

# LIPIDELE

## Clasificare, structură, funcții

Elena Rîvneac  
Dr.în biologie, conf.univ.  
Catedra Biochimie și Biochimie Clinică

**Lipidele sunt compuși nepolari**  
(hidrofobi), **insolubili în apă**,  
dar solubili în solvenți organici

**Lipidele** au o structură chimică  
foarte eterogenă și îndeplinesc  
funcții foarte variate

# FUNȚIILE LIPIDELOR

## 1. ENERGETICĂ

- ▣ Grăsimile și uleiurile - sunt formele principale de stocare a energiei în multe organisme; oxidarea a 1 g de lipide generează circa 9 kcal

## 2. STRUCTURALĂ

- ▣ Fosfolipidele și colesterolul – întră în compoziția membranelor celulare

## 3. HORMONALĂ ȘI VITAMINICĂ

- ▣ Hormonii steroizi – sexuali, glucocorticoizi și mineralocorticoizi
- ▣ Vitaminele liposolubile – vitaminele A, D, E și K
- ▣ Prostaglandinele

4. Și alte funcții – izolatori mecanici, termici, electrici;

**Lipidele sunt împărțite în 2 grupuri generale:**

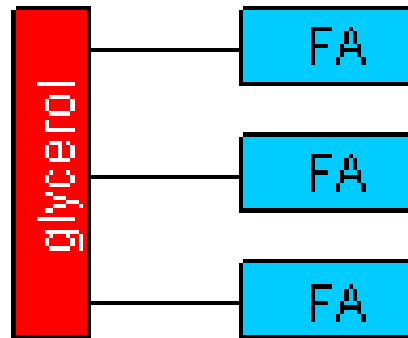
## **I. Lipide non- hidrolizabile (non-saponifiabile) :**

- **Derivați ai lipidelor:**
  - Acizi grași
  - Alcoolii, aldehide, hidrocarburi superioare
- **Terpene:** Vitaminele liposolubile A, E și K (constituite din unități izoprenice).
- **Steroli și steroizi:**
  - Colesterol
  - Vitamina D
  - Androgeni și estrogeni (hormoni sexuali)
  - Gluco- și mineralocorticoizi
  - Acizii biliari

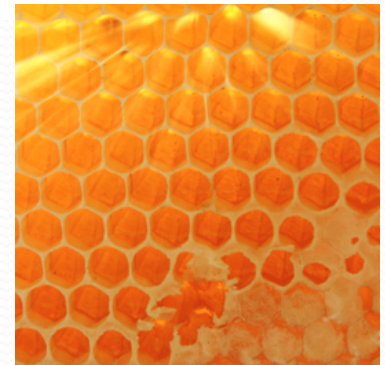
## II. Lipide hidrolizabile (saponifiabile)

• **Lipide Simple** – constau numai din 2 componente:

a) Trigliceridele sau triacilglicerolii - grăsimea animală și uleiurile vegetale – lipidele de rezervă: Esterii glicerolului și acizilor grași.



b) **Cerurile:** Esteri ai acizilor grași și un alt alcool decât glicerolul;



## • **Lipidele Complexe** (lipide membranare)-

– constau din mai mult de două componente -

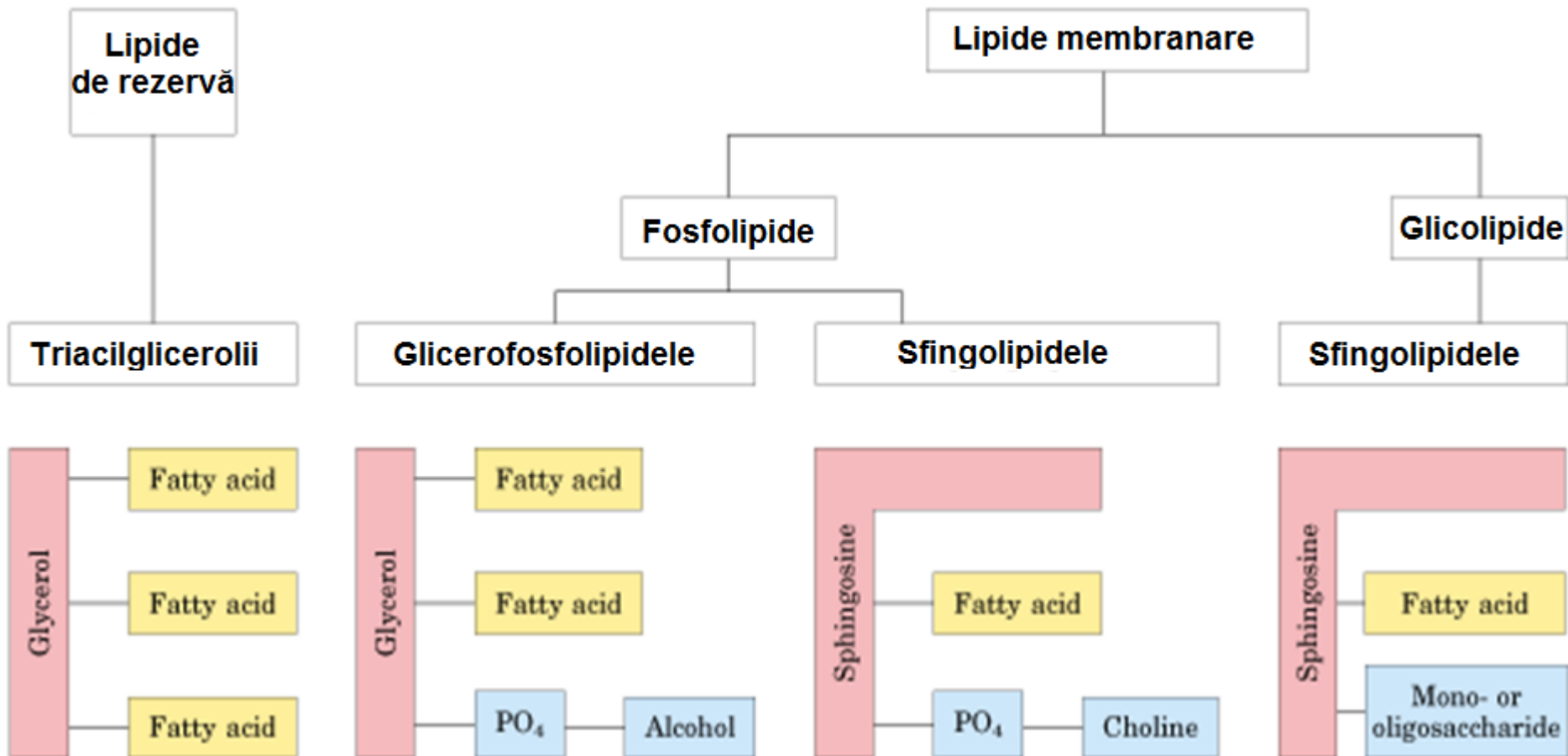
### **a) Fosfolipidele:**

- **glicerofosfolipidele** – sunt compuse din glicerol, acizi grași și acid fosforic unit cu un amino- sau polialcool.
- **sfingofosfolipidele (sfingomielinele):** sunt compuse din sfingozină, acid gras, acid fosforic și colină; nu conțin glicerol;

### **b) Glicolipidele (Sfingoglicolipidele):**

- **Cerebrozidele:** sunt compuse din sfingozină, acid gras și un monozaharid (glucoză sau galactoză).
- **Gangliozidele:** sunt compuse din sfingozină, acid gras și un oligozaharid;
- **Sulfolipidele:** glicolipide ce conțin rest sulfat.

# Clasele principale de lipide de rezervă și membranare



# ACIZI GRAȘI

Acizii grași sunt prezenți în componența tuturor lipidelor de rezervă și membranare.

Acizii grași naturali sunt acizi carboxilici cu o catenă hidrocarbonică neramificată cu 12–24 atomi de carbon.



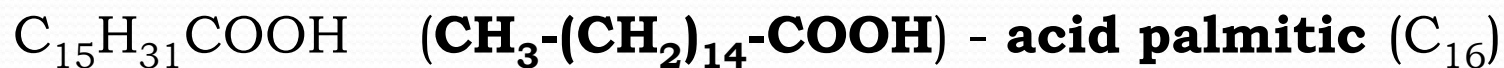
Majoritatea acizilor grași naturali au un **număr par** de atomi de carbon în catenă.

Există acizi grași ce conțin una sau mai multe *legături duble*, astfel de acizi se numesc **nesaturați**. Legăturile duble în acizii grași de obicei au configurația **cis**.

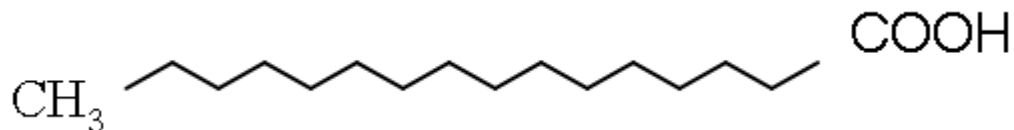


# Unii acizi grași naturali:

1. **Acizi grași saturați:** formula generală  $C_nH_{2n+1}COOH$ ;  
Nu au legături duble în catenă.

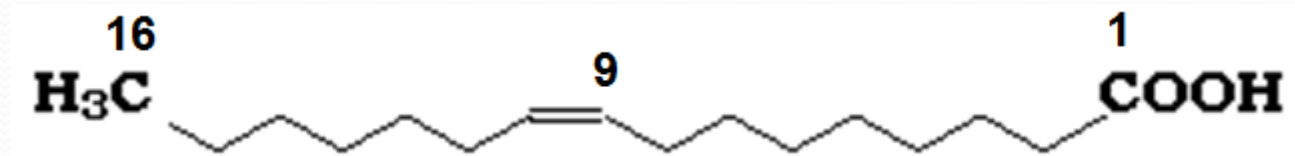
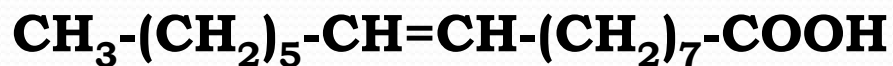


Conformația catenei carbonice reprezintă un zigzag.  
De exemplu – acidul palmitic :

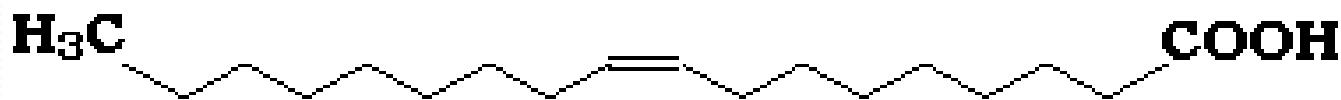
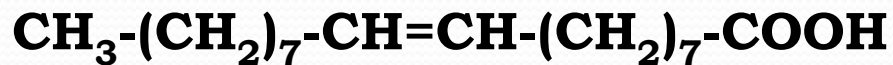
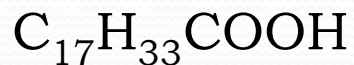


**2. Acizii grași nesaturați cu o singură legătură dublă (acizi mononesaturați) -  $C_nH_{2n-1}-COOH$ :**

- **acid palmitoleic**  $C_{16}:\Delta^9$



- **acid oleic**  $C_{18}:\Delta^9$

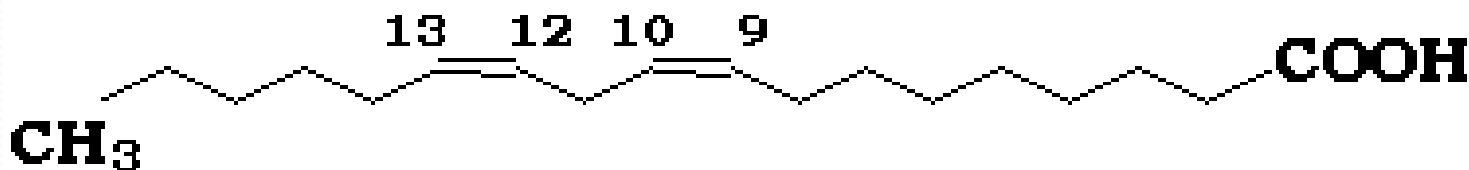
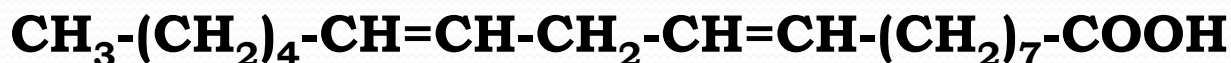




### 3. Acizi grași nesaturați cu două legături duble –



- **acid linoleic**  $C_{18}:\Delta^{9,12}$        $C_{17}H_{31}COOH$



### 4. Acizi grași nesaturați cu trei legături duble –



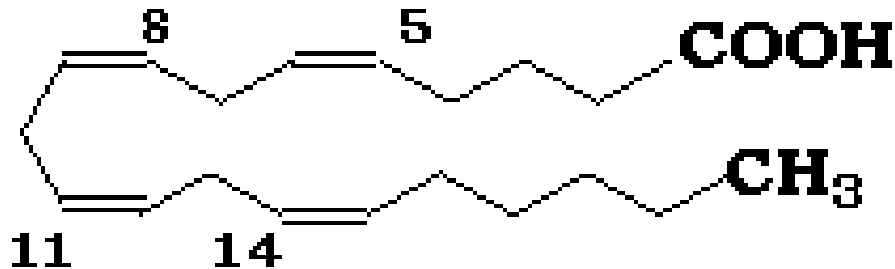
- **acid linolenic**  $C_{18}:\Delta^{9,12,15}$        $C_{17}H_{29}COOH$



## 5. Acizi grași nesaturați cu patru legături duble



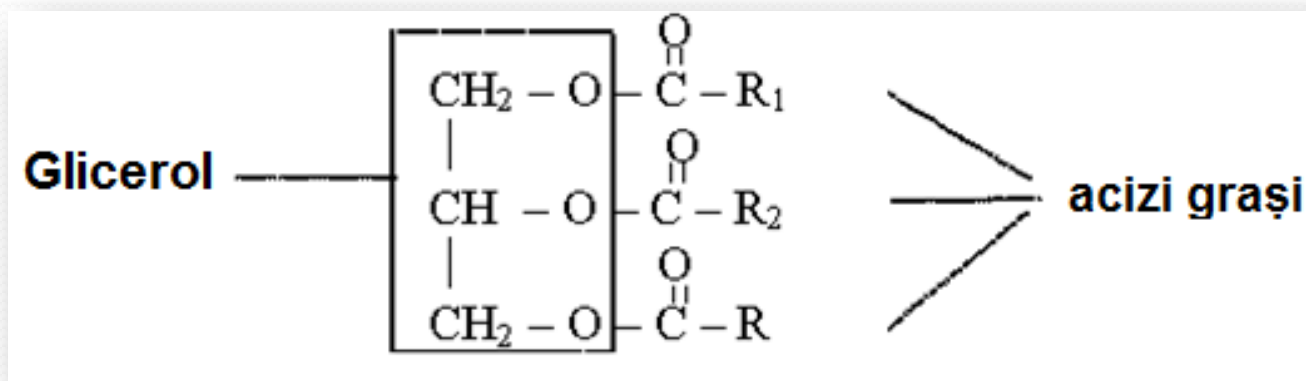
- **acid arahidonic**  $C_{20}:\Delta^{5,8,11,14}$   $C_{19}H_{31}COOH$



Acizii grași polinesaturați: *acidul linoleic, linolenic, arachidonic*, **sunt acizi grași esențiali** - ei nu se produc în organismul uman și este necesar de ai primi din surse exogene. Ei sunt componente indispensabile ale alimentației.

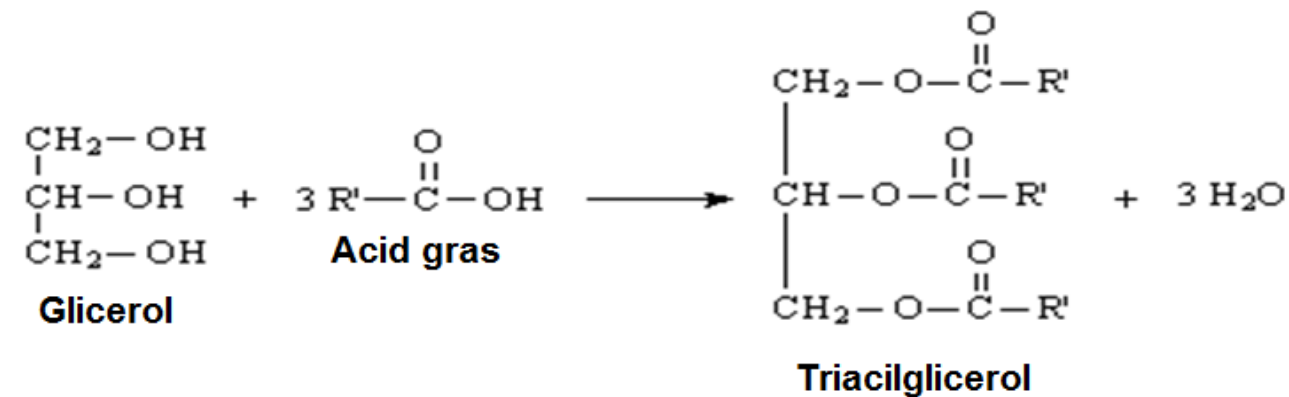
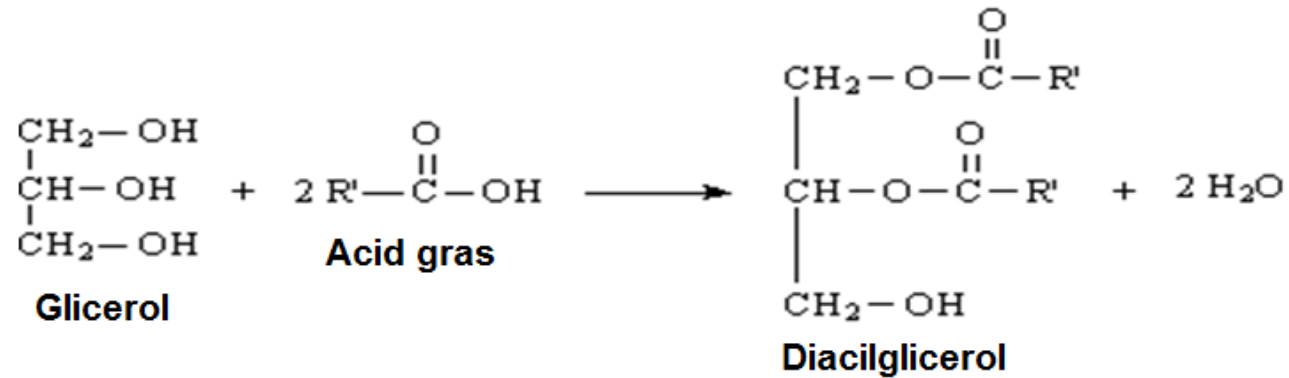
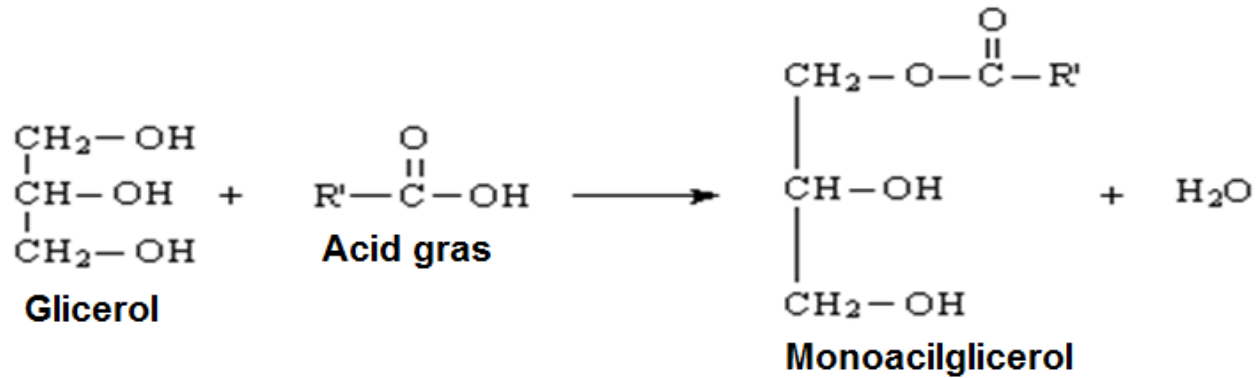
# Lipide de rezervă

Grăsimile animale și uleiurile vegetale sunt cele mai răspândite lipide. Deși arată diferit – grăsimile animale sunt solide, iar uleiurile vegetale – lichide, principiul structurii lor chimice este același. Din punct de vedere chimic, grăsimile și uleiurile sunt triacilgliceroli (numiți și trigliceride), esteri ai glicerolului și a trei acizi grași.



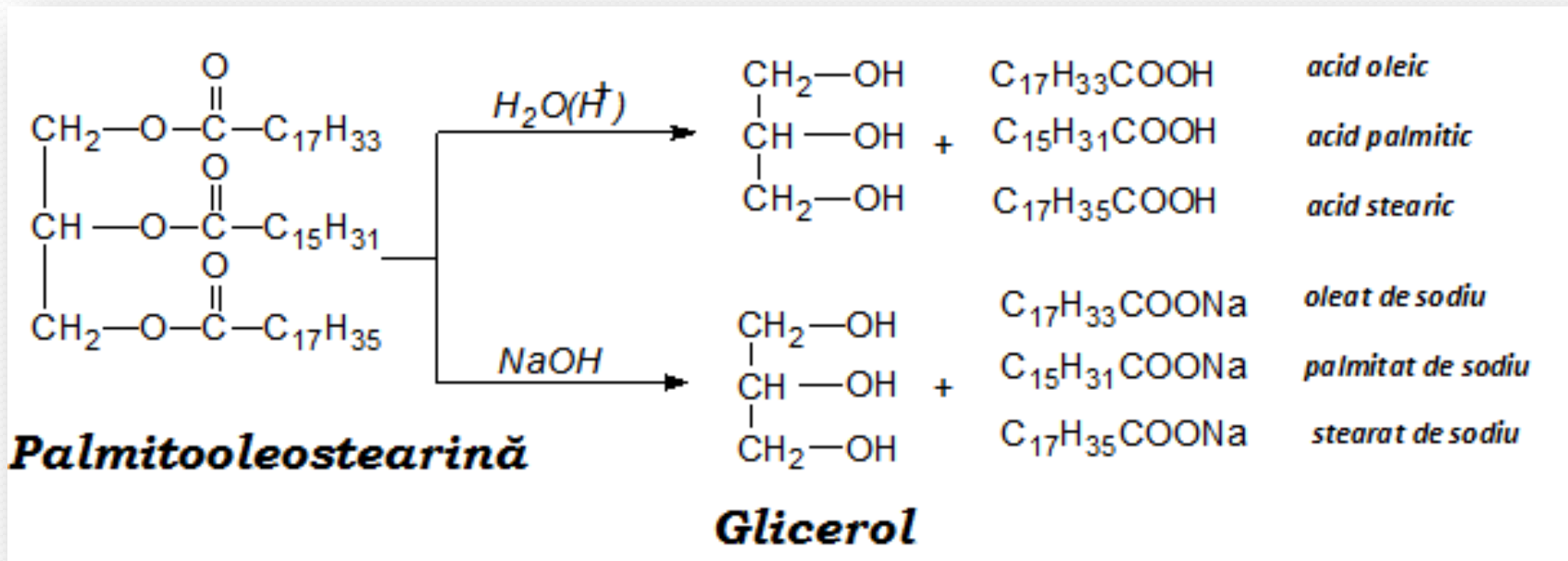
Trigliceridele sunt compuși complet **nepolari**, **hidrofobi**, numiți și lipide neutre.

# Lipidele sunt esteri ai glicerolului și a acizilor grași:



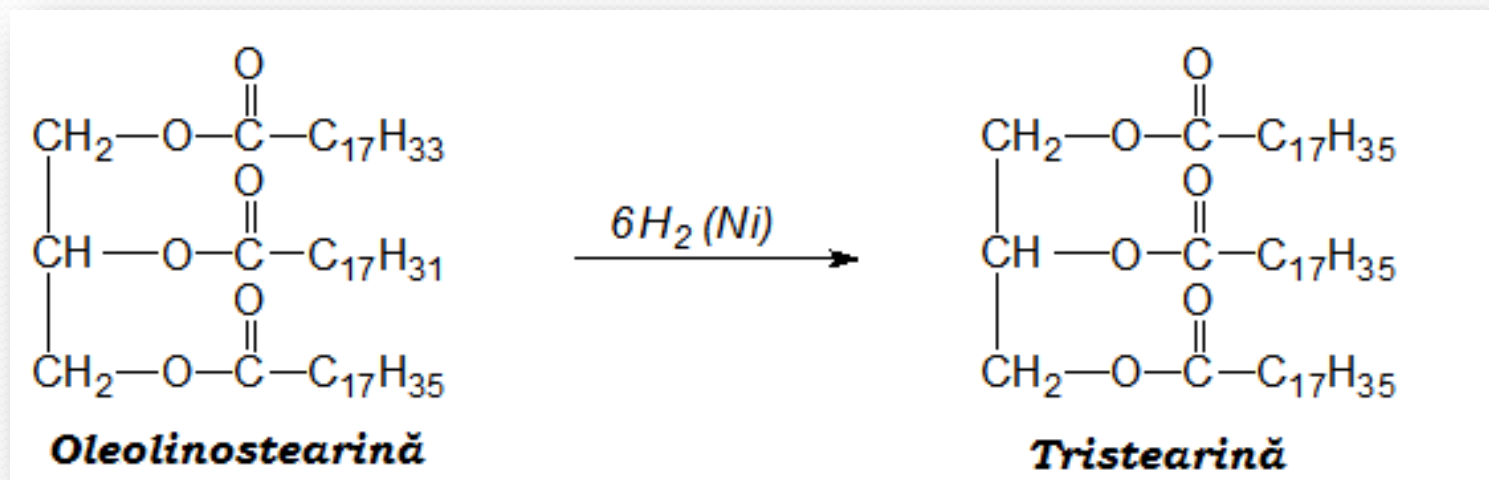
# Proprietățile chimice ale trigliceridelor

1. Una din cele mai importante proprietăți a triacilglicerolilor este capacitatea lor de *hidroliză* chimică, atât în mediu acid, cât și în mediu bazic. De exemplu:



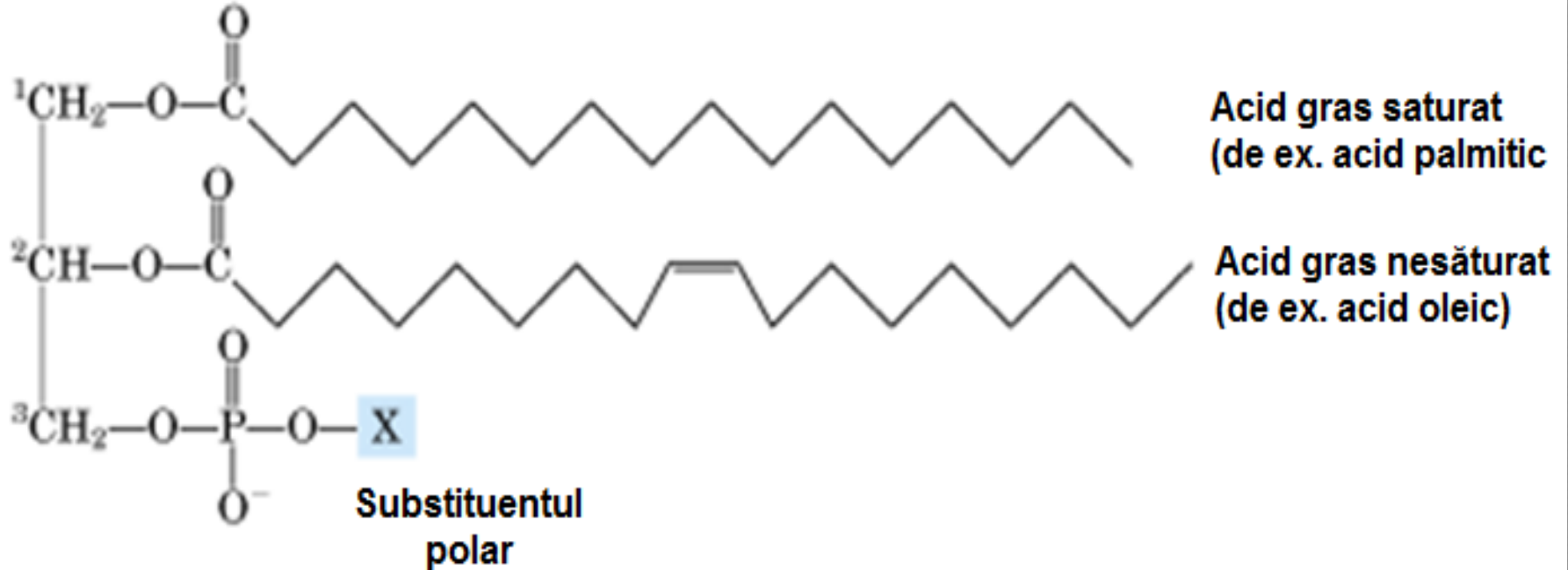


2. A doua reacție importantă este reacția de hidrogenizare, folosită în conversia uleiurilor lichide în grăsime solidă:



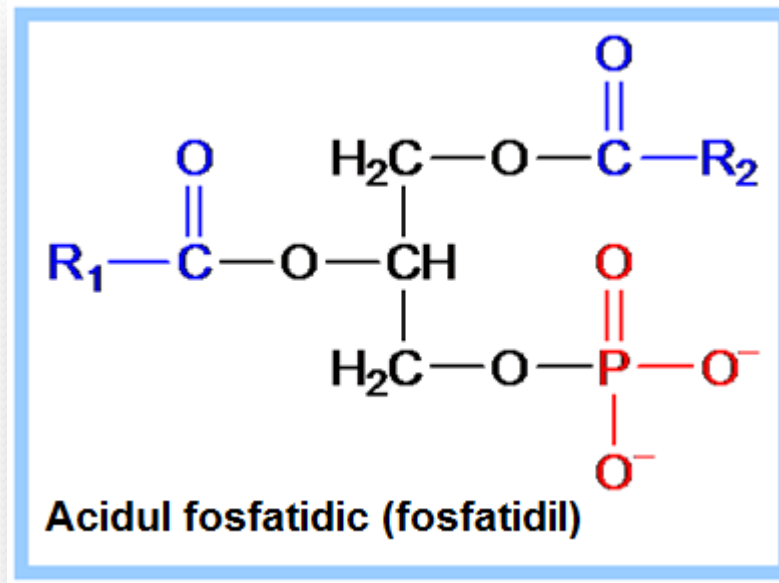
# GLICEROFOSFOLIPIDE

- ▣ **Glicerofosfolipidele** sunt componenții membranelor celulare. Sunt compuși din glicerol, acizi grași și acid fosforic legat cu un alcool (X, substituent polar)



**Glicerofosfolipidele** sunt derivații **acidului fosfatidic**  
(Glicerol + 2 acizi grași + acid fosforic):

:



In **glicerofosfolipide** restul acidului fosforic este esterificat cu gruparea **-OH** a **substituentului polar (X)**:

**serina, colina, etanolamina sau inositolul.**

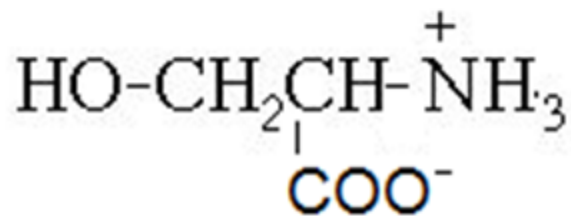


**Etanolamina**



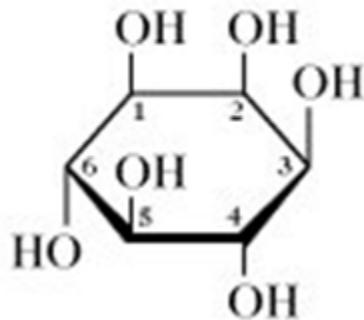
**Colina**

**Aminoalcooli**



**Serina**

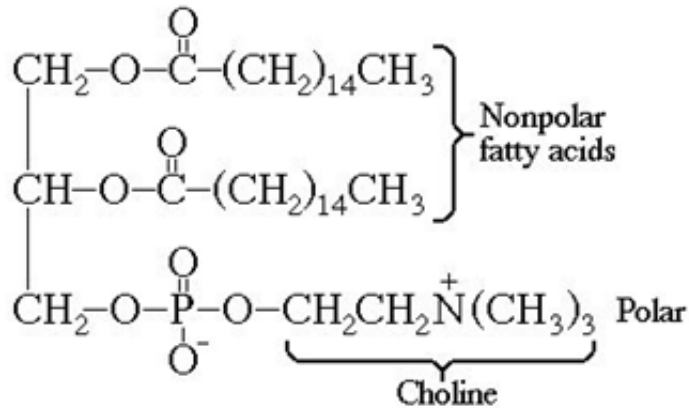
**Hidroxiaminoacid**



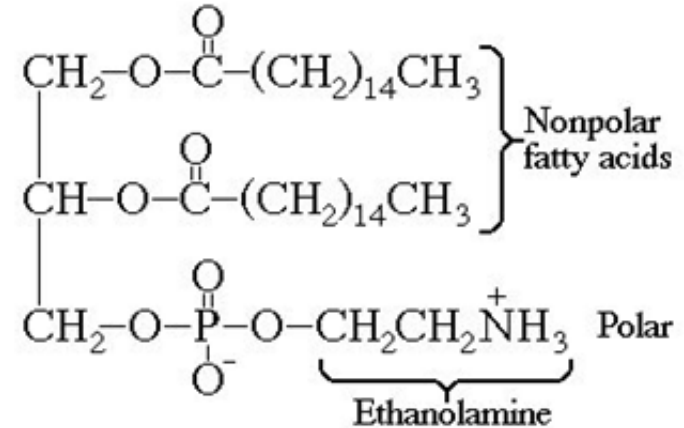
**Inositol**

**Polialcool ciclic**

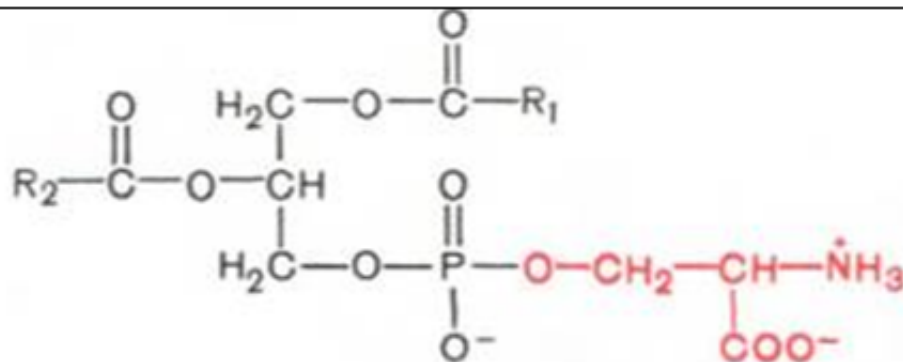
# Denumirea glicerofosfolipidelor se formează prin adăugarea la cuvântul fosfatidil- a denumirii substituentului polar:



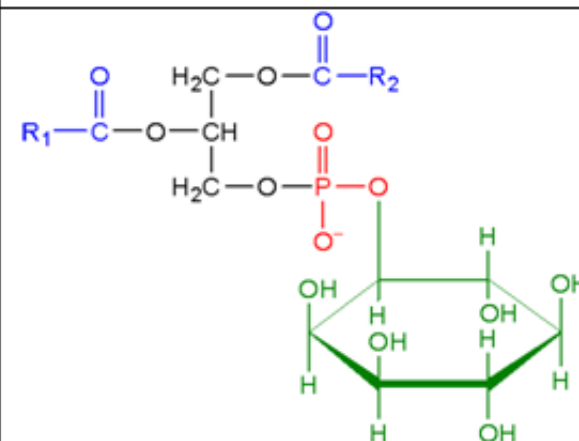
Fosfatidilcolina



Fosfatidiletanolamina



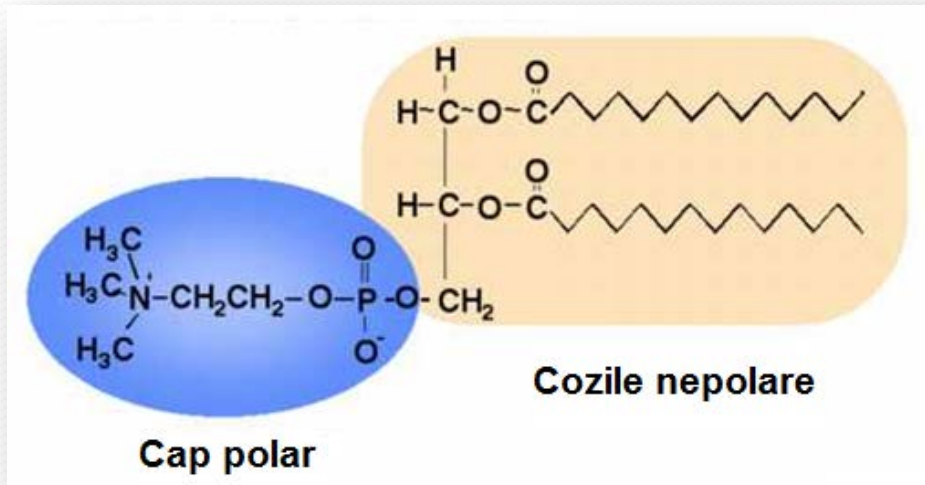
Fosfatidilserina



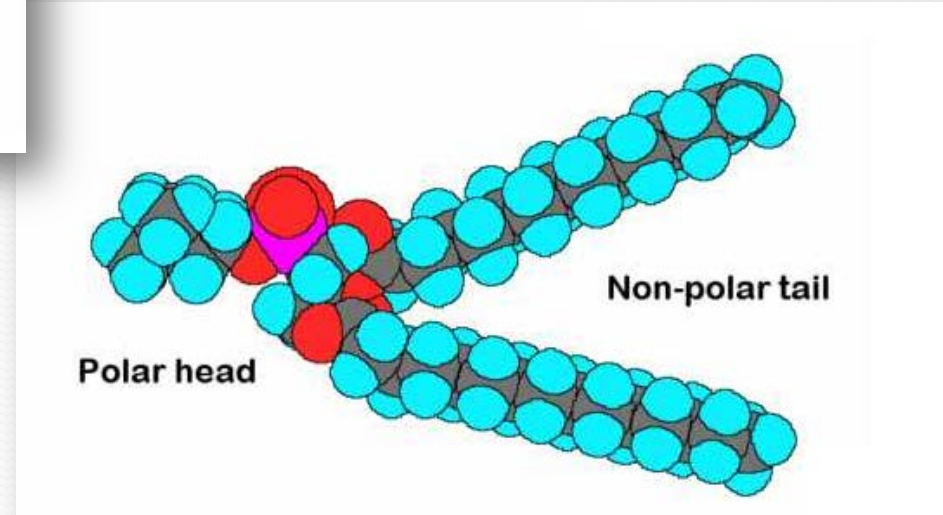
Fosfatidilinozitolul

## Fiecare glicerofosfolipid include:

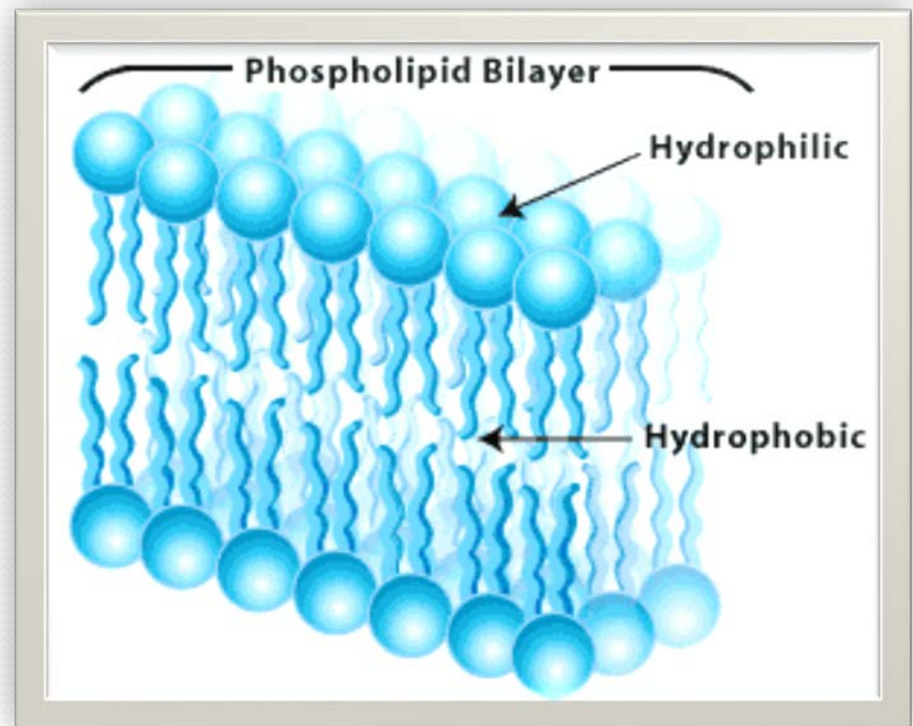
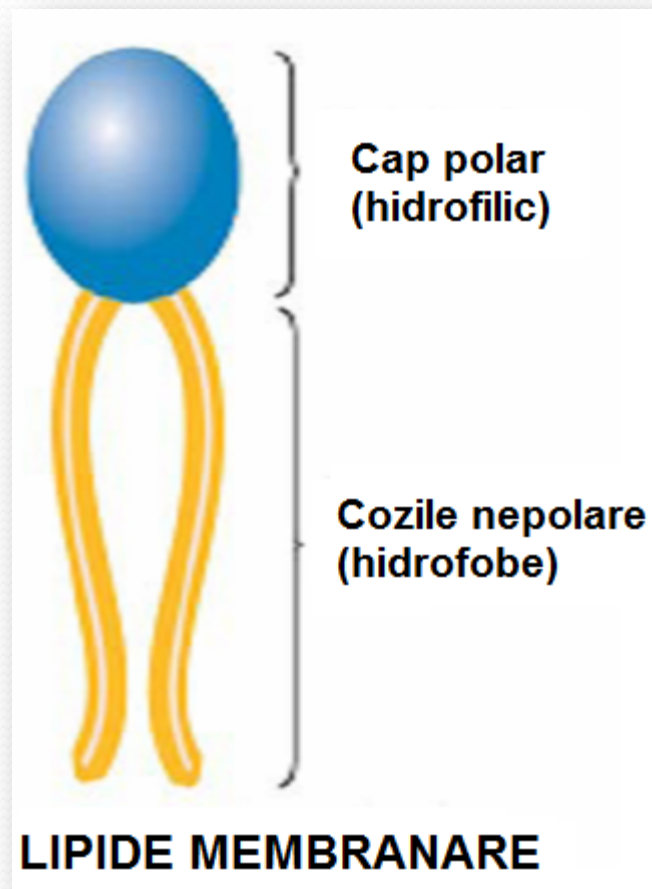
- ♦ O regiune hidrofilă polară: acidul fosforic și substituentul polar (X)
- ♦ O regiune hidrofobă nepolară – radicalii hidrocarbonici ai acizilor grași ( $R_1$ ,  $R_2$ ).



## Fosfatidilcolina

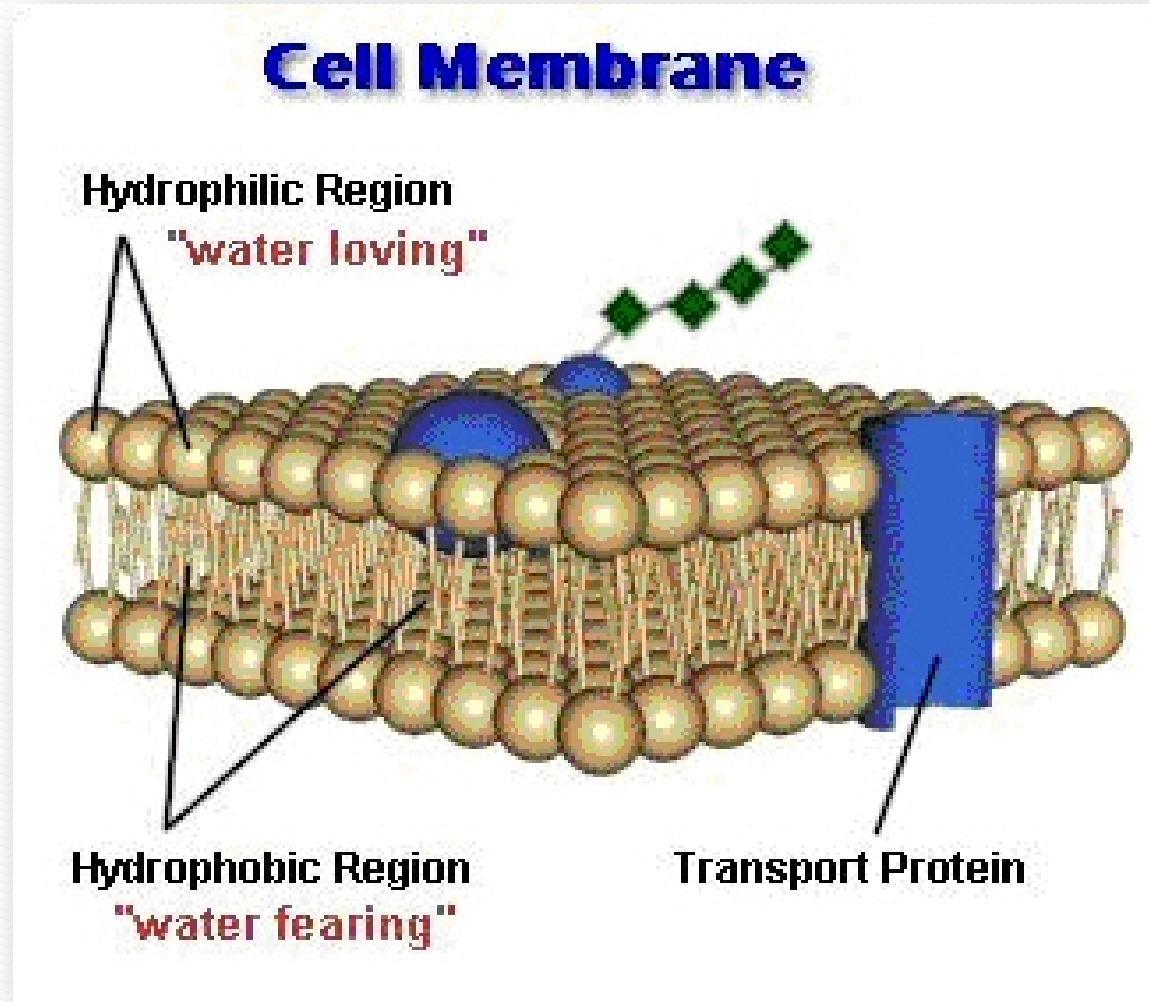


Glicerofosfolipidele sunt, astfel, amfipatice. Ca rezultat, în mediul apos lipidele vor fi aranjate într-un **strat dublu** continuu. Porțiunile polare a moleculelor constituente vor fi orientate spre exteriorul bistratului, iar porțiunile nepolare se vor amplasa în interior.





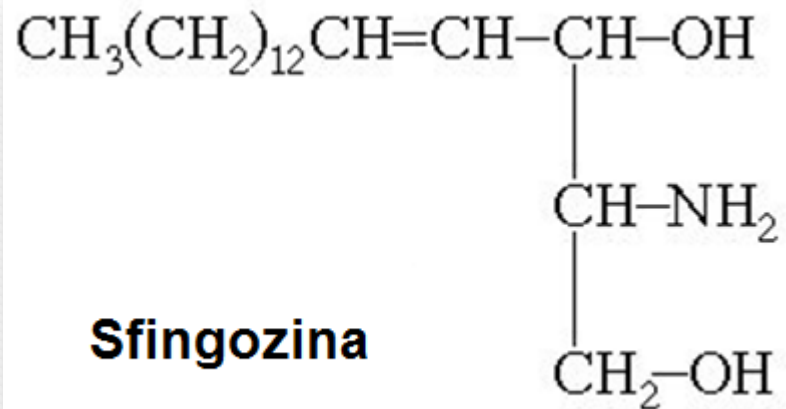
Sraturile duble lipidice formează membranele celulare:



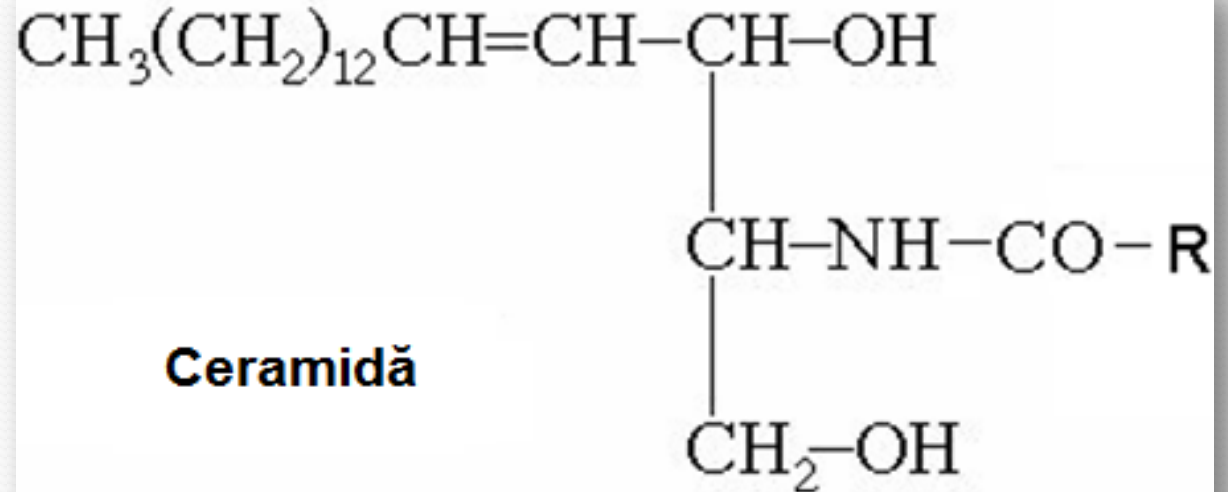
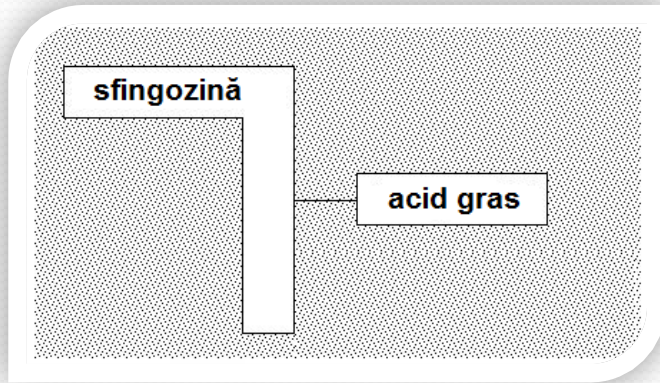


# SFINGOLIPIDELE

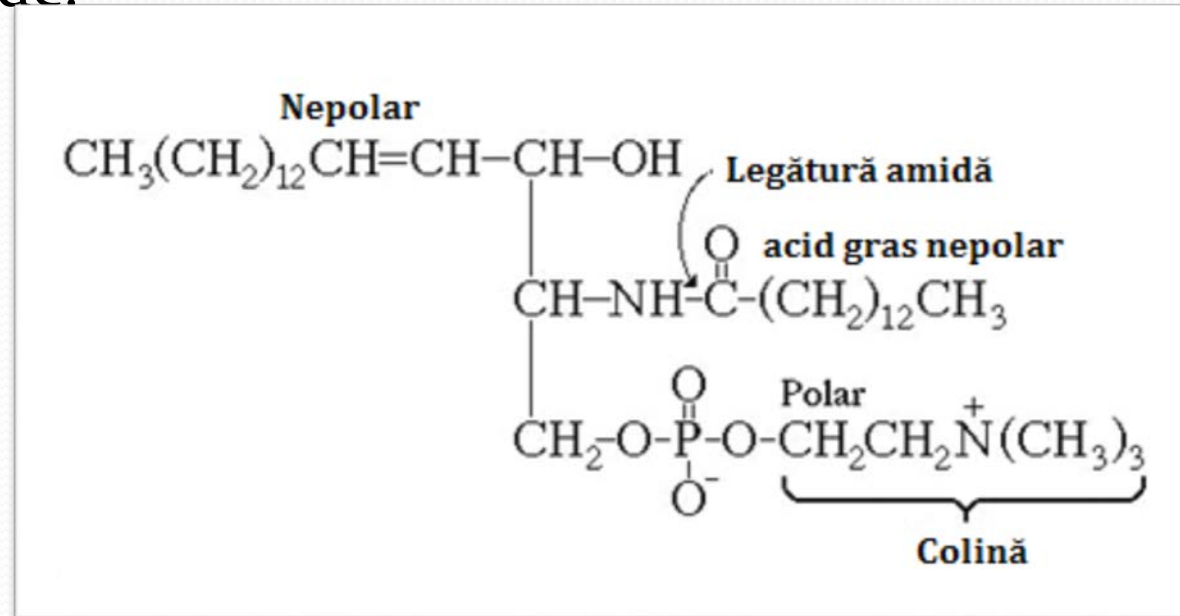
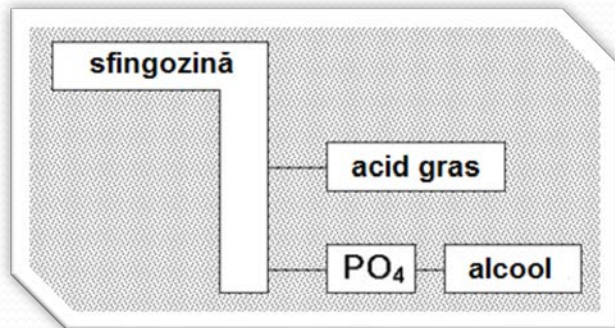
- Sfingolipidele - sfingofosfolipidele (sfingomieline) și glicolipidele – sunt o altă clasă de lipide membranare, de asemenea posedă o regiune polară și una nepolară, dar spre deosebire de glicerofosfolipide nu conțin glicerol.
- **Toate sfingolipidele conțin sfingozina** – un aminoalcool nesaturat cu catenă lungă.



În toate sfingolipidele sfingozina este legată printr-o legătură amidică cu un acid gras și formează **ceramidă**:



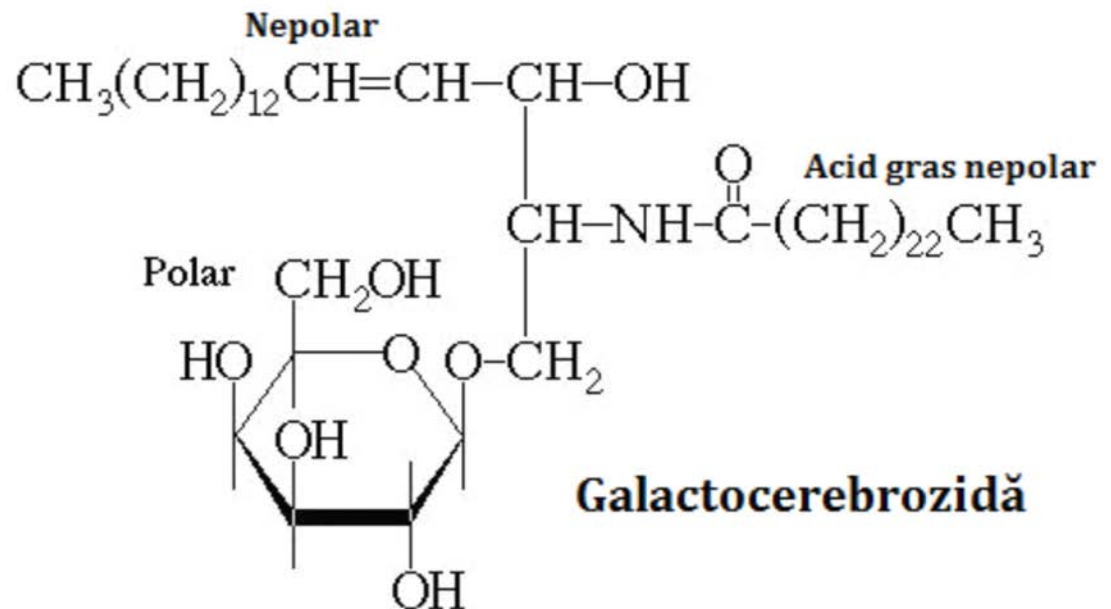
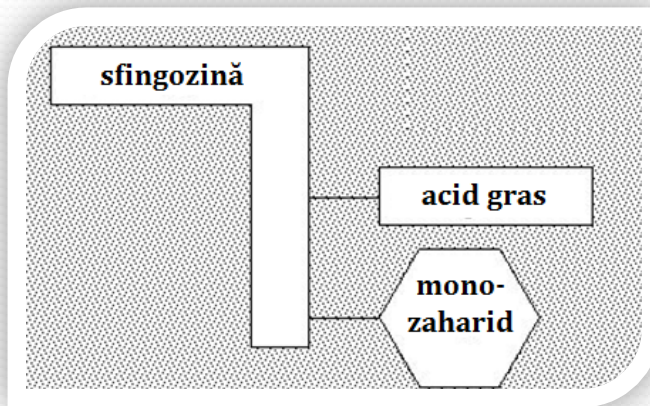
- **Sfingofosfolipidele (Sfingomielinele)** conțin fosfocolină (sau fosfoetanolamină) legată de ceramidă, și astfel reprezintă fosfolipide.



- Sfingomielinele sunt prezente în membrana plasmatică a celulelor animale, întră în compoziția tecii de mielină care inconjoară și izolează axonii neuronilor mielinizați – de aici și provine denumirea sa.

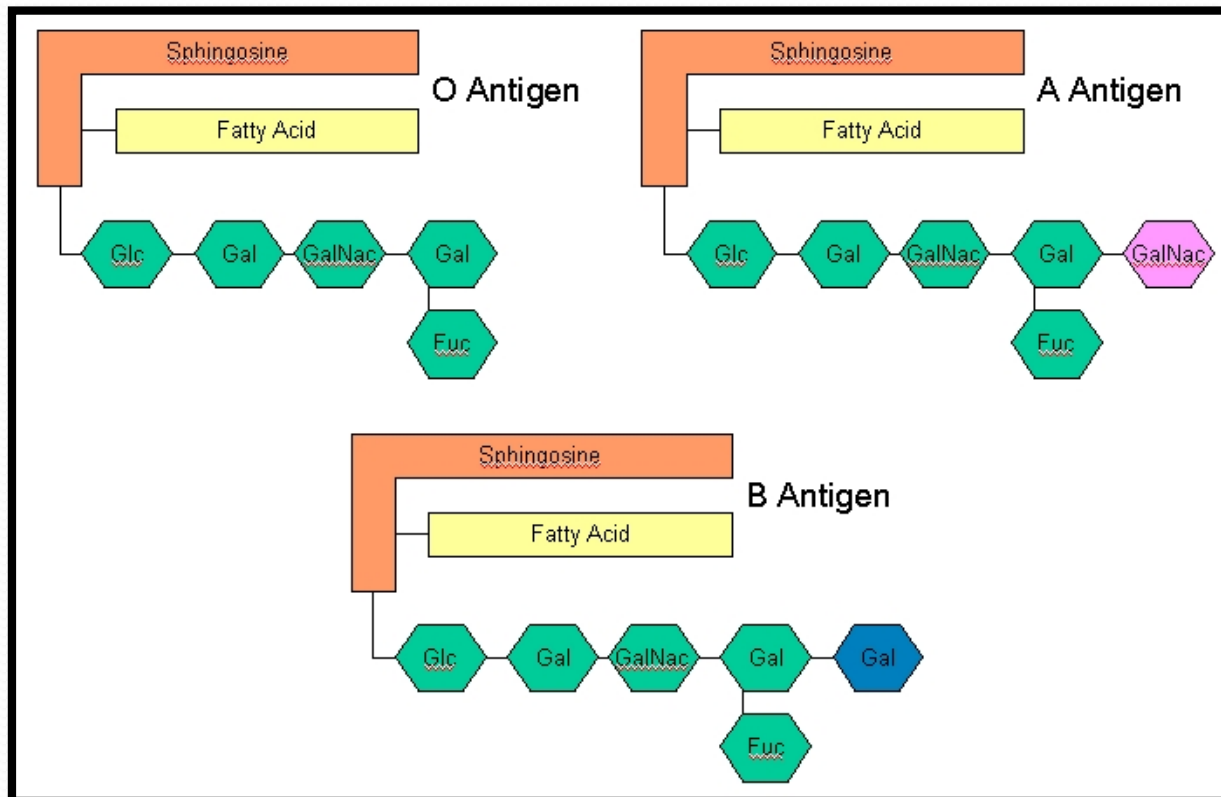
# GLICOLIPIDE

- Glicolipidele (sfingoglicolipidele) – cerebrozidele și gangliozidele - sunt prezente în cantități importante pe suprafața externă a membranei plasmatice.
- **Cerebrozidele** conțin o singură monozaharidă (glucoză sau galactoză) unită cu ceramida:



▣ **Gangliosidele**, cele mai complexe sfingolipide, conțin ceramidă și un fragment oligozaharidic. Gangliozidele constituie circa 6% din lipidele membranare în substanța cenușie a creierului uman și joacă un rol important în recunoașterea și interacțiunea celulară.

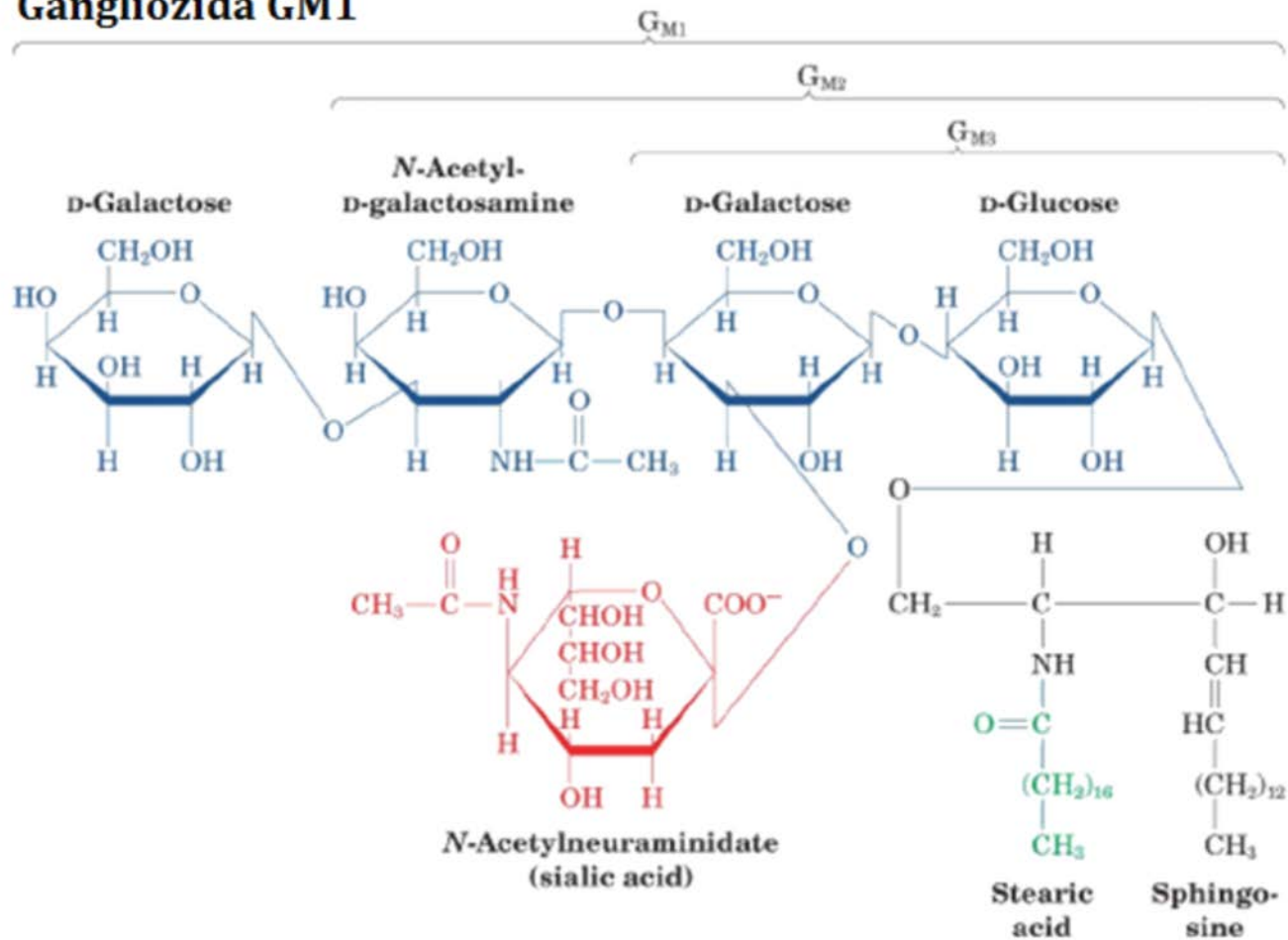
- Glicosfingolipidele sunt determinanții grupelor sanguine:





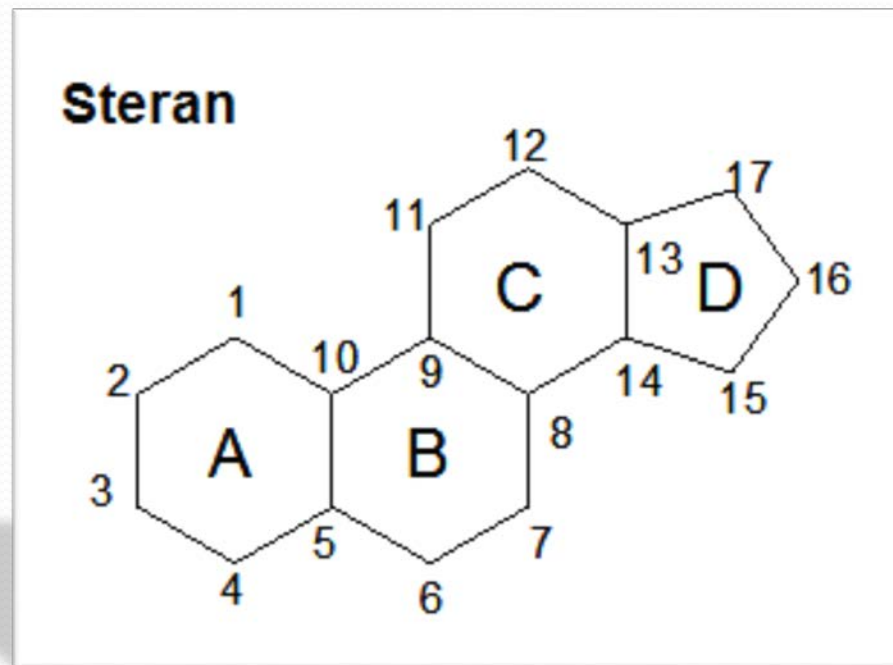
- **GM1-gangliosida** conține un rest de acid sialic. GM1 are proprietăți fiziologice importante și se implică în numeroase mecanisme de activitate și reparație a neuronilor.

## Ganglioziada GM1

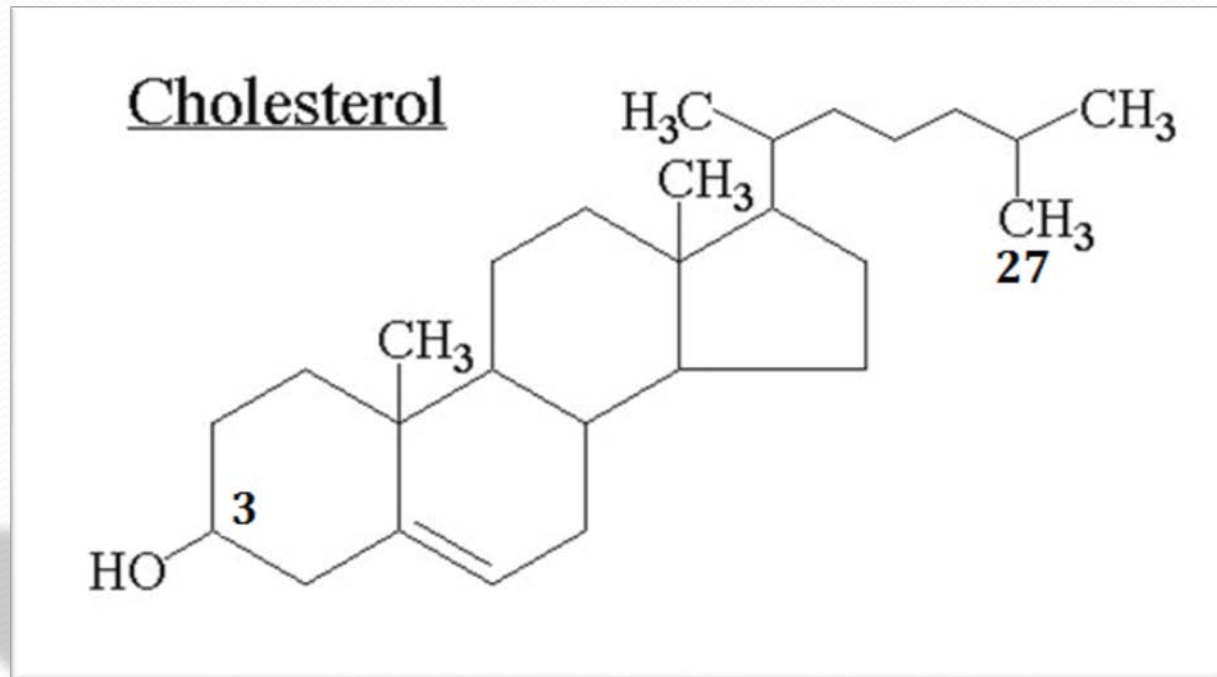


# STEROIZII

Steroizi se numesc grupul de compuși organici, care conțin sistemul tetraciclic condensat, constituit din trei inele ciclohexanice (A,B,C) și dintr-un inel ciclopentanic (D), numit *steran* (sau după nomenclatura sistematică - *ciclopentanperhidrofenantren*). La steroizi referim *colesterolul, hormonii steroizi, acizii biliari, vitamina D.*

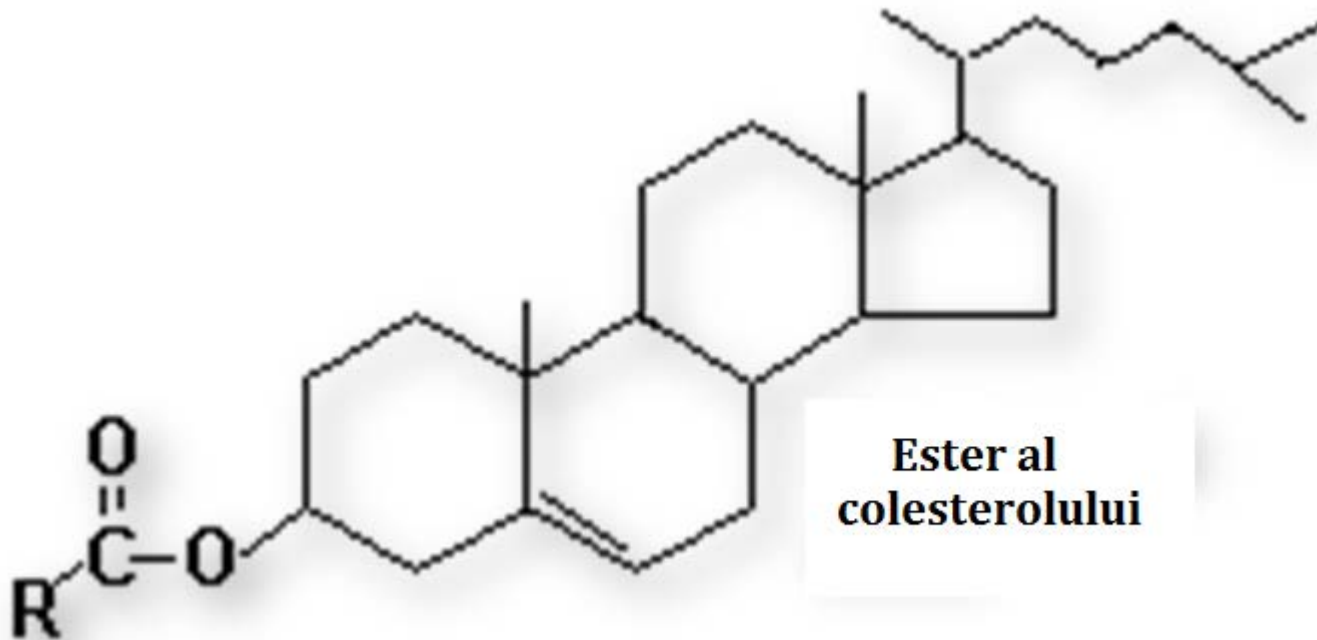


**Colesterolul** – cel mai important steroid. E constituent vital al membranelor celulare și precursor al vitaminei D, al hormonilor steroizi, acizilor biliari.





În țesuturile animale, în special în ficat, suprarenale și în lipoproteinele plasmei sanguine colesterolul poate fi esterificat cu diferiți acizi grași, mai frecvent cu acizi grași esențiali, formând astfel esteri ai colesterolului:



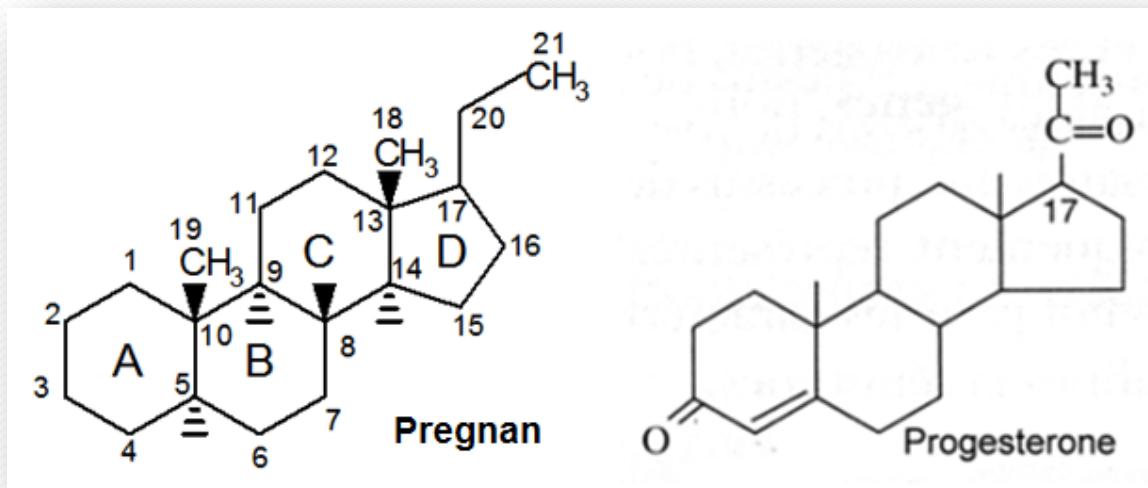
# HORMONII STEROIZI

Deosebim patru grupe de hormoni steroizi: **gestagenii** (hormonii corpului galben), **corticosteroizii** (hormonii cortexului suprarenalelor), **androgenii** (hormonii sexuali masculini), **estrogenii** (hormonii sexuali feminini).

La baza structurii chimice a gestagenilor și corticosteroizilor stă hidrocarbura saturată - pregnanul (10,13-dimetil-17-etilsteran) - cu 21 atomi de carbon.

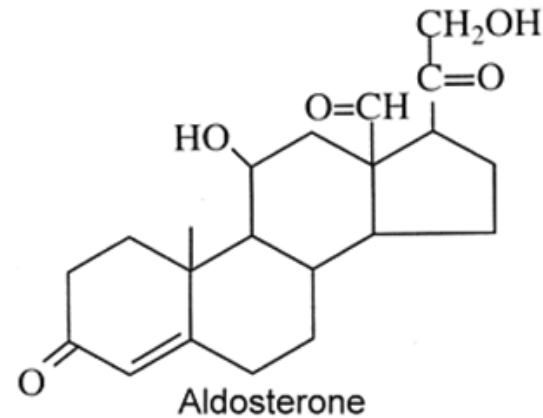
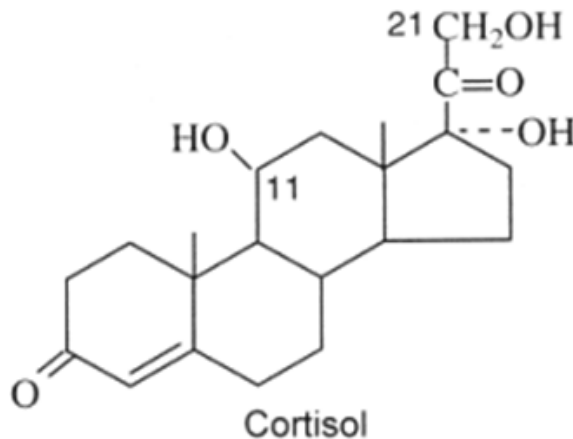
Pregnanul este precursorul progesteronei și a unor hormoni adenocorticoizi.

**Progesteronul** este un hormon steroid secretat de corpul galben al ovarului, sau placentă. El are proprietatea de a transforma mucoasa uterină, favorizând nidația oului fecundat în mucoasa uterină în perioada de sarcină.



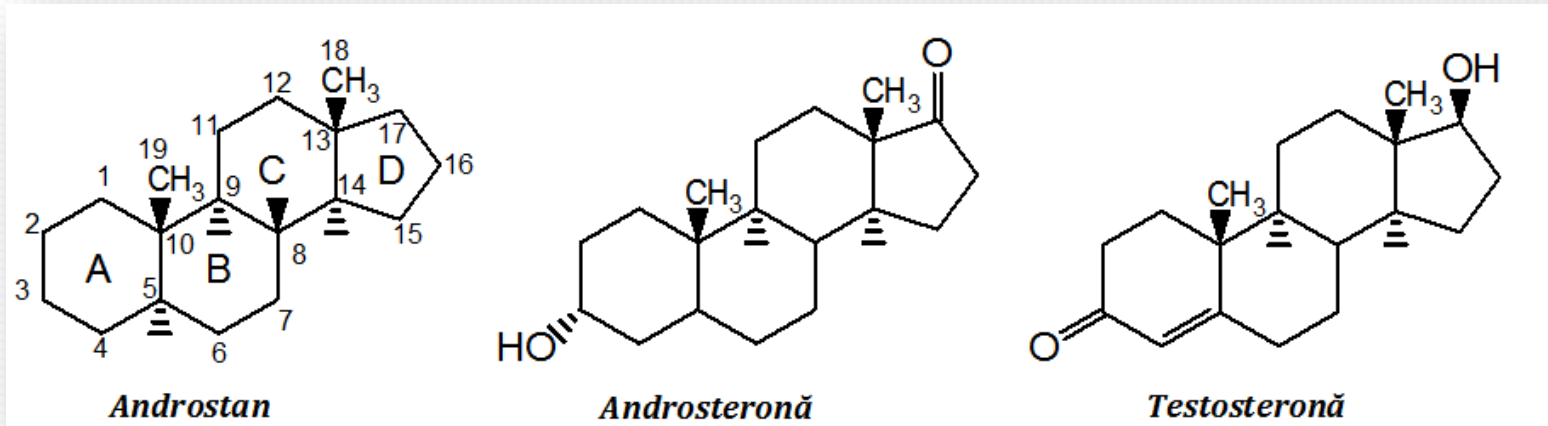
# Corticosteroizii

- hormonii cortexului suprarenalelor – reglează metabolismul glucidic (glucocorticoizii) și hidro-salin (mineralocorticoizii).
- Cel mai important reprezentant ai glucocorticoizilor este **cortizolul** (11 $\beta$ -,17 $\alpha$ -,21-trihidroxi-pregnen-4-dionă-3,20). El acționează ca antagonist al insulinei, sporind concentrația glucozei în sânge, provocând în ficat procesul de gluconeogeneză (de sinteză a glucozei).
- Cel mai important mineralocorticoid este **aldosteronul**, produs în *zona glomerulata* a cortexului glandelor suprarenale. Acesta acționează în special la nivelul tubilor distali și a tubilor colectori ai nefronilor, stimulând reabsorbția sodiului și a apei, precum și excreția de potasiu, ducând la creșterea volumului sângelui și a tensiunii arteriale.



# Hormonii androgeni (hormonii sexuali masculini).

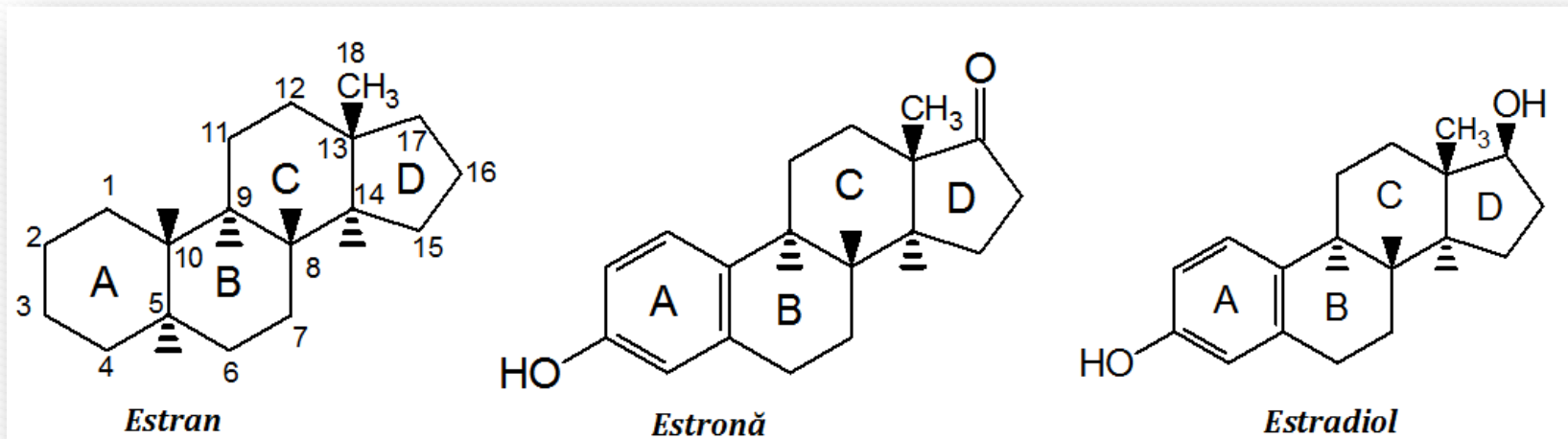
La baza structurii chimice a hormonilor androgeni se află hidrocarbura **androstan** (10,13-dimetilsteran) – cu 19 atomi de carbon. Principalii hormoni sexuali masculini sunt **androsteronul** (3 $\alpha$ -hidroxi-5 $\alpha$ -androstanonă-17) și **testosteronul** (17 $\beta$ -hidroxiandrosten-4-onă-3) mai activ.



Androgenii stimulează dezvoltarea și funcțiile glandelor genitale masculine și dezvoltarea semnelor sexuale masculine secundare. Se sintetizează în testicule, corticosuprarenale, și în foarte mici cantități în ovare.

# Hormonii estrogeni (hormonii sexuali femenini)

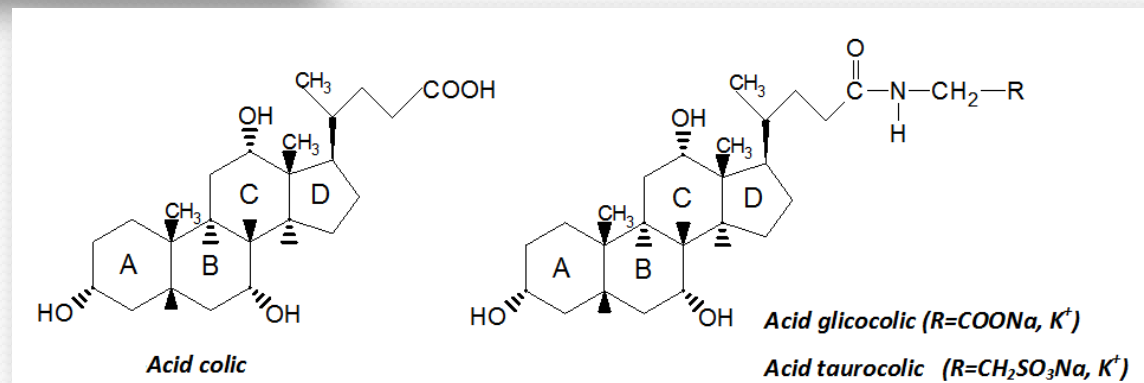
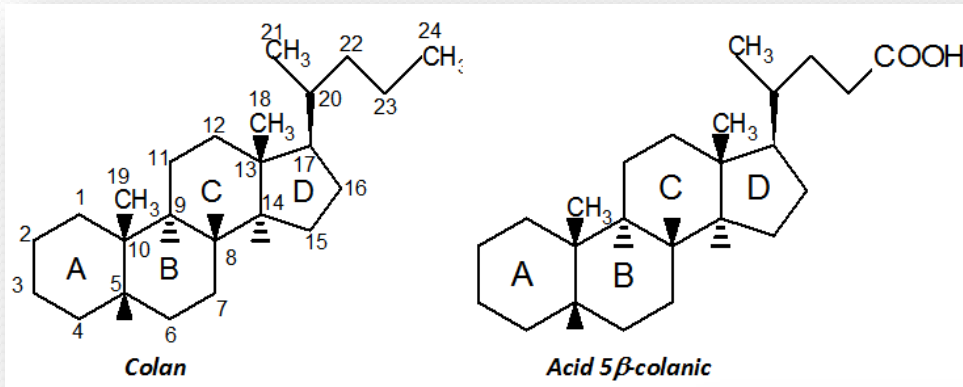
La baza structurii chimice a hormonilor estrogeni se află hidrocarbura **estran** (13-metil-steran) – cu 18 atomi de carbon. Cei mai importanți hormoni estrogeni sunt **estrona** și **estradiolul**. La hormonii estrogeni inelul A este aromatic.



Estrogenii sunt produși în glandele sexuale feminine, dar în cantități mici și în glanda suprarenală și testicule. Estrogenii stimulează dezvoltarea și funcțiile glandelor genitale feminine, dezvoltarea semnelor sexuale feminine secundare, și împreună cu gestagenii reglează ovulația, fecundarea, sarcina.

# Acizii biliari

La baza structurii chimice a acizilor biliari stă hidrocarbura **colanul** (10,13 dimetil-17-sec.pentilsteran) – cu 24 atomi de carbon, care se oxidează în **acidul 5 $\beta$ -colanic**, prin hidroxilarea căruia se obțin acizii biliari. În organismul uman acizii biliari se sintetizează din colesterol. Acizii biliari contribuie la emulsionarea grăsimilor din hrană, activează enzima lipaza, care catalizează hidroliza grăsimilor. Din bila omului au fost separați câțiva acizi biliari, printre care **acidul colic** în formă de amide cu glicina (**acidul glicocolic**) sau cu taurina (**acidul taurocolic**).



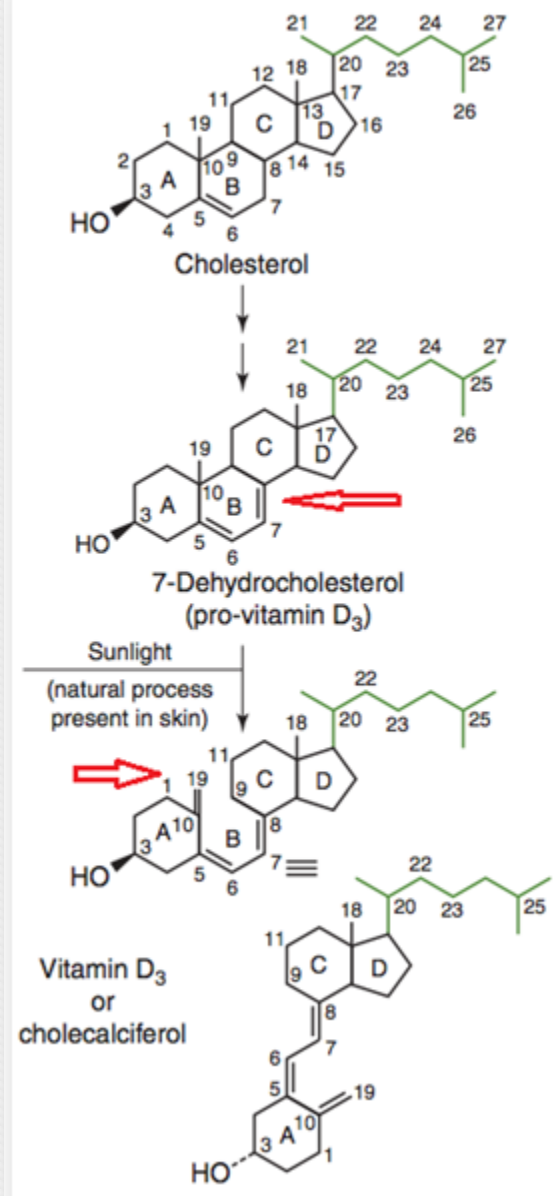
# VITAMINA D -

□ Se referă la grupul vitaminelor liposolubile, este responsabilă pentru absorbția intestinală a calciului, fierului, magneziului, fosfaților, zincului. Vitamina D joacă un rol important în homeostazia și metabolismul calciului. Insuficiența vitaminei D duce la dezvoltarea rahitizmului la copii.

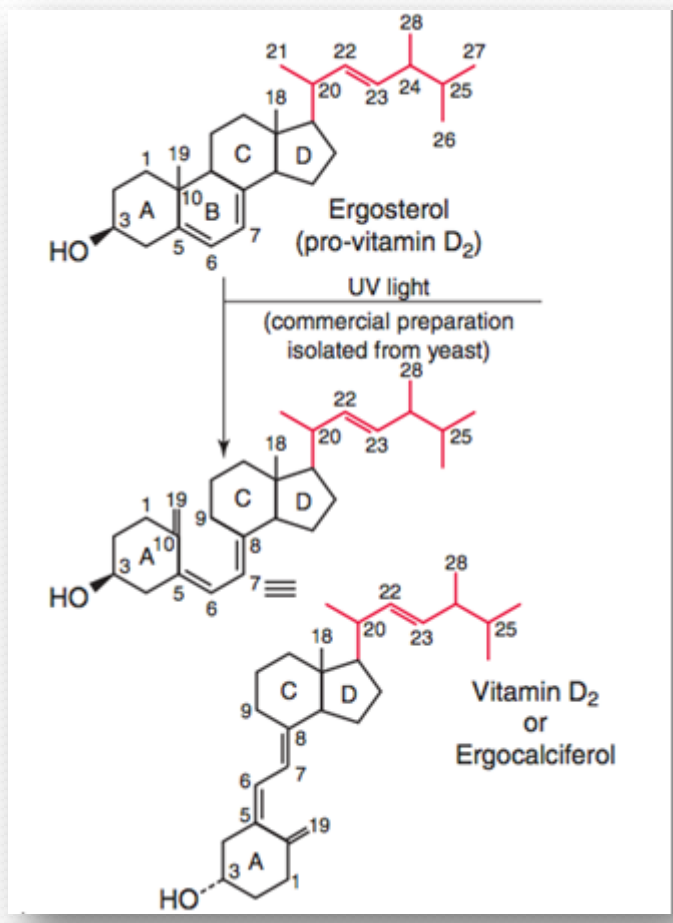
□ Pentru om cele mai importante forme ale vitaminei D sunt **vitamina D<sub>3</sub>** (sau *colecalfiferolul*) și **vitamina D<sub>2</sub>** (*ergocalciferolul*). Sursa naturală majoră a vitaminei D (în special a colecalfiferolului) este sinteza ei în piele sub acțiunea razelor solare (radiației ultraviolete). Colecalciferolul și ergocalciferolul pot fi de asemenea obținute din sursele alimentare.



# Sinteza vitaminei D<sub>3</sub> (colecalfierolului):

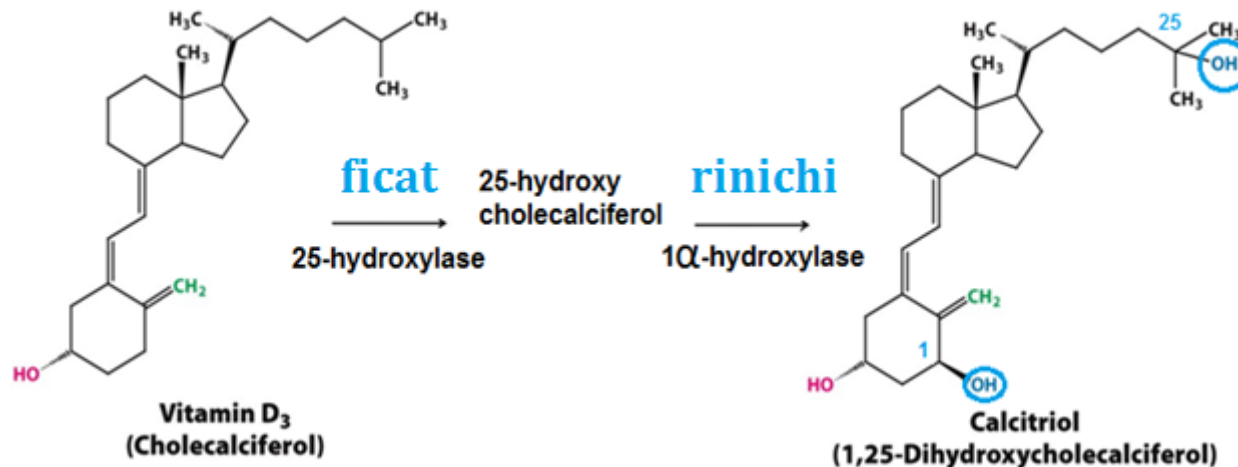


# Formarea vitaminei D<sub>3</sub> (ergocalciferolului):





Vitaminele D din alimente sau din sinteza sub acțiunea razelor ultraviolete sunt biologic inactive; activarea necesită două hidroxilări enzimatică în ficat și în rinichi. În ficat, coledalciferolul (vitamina D<sub>3</sub>) este hidroxilat în poziția 25, devenind calcidiol (25-hidroxicolecalciferol (25(OH)D<sub>3</sub>)). Apoi calcidiolul este transportat spre rinichi, unde este hidroxilat în poziția 1, transformându-se în calcitriol (**1,25-dihidroxicolecalciferol**) – forma activă a vitaminei D.

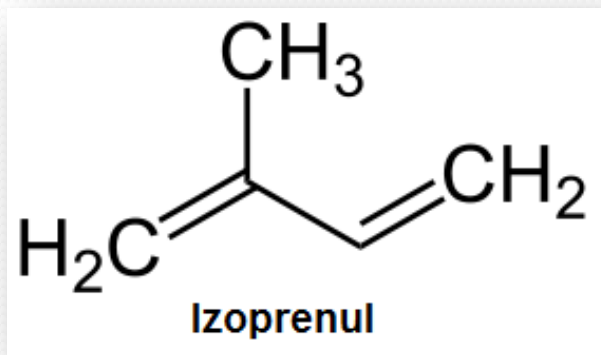


Mecanismul de acțiune a calcitriolului se aseamănă cu cel hormonal. Calcitriolul acționează ca un hormon, reglând absorbția intestinală de calciu și concentrația de calciu și fosfați în sânge, favorizând creșterea și remodelarea oaselor. Calcitriolul de asemenea influențează funcțiile neuromusculare și imune.

Deoarece vitamina D este sintetizată în cantități adecvate la expunerea la soare de majoritatea mamiferelor, nu este strict o vitamină, și poate fi considerată hormon.

## TERPENELE. VITAMINELE LIPOSOLUBILE A, E, K

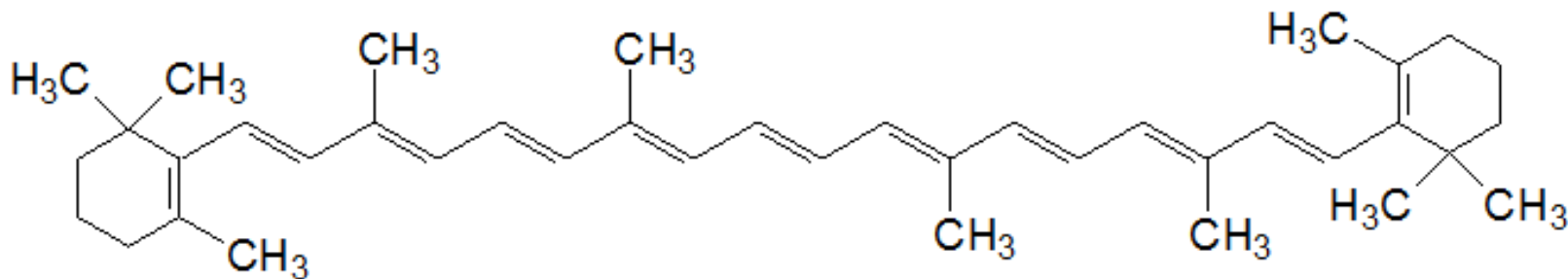
**Terpenele**, cunoscute și sub denumirea de izoprenoide, reprezintă o grupă de substanțe chimice, heterogene din punct de vedere structural, care sunt foarte răspândite în natură. Structura lor de bază pornește de la structura izoprenului:



Fragmente terpenice se conțin în componența vitaminelor liposolubile: **A, E, K.**

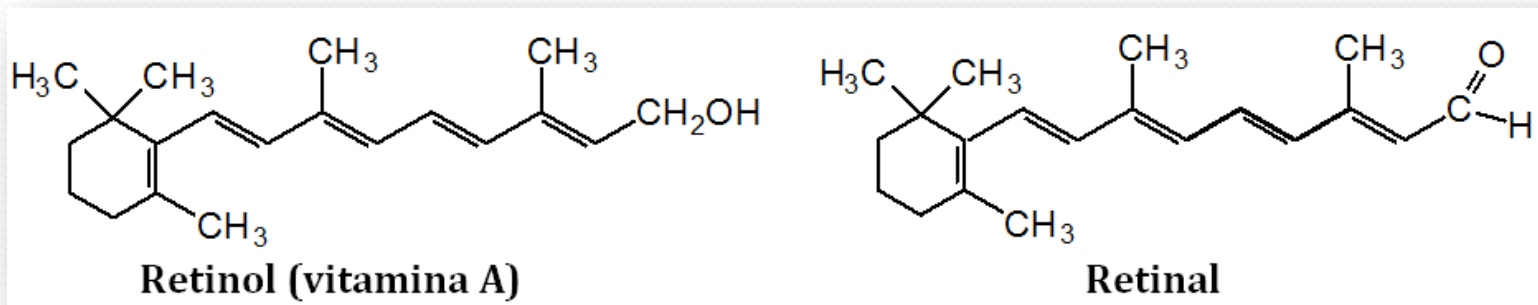
## Carotinoidele

- reprezintă un grup de terpene, răspândite în plante ca pigmenți vegetali (morcov, roșii, porumb ș.a.). Moleculele lor conțin un număr mare de duble legături conjugate și de aceea sunt substanțe colorate. Pentru carotenoidele naturale este caracteristică configurația trans a dublelor legături. De exemplu,  $\beta$ -carotenul:



*$\beta$ -Caroten*

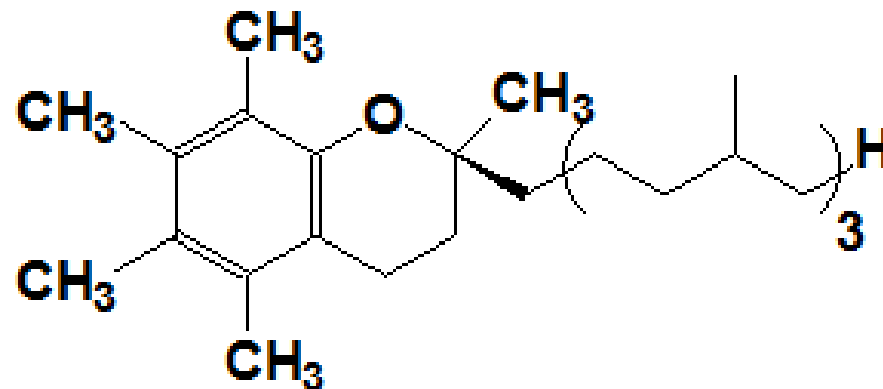
Molecula de  $\beta$ -caroten în organism sub acțiunea enzimei carotinazei, se scindează în două molecule de **vitamina A**, care în continuare se oxidează în **trans-retinal**:



În retină trans-retinalul sub acțiunea enzimei retinalizomeraza se transformă în cis-retinal, iar apoi se leagă cu proteina bastonașelor retinei - *opsina* într-un aminocompus, formând pigmentul fotosensibil *rodopsina*, care participă în procesul vizual. Vitamina A se conține în uleiul de pește, în gălbenuș de ou ș.a. La insuficiență de vitamina A în organism se dereglează creșterea normală, mecanismul vizual, precum și se micșorează rezistența organismului față de infecții.

# Vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol)

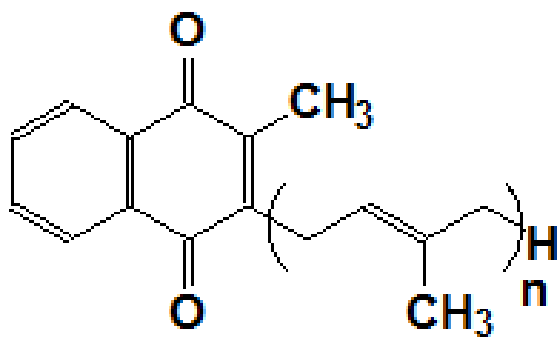
- reprezintă un derivat al hidrochinonei cu fragmente izoprenice. Se conține în uleiuri vegetale. În organismul uman vitamina E joacă un rol important, funcționând ca un antioxidant. Principala ei funcție biologică este de a favoriza fertilitatea.



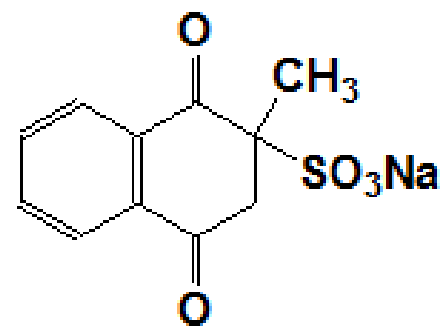
*Vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol)*

## Vitamina K

-reprezintă derivat al 1,4-naftochinonei cu catene izoprenice. Posedă acțiune antihemoragică și este necesară pentru asigurarea coagulării normale a sângelui. În practica medicală se utilizează analogul sintetic - vicasolul.

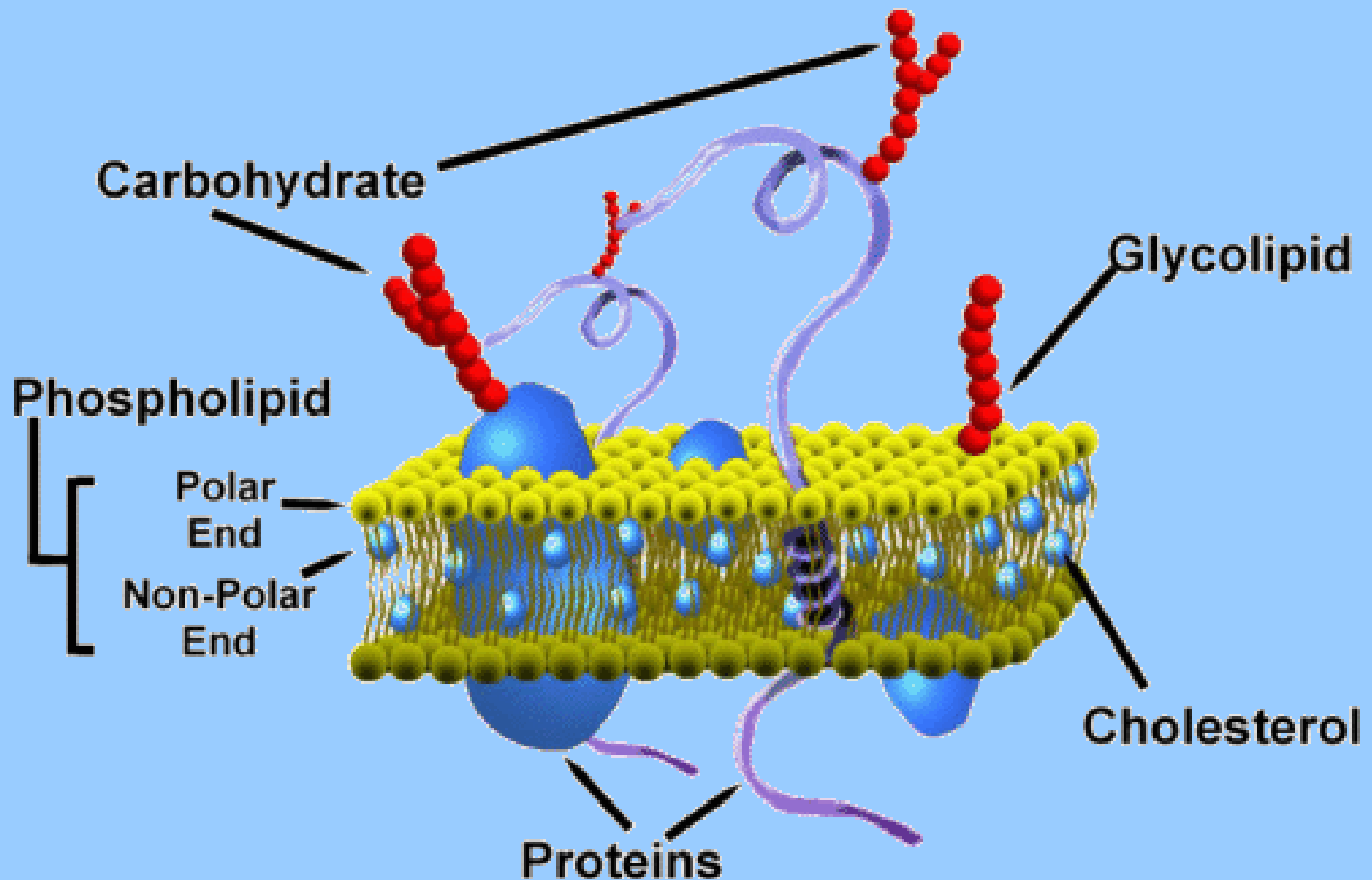


*Vitamina K<sub>2</sub> (n = 6, 8)*



*Vicasol*

**Extracellular**



**Intracellular**