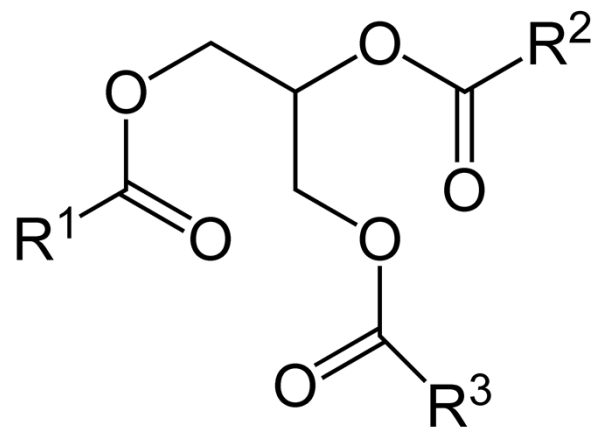
OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

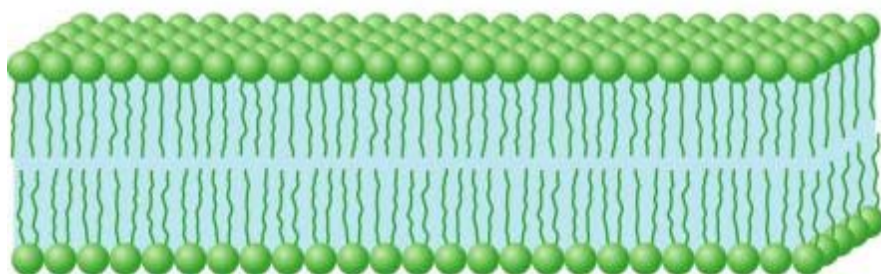
# PŘÍRODNÍ LÁTKY

## LIPIDY

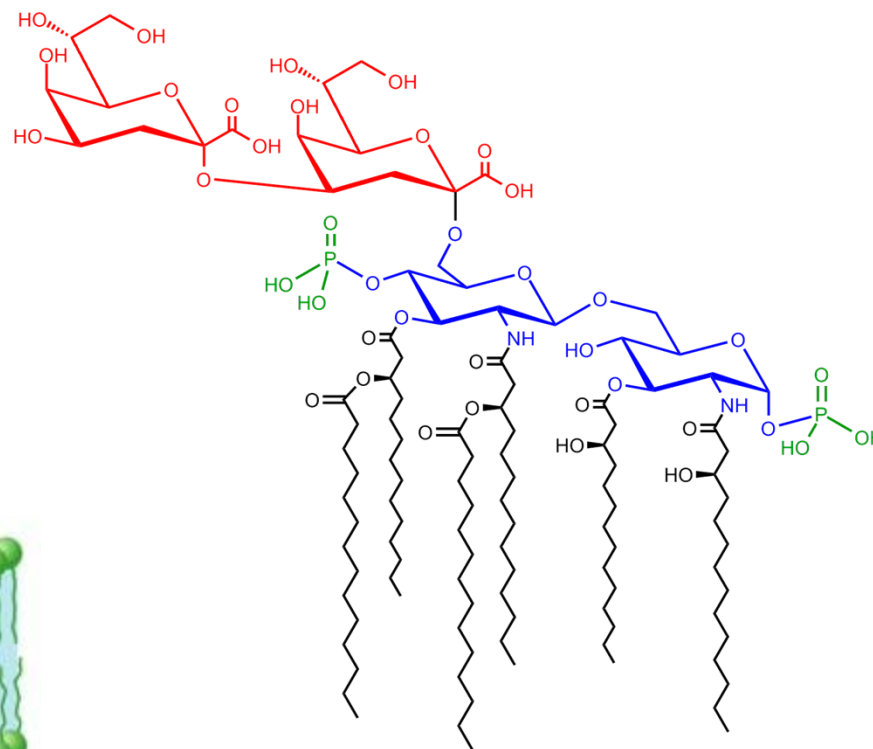
# Lipidy



triacylglycerol - obecně



lipidová dvojvrstva



glykolipid - lipid A (*Escherichia Coli*)

převzato: <http://en.wikipedia.org/wiki/Lipid>

# Lipidy

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

Dle funkce se dělí na:

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

Dle chemického složení se dělí na:

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



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Lipidy – základní složky

Základními složkami lipidů jsou:

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

**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 (monoenové až polyenové); dvojné vazby jsou izolované, první vychází většinou z C9, konfigurace substituentů na nich je *cis*
- bod tání kyselin výrazně ovlivňuje konsistenci lipidů; je-li nízký (nenasycené kyseliny), potom je konsistence kapalná (oleje) – viz tabulky dále



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

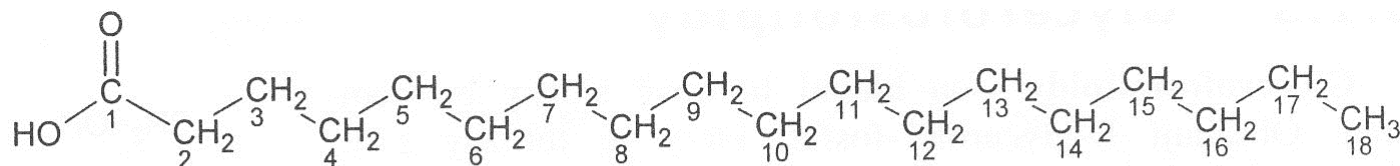


OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

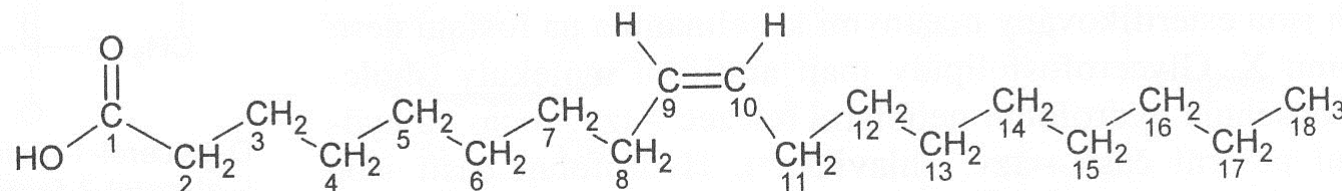
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Přírodní látky - lipidy**

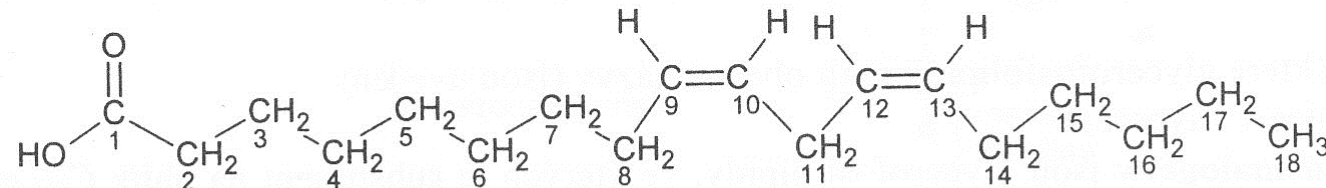
# Časté lipoidní kyseliny



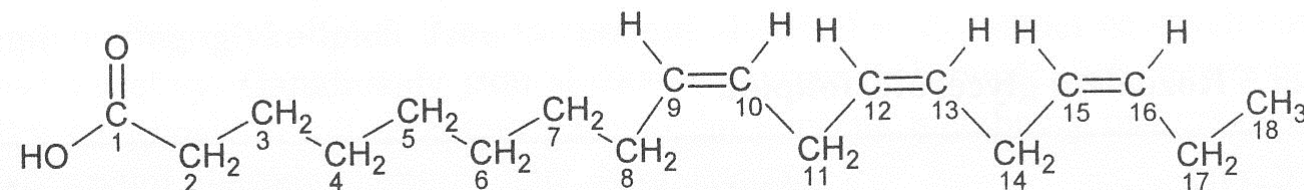
stearová kyselina



olejová kyselina



linolová kyselina



linolenová kyselina

# Lipoidní kyseliny - nasycené

| 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 |                 |                                            |               |

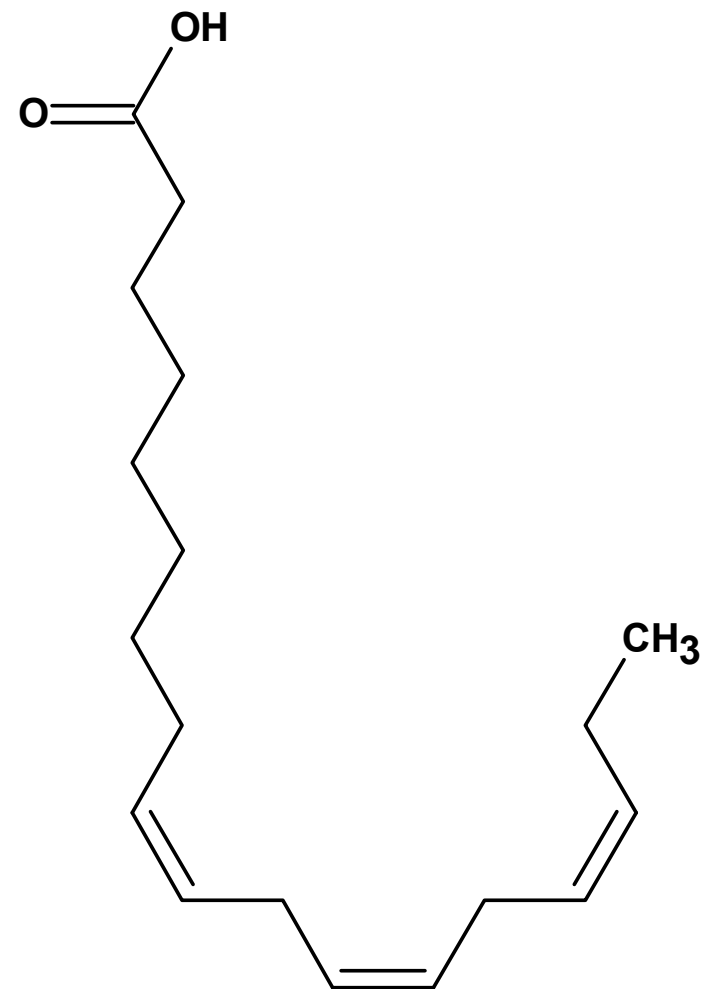
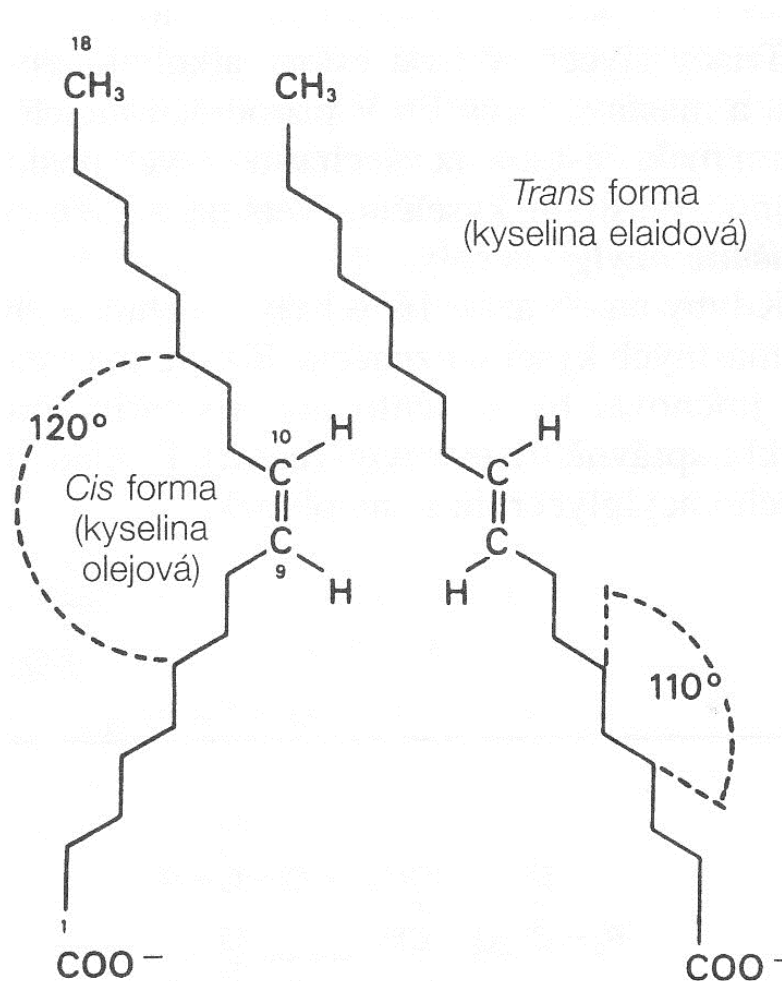
Uhlíkový řetězec nasycených lipoidních kyselin je při nižší teplotě pravidelně lomený (cik – cak), při vyšší teplotě nastává rotace podle některých vazeb C-C, řetězec se „zkracuje“.

# Lipoidní kyseliny - nenasycené

| 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).

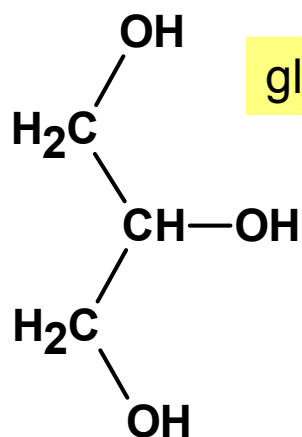
# Lipoidní kyseliny - nenasycené



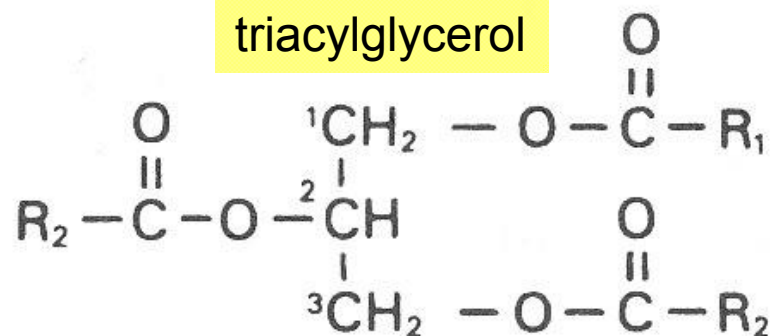


# Lipidy jednoduché - tuky

Tuky jsou jednoduché lipidy tvořené estery glycerolu a lipoidní kyseliny. označují se též acylglyceroly (i názvoslovně). U těchto esterů se na glycerolu rozlišují atomy uhlíku (čísluje se shora 1-3). Pokud převažují lipoidní 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.



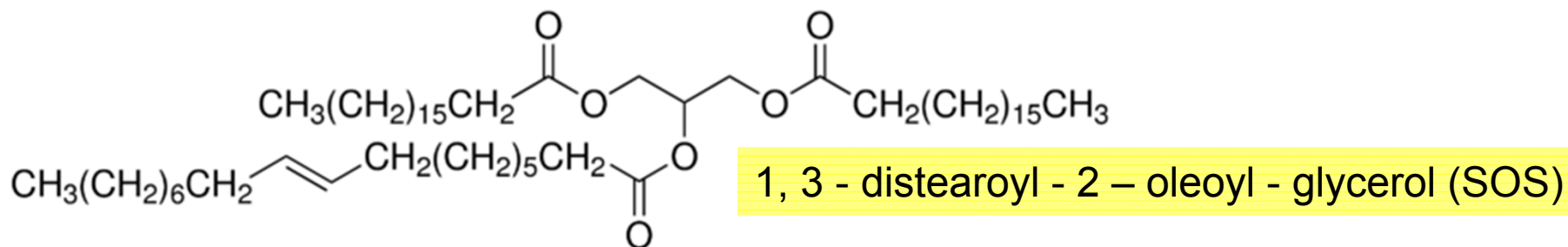
glycerol



triacylglycerol

# Lipidy jednoduché – příklady tuků

Mango obsahuje hlavně palmitovou (16:0), stearovou (18:0), olejovou (18:1) a linolovou (18:2) kyselinu, všechny vázané esterovou vazbou s glycerolem.



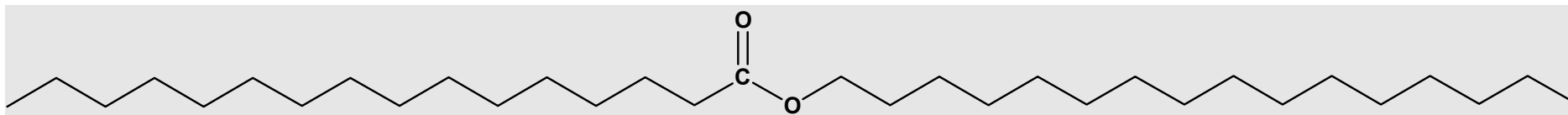
# Lipidy jednoduché - vosky

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 intermolekulární estery hydroxykyselin: např. sabinové (hydroxylaurové), juniperové (hydroxypalmitové). Etolidy se účastní tvorby kutikul listů a jehlic. Vosky tvoří dlouhé řetězce s amorní strukturou, nerozpustné ve vodě.

Do této skupiny látek patří např.:

živočišné vosky: včelí vosk, vorvaňovina

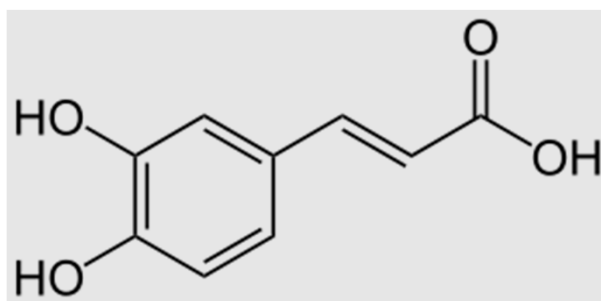
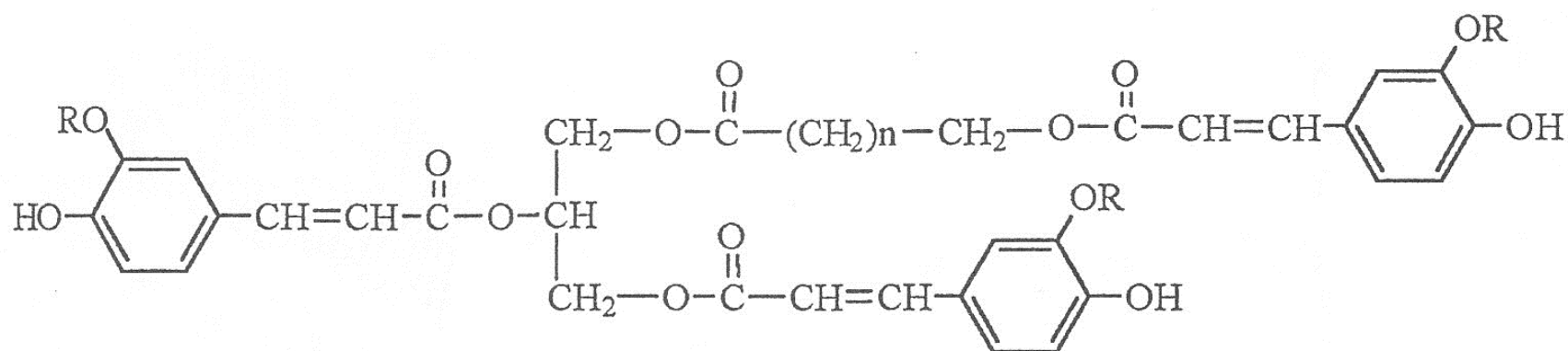
rostlinné vosky: čínský vosk (*Fraxinus chinensis* – jasan čínský), karnaubský vosk (*Corpenicia cerifera* – korpenicie voskonosná), šelakový vosk



cetylpalmitát

# Lipidy – acylglyceroly fenolických kyselin

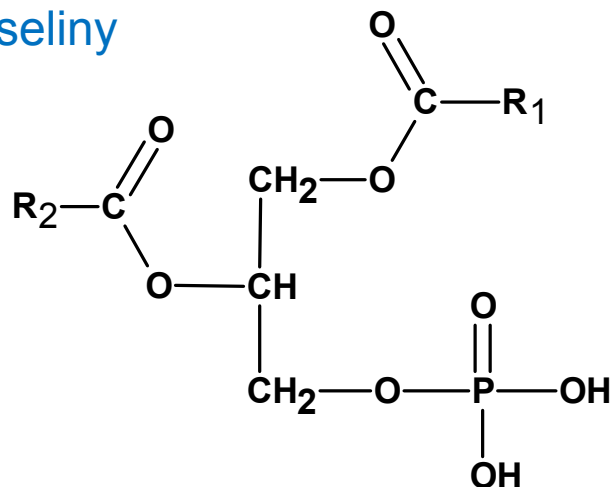
Acylglyceroly v rostlinách mohou obsahovat též kyselinu kávovou a její deriváty. Jsou obsaženy v rostlinných olejích, mají antioxidační účinky. Tyto acylglyceroly jsou ukázkou propojení metabolismu lipidů a fenolických látek.



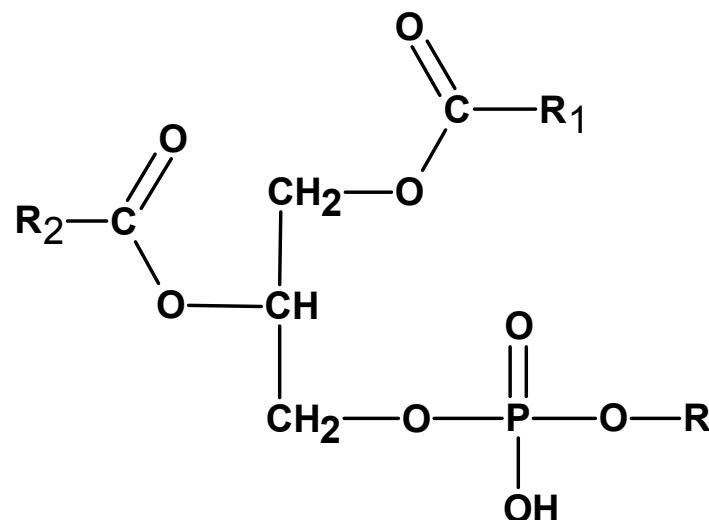
kávová kyselina

# Fosfolipidy - glycerolfosfolipidy

Fosfatidové kyseliny  
a jejich estery



fosfatidová kyselina

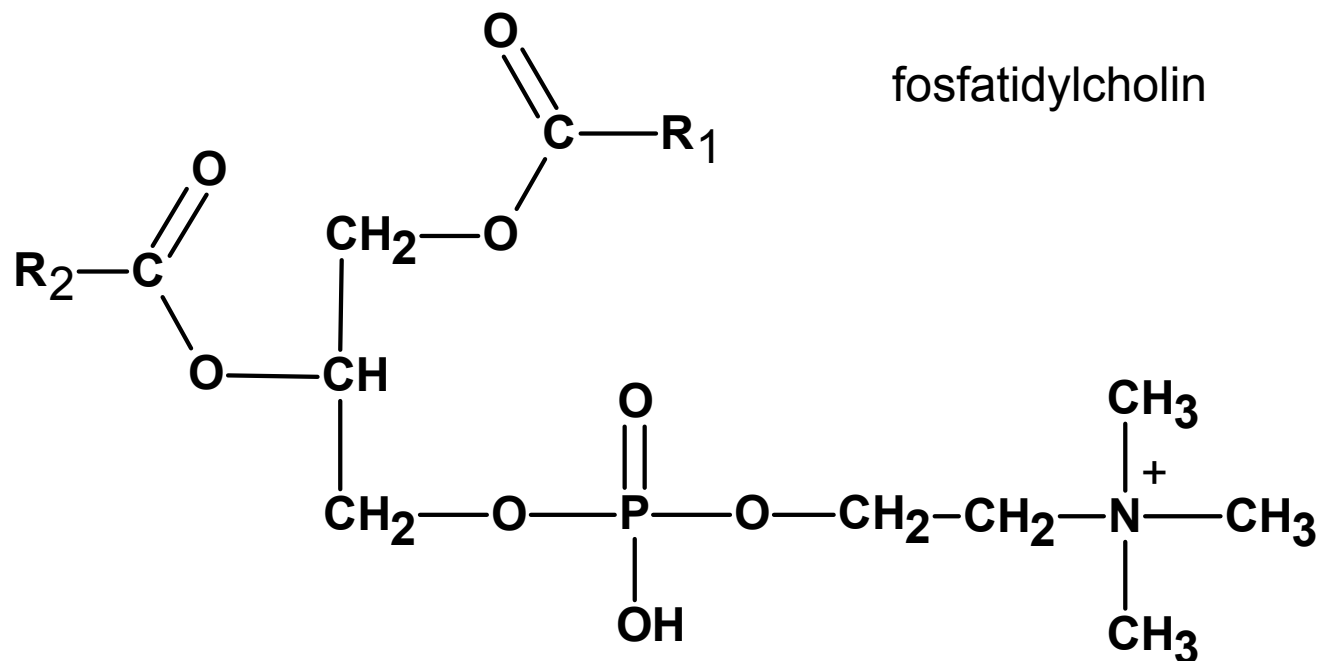


ester fosfatidové kyseliny

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

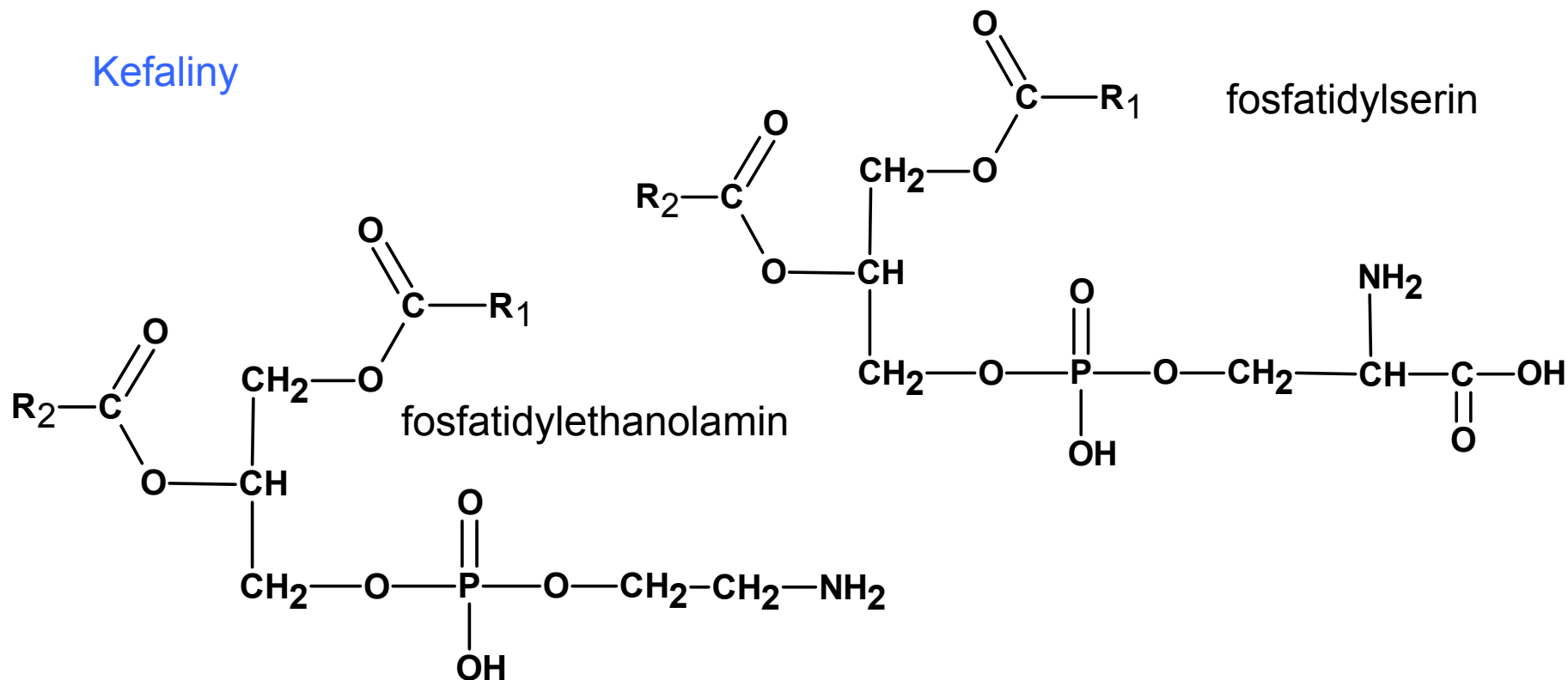
## Lecithiny



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

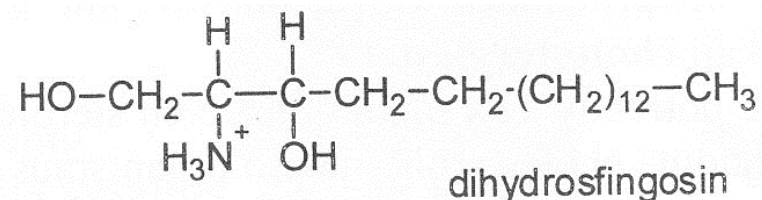
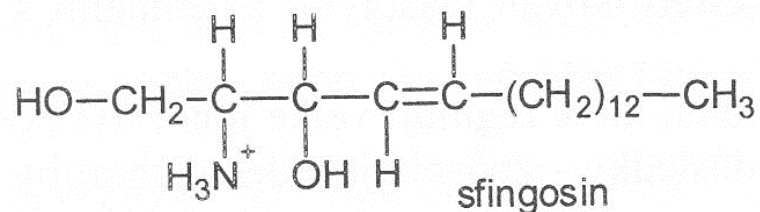
# Fosfolipidy - glycerolfosfolipidy

## Kefaliny



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

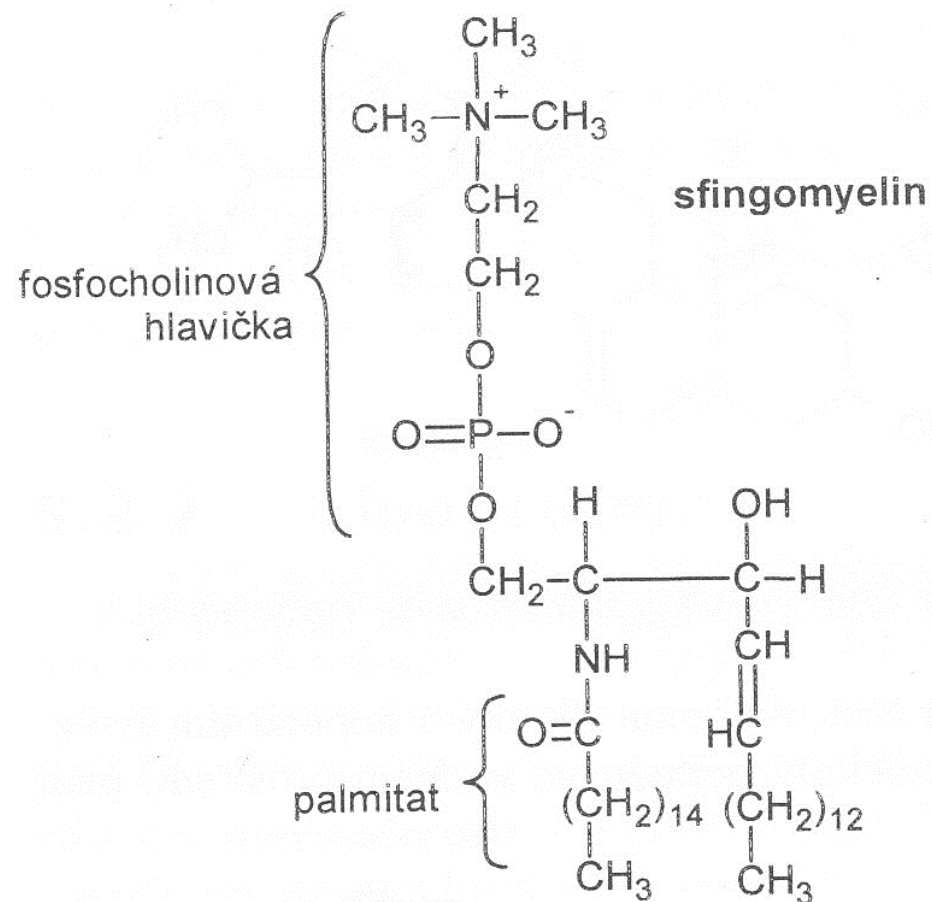
# Fosfolipidy - sfingomyeliny



Ve sfingomyelinech je na koncovou hydroxylovu 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.

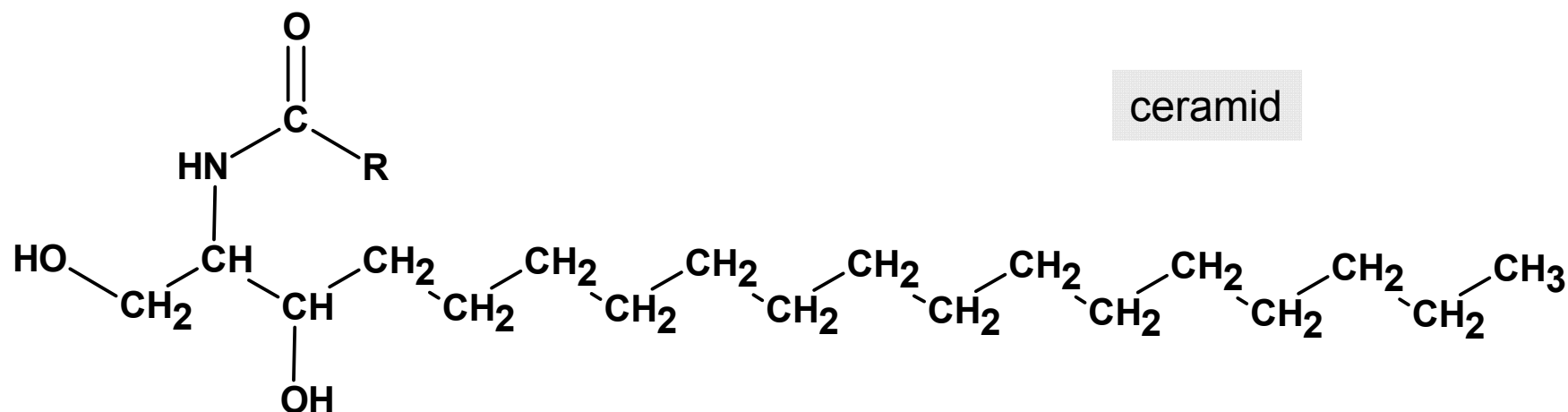


# Fosfolipidy - sfingomyeliny



# Sfingolipidy - ceramidy

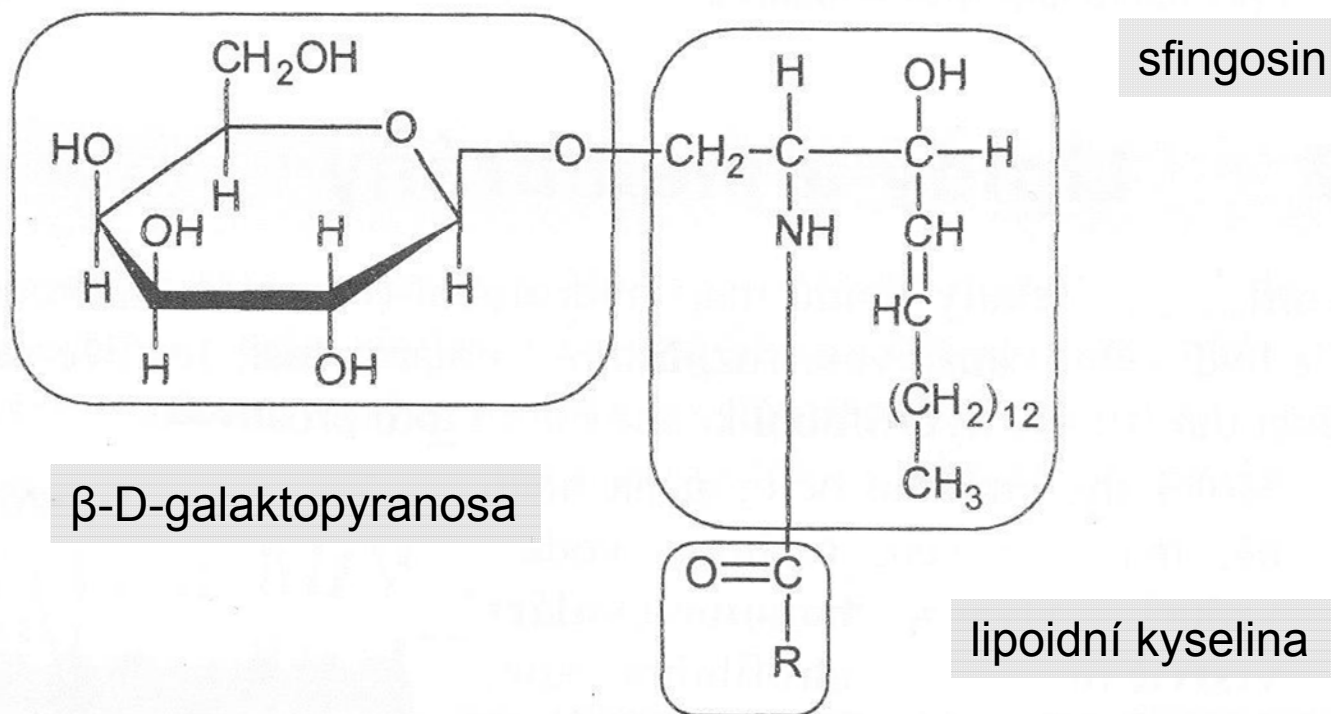
Ceramidy jsou sfingolipidy, které se skládají jen ze sfingosinu a amidově vázané lipoidní kyseliny (často nasycené). Neobsahují kyselinu trihydrogenfosforečnou.



ceramid

# Glykolipidy - cerebrosidy

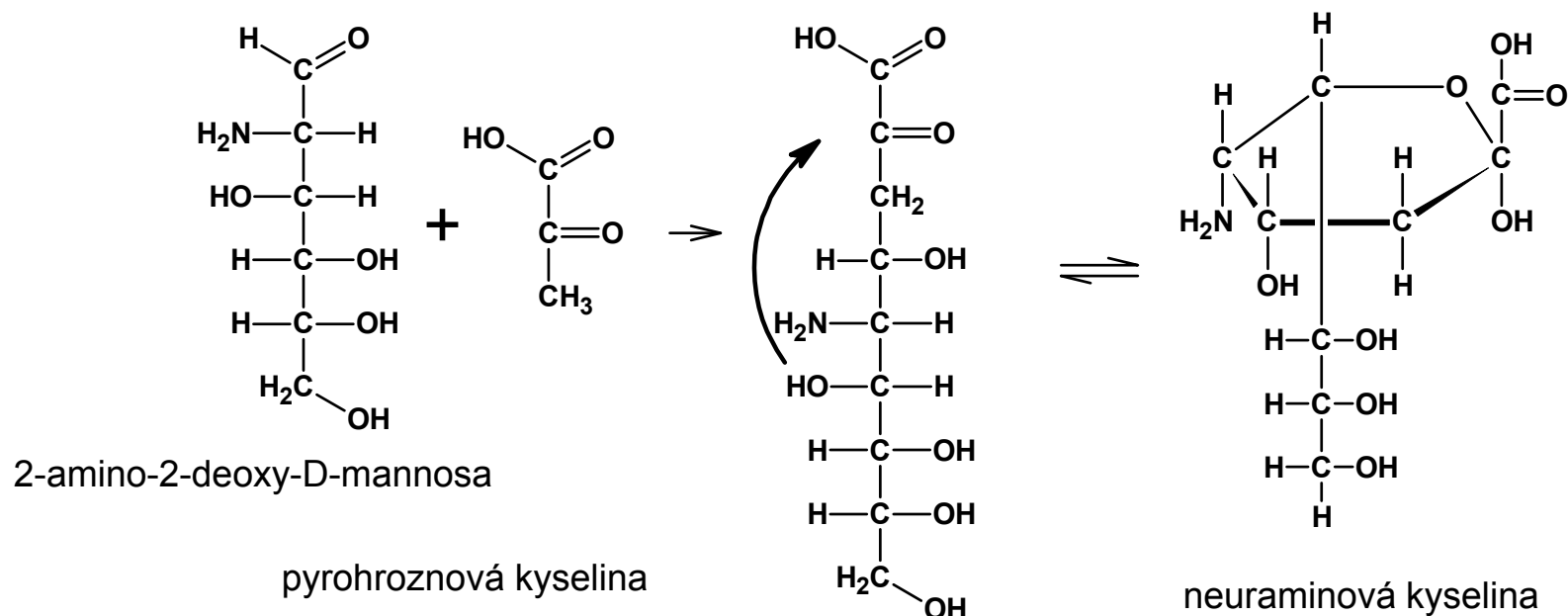
Cerebrosidy obsahují strukturu ceramidu, na kterou je O-glykosidickou vazbou vázán sacharid. V nervových tkáních se vyskytují galaktocerebrosidy, které obsahují  $\beta$ -D-galaktopyranosu, v jiných tkáních glukocerebrosidy (s  $\beta$ -D-glukopyranosou).



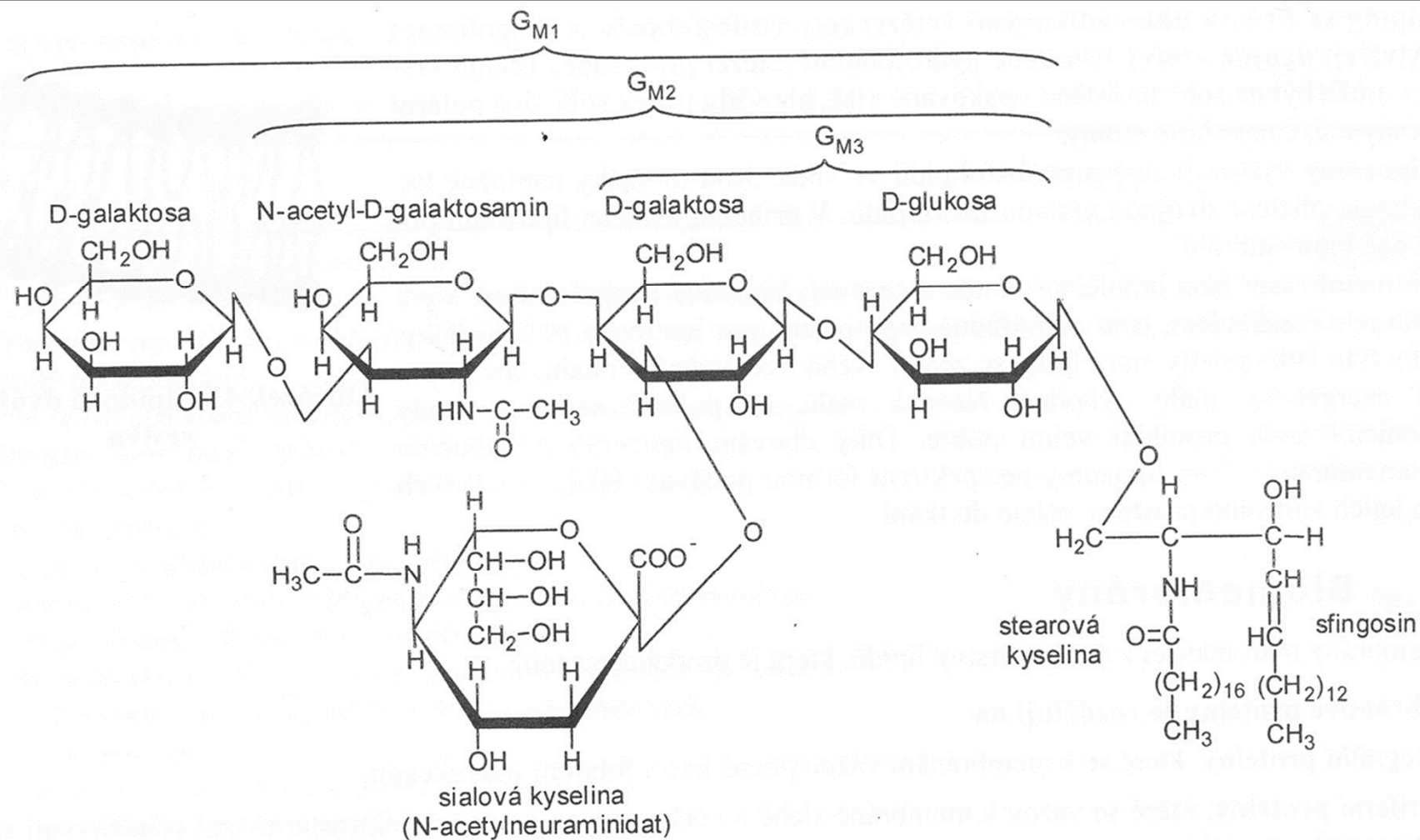
# Glykolipidy - gangliosidy

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, D-galaktosy a jejich amino-deoxy-derivátů. Sacharidická složka je důležitý receptor hormonů, je též schopná vázat některé toxiny.

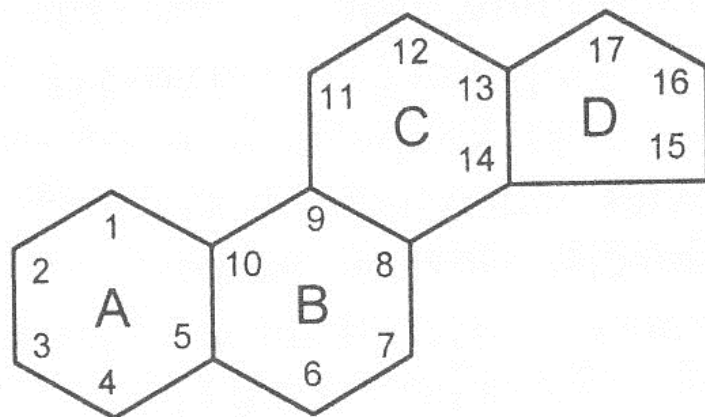
Vznik neuraminové kyseliny (aldolová kondenzace):



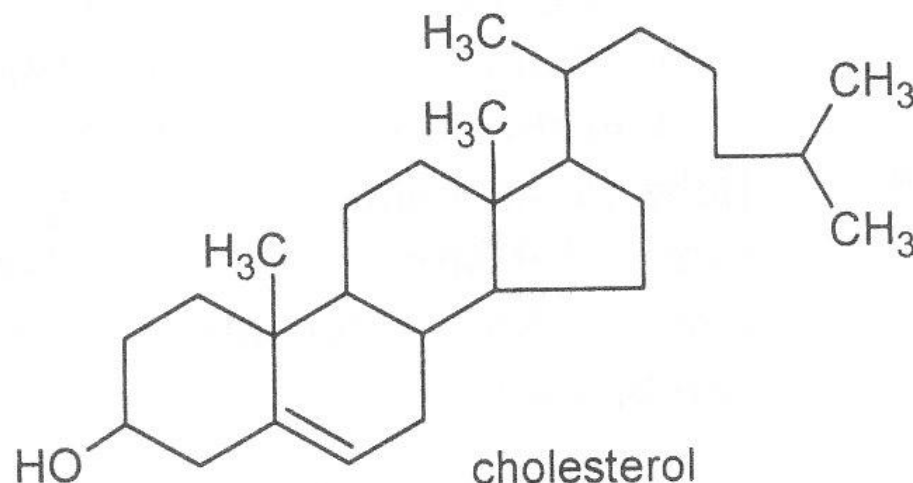
# Glykolipidy - gangliosidy



# 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.



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Přírodní látky - lipidy**

23

# Lipoproteiny

## Lipoproteiny krevního séra

| Typ        | Hustota g l <sup>-1</sup> | TAG (%)   | Chol (%)  | Fl (%)    | Prot (%)  |
|------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| CHM, VLDL  | < 980                     | 83        | 8         | 7         | 2         |
| <b>LDL</b> | <b>980-1035</b>           | <b>50</b> | <b>22</b> | <b>18</b> | <b>9</b>  |
| MDL        | 1035-1090                 | 10        | 46        | 22        | 21        |
| <b>HDL</b> | <b>1090-1140</b>          | <b>8</b>  | <b>30</b> | <b>29</b> | <b>33</b> |
| VHDL       | >1140                     | 5         | 19        | 21        | 57        |

CHM – chylomikra, VLDL – Very Low Density Lipoproteins, MDL – Medium Density Lipoproteins, HDL – High Density Lipoproteins, VHDL – Very High Density Lipoproteins, TAG – triglyceridy, Chol – cholesterol a jeho estery, Fl – fosfolipidy, Prot - proteiny

Převzato z Velíšek J.: Chemie potravin 1, OSSIS, Tábor 1999, s. 105



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

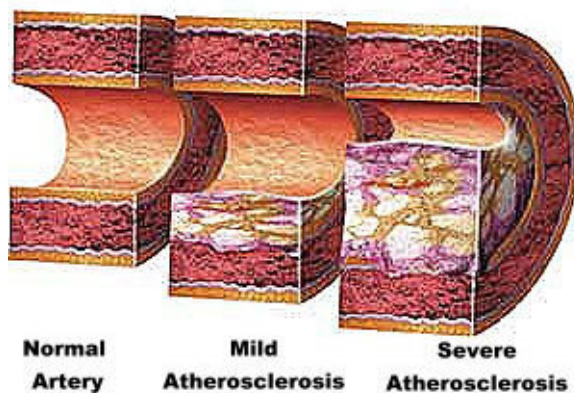
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Přírodní látky - lipidy**

24



# Lipidy



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Přírodní látky - lipidy

25