



# Organická chemie

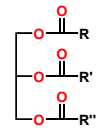
## 26. Biomolekuly: lipidy

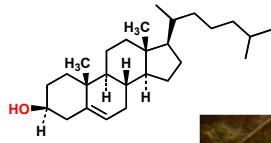
**Doc. Ing. Pavel Bobál, CSc.**  
Ústav chemických léčiv, Farmaceutická fakulta VFU,  
Palackého 1/3, 642 12 Brno

### Úvod


**Lipidy** – malé přírodní organické molekuly, omezeně rozpustné ve vodě



živočišný tuk - triester  
(R, R', R'' = C<sub>11</sub> - C<sub>19</sub>)



cholesterol



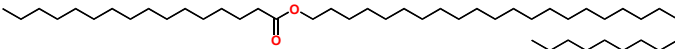
**Lipidy** – tuky, oleje, vosky, vitaminy, hormony, ...

- definice na základě lipofility
- hydrolyzovatelné
- nehydrolyzovatelné

26. Biomolekuly: lipidy  
Organická chemie

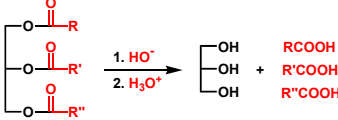
### Vosky, tuky a oleje

- směsi esterů vyšších mastných kyselin a alifatickými alkoholy s dlouhými řetězci
- obvykle sudý počet atomů uhlíku: kyseliny 16 – 36 a alkoholy 24 – 36



triakontyl-hexadecanoát (včelí vosk)

- nejrozšířenější lipidy – živočišné tuky a rostlinné oleje – triacylglyceroly
- hydrolýza tuků louhem – **mastné kyseliny a glycerol**

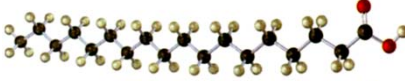


- mastné kyseliny – nerozvětvené řetězce – sudý počet uhlíků (12 – 20)
- dvojně vazby – Z (cis)

26. Biomolekuly: lipidy  
Organická chemie


### Vosky, tuky a oleje

- ~ 100 mastných kyselin identifikováno ~ 40 hojně zastoupených
- nejběžnější: kyselina palmitová (C<sub>16</sub>), stearová (C<sub>18</sub>), olejová (C<sub>18</sub>), linolová (C<sub>18</sub>)
- vícenásobně nenasycené kyseliny: linolová (2), linolenová (3), arachidonová (4)



kyselina stearová

CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOH



kyselina linolenová

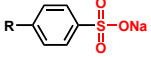
CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH=CHCH<sub>2</sub>CH=CHCH<sub>2</sub>CH=CHCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOH

26. Biomolekuly: lipidy  
Organická chemie



### Mýdla

- v tvrdé vodě – Ca a Mg soli mastných kyselin (nerozpustné)




syntetický detergent  
(R = různé alifatické řetězce C<sub>12</sub>)

- syntetické detergenty – tvrdá voda nevadí

9

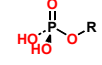
26. Biomolekuly: lipidy

Organická chemie

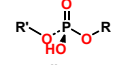


### Fosfolipidy

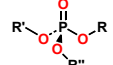
**Fosfolipidy** – diestery kyseliny fosforečné




monoester  
kyseliny fosforečné



diester  
kyseliny fosforečné



triester  
kyseliny fosforečné



ester  
karboxylové  
kyseliny


**Fosfoacylglyceroly** – obsahují glycerol a 2 mastné kyseliny (C1 nasycené a na C2 nenasycené) – konfigurace na C2 – R (L)  
- aminoalkohol – cholin, 2-aminoethanol, serin

**Sfingomyeliny**

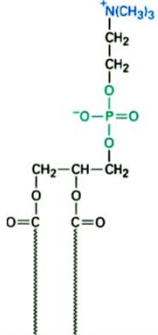
10

26. Biomolekuly: lipidy

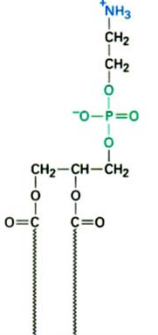
Organická chemie



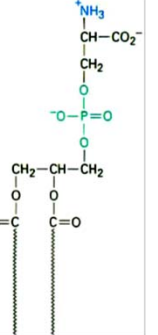
### Fosfolipidy



fosfatidylcholin  
(lecithin)



fosfatidylethanolamin  
(kefalin)




fosfatidylserin

11

26. Biomolekuly: lipidy

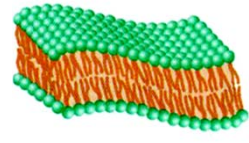
Organická chemie




### Fosfolipidy

- v buněčných membránách (~ 40 %)  
- lipidové dvojvrstvy (5 nm) – bariéra proti průniku vody, iontů a jiných částic

Agregace molekul fosfoacylglycerolů v lipidních dvojvrstvách buněčných membrán



iontová hlava




nepolární ocasy

12

26. Biomolekuly: lipidy

Organická chemie



### Fosfolipidy

**Sfingomyelin** – základ sfingosin – aminodiol

- v rostlinných a živočišných buněčných membránách – mozek a nervové tkáňe

CCCCCCCCCCCC[C@@H](O)[C@H](N)CO

sfingosin

CCCCCCCCCCCC[C@@H](O)[C@H](N)COP(=O)(O)OCC[N+](C)(C)C

sfingomyelin

13

26. Biomolekuly: lipidy

Organická chemie

### Prostaglandiny

**Prostaglandiny** – skupina dvacetiuhlíkatých lipidů s pětičlenným kruhem a dvěma dlouhými postranními řetězci

- název – poprvé izolovány z žerani prostaty
- v malých množstvích ve všech tělních tekutinách a tkáních

CCCCCCCC[C@@H]1C[C@@H](C(=O)O)[C@H](O)[C@H]1C/C=C\CCCCCCCC

prostaglandin E<sub>1</sub>

CCCCCCCC[C@@H]1C[C@@H](C(=O)O)[C@H](O)[C@H]1C/C=C\CCCCCCCC

prostaglandin F<sub>2α</sub>

14

26. Biomolekuly: lipidy

Organická chemie

### Prostaglandiny

Biologická účinnost: - tlak krve  
- agregaci krevních destiček  
- sekrece žaludečních šťáv  
- funkce ledvin  
- reprodukční systém  
- kontrakce dělohy  
- zánětlivé procesy atd.

CCCCCCCC[C@@H]1C[C@@H](C(=O)O)[C@H](O)[C@H]1C/C=C\CCCCCCCC

thromboxan A<sub>2</sub>

spouštěče astmatu

CCCCCCCC[C@@H]1C[C@@H](C(=O)O)[C@H](O)[C@H]1C/C=C\CCCCCCCC

prostacyklin

CCCCCCCC[C@@H](S)C(=O)NCCC(=O)O

leukotrien D<sub>4</sub>

15

26. Biomolekuly: lipidy

Organická chemie

### Prostaglandiny

- biosyntéza prostaglandinů z arachidonové kyseliny (z linolové kyseliny)  
- katalyzována enzymem cyklooxygenasou (COX)

CCCCCCCC=CCCCCCCC(=O)O

arachidonová kyselina

$\xrightarrow[\text{cyklooxygenasa}]{\text{O}_2}$

CCCCCCCC[C@@H]1C[C@@H](C(=O)O)[C@H](O)[C@H]1C/C=C\CCCCCCCC

PGG<sub>2</sub>

$\downarrow$

CCCCCCCC[C@@H]1C[C@@H](C(=O)O)[C@H](O)[C@H]1C/C=C\CCCCCCCC

PGH<sub>2</sub>

- COX-1 - katalyzuje normální fyziologickou produkci prostaglandinů
- COX-2 – produkce dalších prostaglandinů – odezva na zánětlivé procesy
- inhibitory COX-2 (acetylsalicylová kyselina, ibuprofen, naproxen, ...) snižují odpověď na zánětlivý proces – neselektivně – inhibice i COX-1 – nežádoucí účinky
- selektivní inhibitory COX-2 – celecoxib a rofecoxib

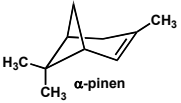
16

26. Biomolekuly: lipidy

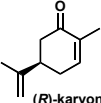
Organická chemie

### Terpenoidy

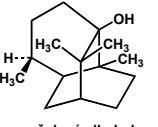
Destilace s vodní parou – rostlinné materiály – silice (etherické oleje, esenciální oleje)  
 - směsi lipofilních látek – **terpeny** (uhlovodíky) nebo **terpenoidy**  
 - ~ 22 000 druhů terpenoidů – cyklické i acyklické



$\alpha$ -pinen



(R)-karvon




pačulový alkohol  
Pogostemon patchouli

17

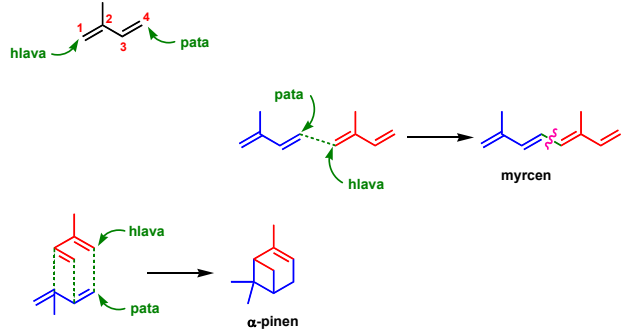
26. Biomolekuly: lipidy

Organická chemie



### Terpenoidy

**Isoprenové pravidlo** – terpenoidy lze odvodit z isoprenu



hlava      pata

hlava      pata


myrcen

$\alpha$ -pinen

18

26. Biomolekuly: lipidy

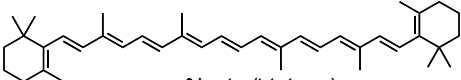
Organická chemie



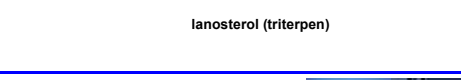
### Terpenoidy

**Klasifikace terpenoidů** – počet isoprenových jednotek

- monoterpeny	2 isoprenové jednotky	10 atomů
- seskviterpeny	3 isoprenové jednotky	15 atomů
- diterpeny	4 isoprenové jednotky	20 atomů
- sesterterpeny	5 isoprenové jednotky	25 atomů
- triterpeny	6 isoprenové jednotky	30 atomů
- tetraterpeny	8 isoprenové jednotky	40 atomů



$\beta$ -karoten (tetraterpen)




lanosterol (triterpen)

19

26. Biomolekuly: lipidy

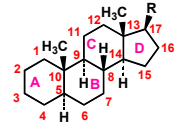
Organická chemie



### Steroidy

**Steroidy**

- tetracyklický skelet
- kruhy A, B, C – židličková konformace
- nedochází k překlopení kruhu (spojení kruhů)




steroid  
(R = různé postranní řetězce)

- hormony
- sexuální
- adrenokortikoidní

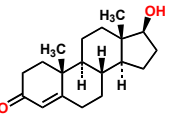
20

26. Biomolekuly: lipidy

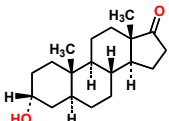
Organická chemie



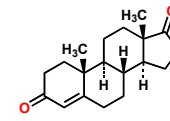
### Steroidy: Pohlavní hormony



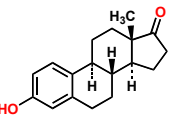
testosteron  
(androgeny)



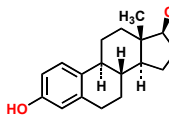
androsteron



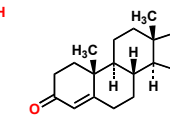
androstendion



estron  
(estrogeny)




estradiol



progesteron  
(gestagen)

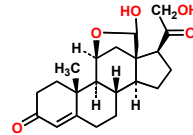
21

26. Biomolekuly: lipidy  
Organická chemie

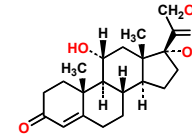


### Steroidy: Hormony kůry nadledvinek (kortikoidy)

- v nadledvinkách – mineralokortikoidy  
– glukokortikoidy



aldosteron  
(mineralokortikoid)




hydrokortison  
(glukokortikoid)

- mineralokortikoidy – rovnováhu mezi ionty Na<sup>+</sup> a K<sup>+</sup> v buňkách (obsah vody)  
- glukokortikoidy – metabolismus glukosy, zánětlivé procesy

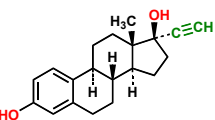
22

26. Biomolekuly: lipidy  
Organická chemie

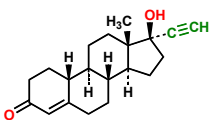


### Steroidy: Syntetické steroidy

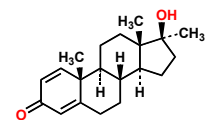
Syntetické steroidy – léčiva (antikoncepce), anabolika, ...



ethynylestradiol  
(syntetický estrogen)




norethindron  
(syntetický gestagen)



methandrostenolon  
(anabolikum)

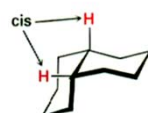
23


26. Biomolekuly: lipidy  
Organická chemie



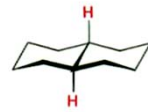
### Stereochemie steroidů

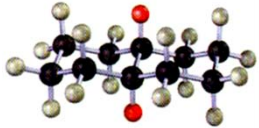
cis-dekalin






trans-dekalin





24


26. Biomolekuly: lipidy  
Organická chemie



**Stereochemie steroidů**


**A-B trans-steroid**

**A-B cis-steroid**

25      26. Biomolekuly: lipidy            Organická chemie

**Stereochemie steroidů**

cholesterol

26      26. Biomolekuly: lipidy            Organická chemie