

# ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ

## Кафедра біохімії та гігієни

Борецький Ю.Р.

### **Ліпіди як необхідні компоненти харчового раціону**

Лекція навчальної дисципліни «Харчова хімія»

Для студентів I курсу спеціальності 241 “Готельно-ресторанна справа”

ЗАТВЕРДЖЕНО  
на засіданні кафедри біохімії та гігієни  
Протокол № від 2018 року

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
д.б.н. Борецький Ю.Р.

# **ЛІПІДИ як необхідні компоненти харчового раціону**

- **Хімічний склад і біологічна роль ліпідів.**
- **Характеристика жирних кислот.**
- **Класифікація ліпідів.**
- **Нейтральні жири.**
- **Фосфоліпіди.**
- **Гліколіпіди.**
- **Стероїди.**

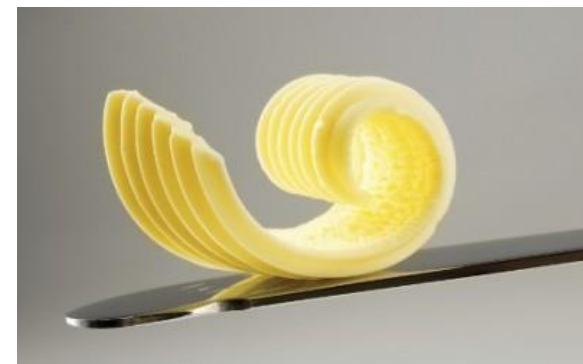
**Ліпіди, або жири (від грецького lipos - жир) – це ряд органічних сполук, не розчинних у воді. Вони розчиняються в органічних розчинниках, таких як ефіри, хлороформ, бензол. До ліпідів належать також жиророзчинні вітаміни, простагландини, пігменти та деякі інші не розчинні у воді сполуки.**



<http://slavs.org.ua/forum/topic/1510/salo/>



<http://chem-polezno.com/img/xolivki.jpg.pagespeed.ic.fQCn0UcBXT.jpg>



<http://vkurse.ua/ua/business/maslo-podeshevelo.html>

Більшість молекул ліпідів, як і вуглеводів, складається з атомів карбону (С), гідрогену (Н), кисню (О).

Але вміст кисню у відношенні до інших атомів є значно меншим ніж у вуглеводах.

Це видно на прикладі формули



Тому для окиснення 1г ліпідів потрібно значно більша кількість кисню, ніж для окиснення 1г вуглеводів.

Ліпіди в організмі виконують різноманітні біологічні функції, основні з яких:

*Енергетична.*

*Структурна.*

*Регуляторна (гормональна).*

*Терморегуляторна.*

*Захисна.*

*Функція розчинника.*

# ЕНЕРГЕТИЧНА ФУНКЦІЯ ЛІПІДІВ

**Вуглеводи утворюються в природі в рослинах в результаті фотосинтезу. В цьому складному біохімічному процесі зеленими частинами рослини поглинається вода, вуглекислий газ та енергія Сонця, яка запасється у вигляді хімічних зв'язків відновленого вуглецю (карбону) у вуглеводах.**

**У клітинах живих організмів вуглеводи можуть бути використані для синтезу інших сполук, в тому числі і високоенергетичних жирів.**

Для порівняння:

**В 1 молі глюкози (180,16 г) акумульовано приблизно 680 Ккал енергії Сонця.**

**180,16 г жиру потенційно має 1675 Ккал енергії (7020кДж) (≈ у 2,5 рази більше).**

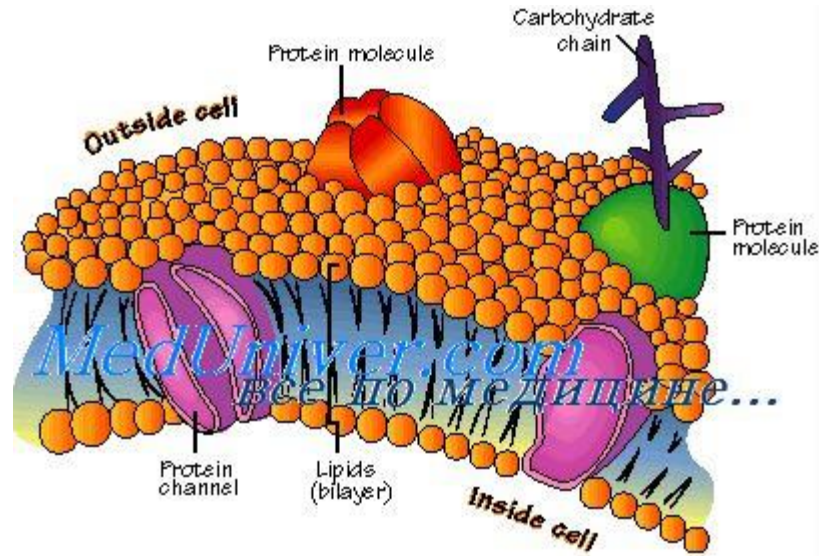
1 кал = 4,1868 Дж

**В організмі людини у вигляді ліпідів запасється велика кількість енергії. Якщо глікоген печінки і скелетних м'язів може забезпечити біля 2000 ккал енергії, то ліпіди м'язів і жирових тканин – біля 70000 ккал.**

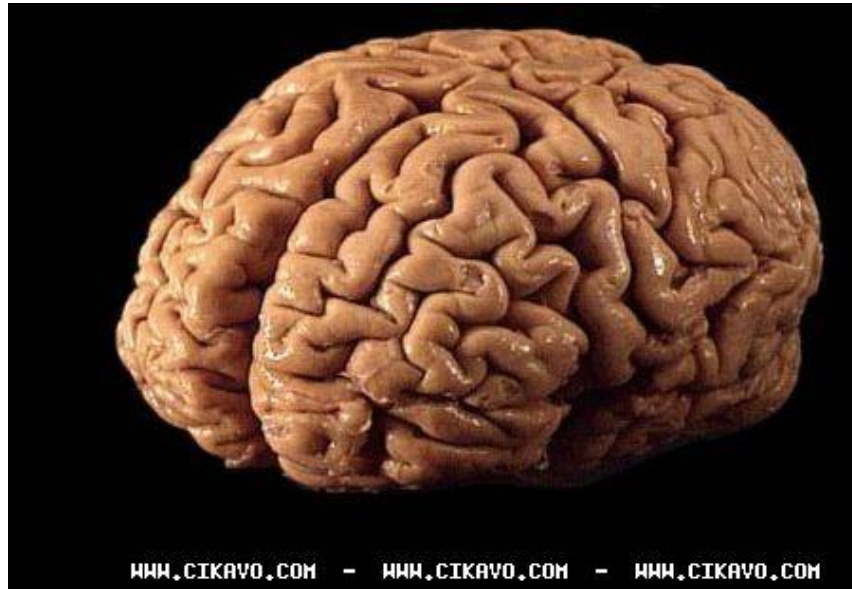
**Запаси ліпідів в організмі практично невичерпні, оскільки навіть при подоланні марафонської дистанції їх використовується менше 1 кг.**

# СТРУКТУРНА ФУНКЦІЯ ЛІПІДІВ

Ліпіди в комплексі з білками є необхідним структурним компонентом всіх клітинних мембран.



<http://meduniver.com/Medical/Physiology/473.html>

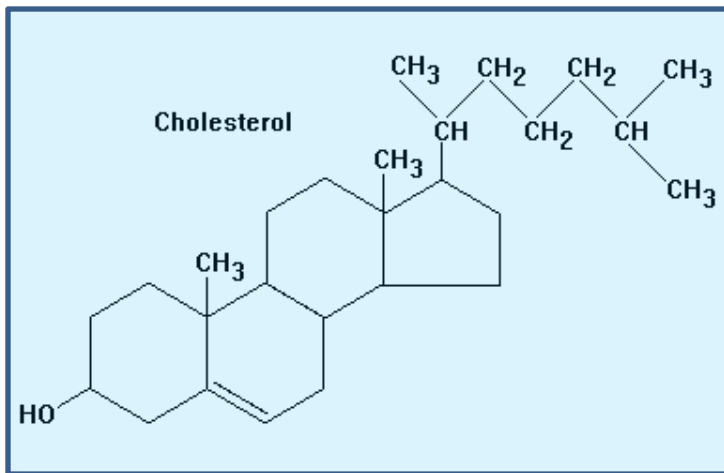


**1. Мозок є лідером по енергоспоживанню в нашому організмі.** Дійсно, хоча процентне співвідношення маси мозку до загальної маси тіла складає всього 2%, на нього "працює" 15% серця, а сам мозок споживає більше 20% кисню, який захоплюється легенями. Для доставки кисню в мозок працюють три великі артерії, які призначені виключно для його постійного підживлення.

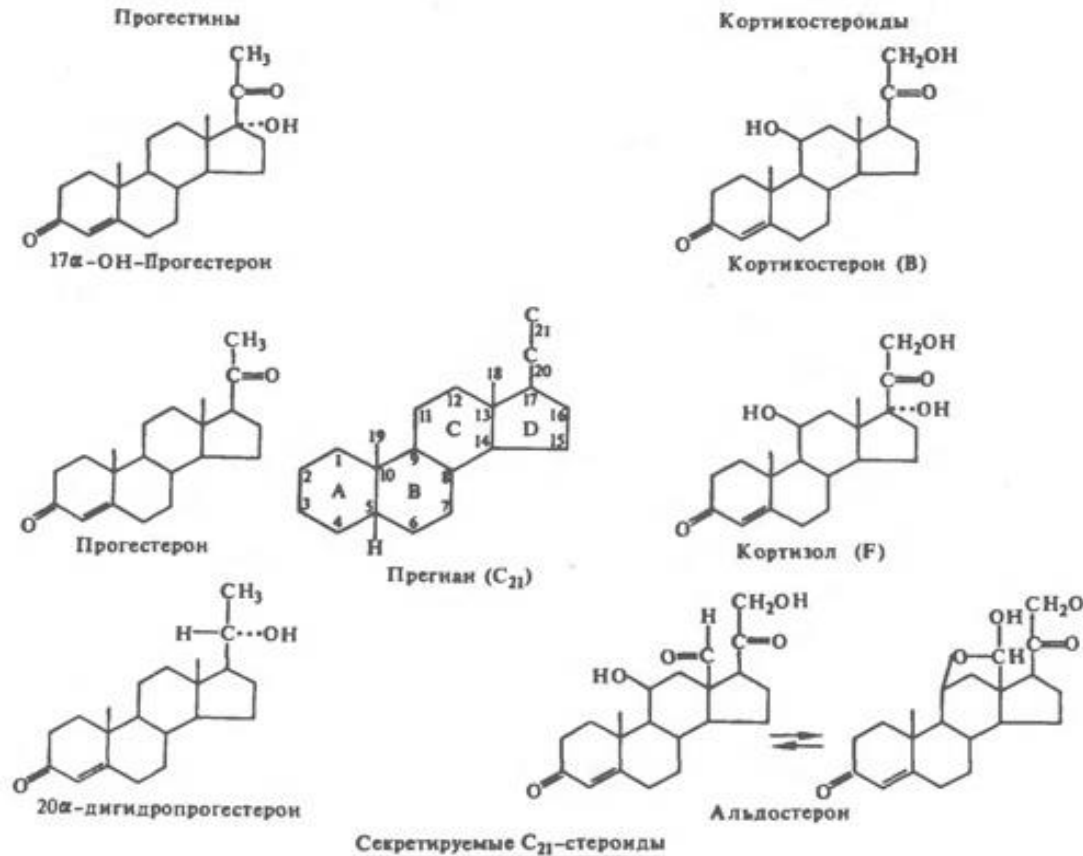
<http://cikavo.com/article/11129.html>

# РЕГУЛЯТОРНА (ГОРМОНАЛЬНА) ФУНКЦІЯ ЛІПІДІВ

Регуляторну функцію виконують гормони стероїдного походження, а також інші гормони ліпідної природи (простагландини).



<http://www.happydoctor.ru/info/43>



<http://medbe.ru/materials/endokrinnye-funktsii/khimicheskaya-struktura-gormonov-steroidnye-gormony/>



# ТЕРМОРЕГУЛЯТОРНА ФУНКЦІЯ ЛІПІДІВ

Підшкірні ліпіди захищають організм від переохолодження



<http://kak-i-pochemu.ru/zachem-oxotyatsya-na-kitov.html>

# ЗАХИСНА ФУНКЦІЯ ЛІПІДІВ

Ліпідні прошарки захищають кровоносні судини, нервові закінчення та внутрішні органи від різких струсів, ударів та стискання. Жир сприяє еластичності та міцності шкірного покриву.



<http://blog.i.ua/user/3889460/639663/>

## ЛІПІДИ ЯК РОЗЧИННИКИ

В жирах розчиняються багато органічних речовин (вітаміни А, D, Е, К) та ряд токсичних сполук, які організм не може швидко нейтралізувати



<http://yak-prosto.com/yak-priyati-vitamin-e-i-z-chim/>

# ХАРАКТЕРИСТИКА ЖИРНИХ КИСЛОТ

Характерним структурним компонентом більшості ліпідів є *жирні кислоти*, в яких акумулюються великі енергетичні запаси, які звільняються при окисленні.

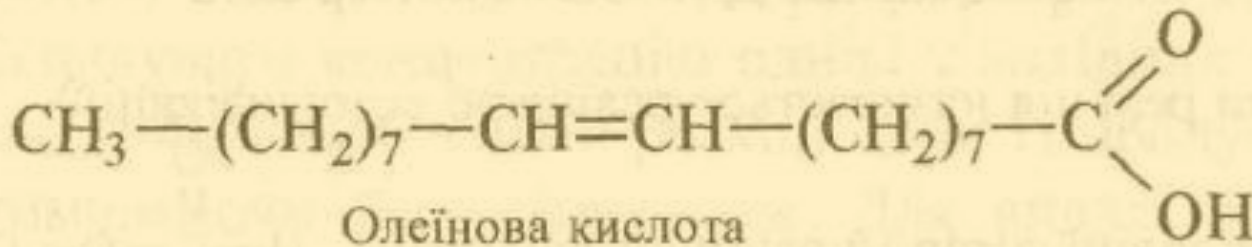
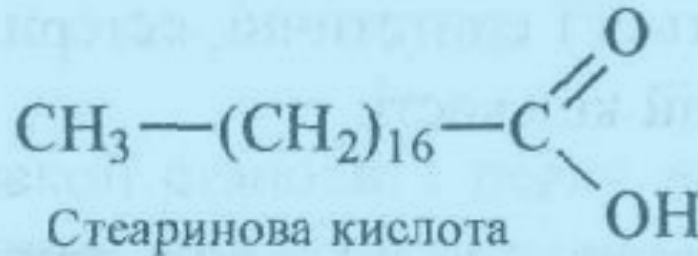
У вільному стані вони з'являються після ферментативного гідролізу тригліцеридів.

*Жирні кислоти*. – органічні кислоти з довгим вуглеводневим ланцюгом, який містить від 4 до 24 і більше атомів карбону, і однією карбоксильною групою.

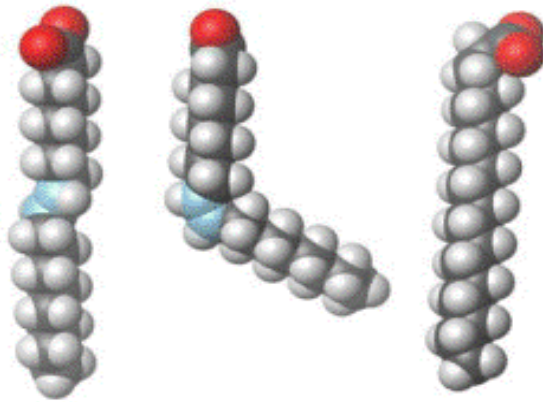
Загальна формула жирних кислот -  $C_nH_{2n+1}-COOH$ .

Для багатьох жирних кислот є характерною наявність парної кількості атомів карбону, що зумовлено специфікою їх синтезу. У склад ліпідів організму людини найчастіше входять жирні кислоти з 16 або 18 атомами карбону.

Жирні кислоти поділяються на **насичені** і **ненасичені**.



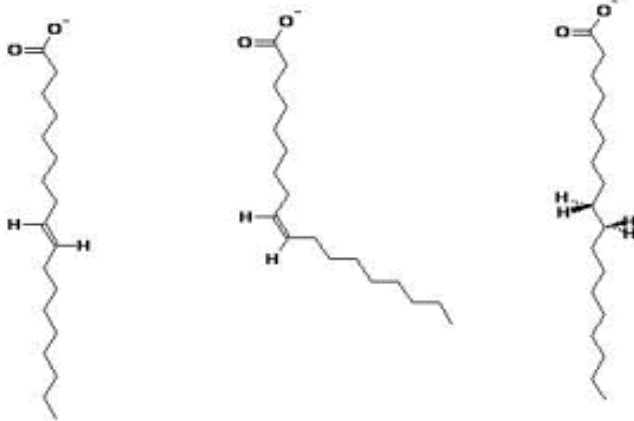
**У насичених жирних кислотах всі вільні зв'язки вуглецевих атомів заповнені воднем. Такі жирні кислоти не мають подвійних або потрійних зв'язків у вуглецевому ланцюзі. Ненасичені жирні кислоти мають подвійні зв'язки між 9 і 10 атомами вуглецю. Жирні кислоти, які містять дві і більше ненасичених зв'язків називаються – поліненасиченими.**



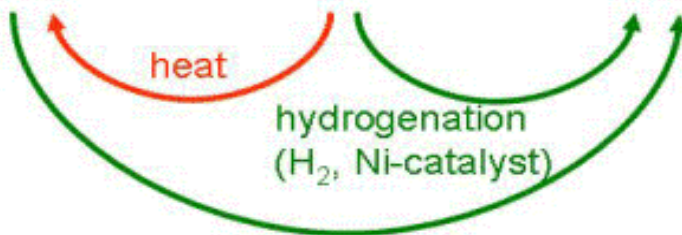
**Ненасичені жирні кислоти хімічно активні.** Вони легко приєднують два атоми водню за місцем подвійних зв'язків стаючи насиченими. Цей процес називається **гідрогенізацією**.

Рідкі жири при цьому перетворюються в тверді (олія - маргарин).

Вони хімічно стабільніші, проте в ході реакції утворюються транс-ізомери жирних кислот, які є дуже шкідливими.



elaidic acid (trans unsat.)    oleic acid (cis unsat.)    stearic acid (saturated)



# ПРОДУКТИ ІЗ ВИСОКИМ ВМІСТОМ ТРАНС-ЖИРІВ



<https://www.google.com.ua/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwipqNWGr83KAhXHnRoKHf8CAegQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fwww.zozhnik.ru%2Fzachem-est-zhiry%2F&psig=AFQjCNHb0zkMtWVhVSH-FPNSyxr62dzS9g&ust=1454099899398609>

[http://www.logoslovo.ru/forum/all/topic\\_2579/](http://www.logoslovo.ru/forum/all/topic_2579/)

**Негативний ефект «транс жирів» проявляється при вживанні 2-7 г на добу. Деякими законодавствами заборонено використання такої олії, наприклад у Данії штаті Філадельфія та Нью-Йорк**

# ВМІСТ ТРАНС-ІЗОМЕРІВ У РІЗНИХ ЖИРАХ

Продукція	Вміст
Молочний жир	2,3 — 8,6 %
Говяжий жир	2,0 — 6,0 %
Сирі рослинні жири	<0,5 %
Рафіновані рослинні жири	<1 %
М'які маргарини	0,1 — 17 %
Маргарини для випічки	20 — 40 %
Кулінарні жири	18 — 46 %

Основний транс-ізомер молочного і говяжого жиру – **вакценова кислота**. В організмі людини може перетворюватись в руменову, яка **вважається корисною**.

**В 2009 році ВОЗ рекомендувала повністю видалити промислові транс-жири із продуктів харчування.**



# ТРАНС-ЖИРИ У ДЕРЖАВНИХ СТАНДАРТАХ НА ПРОДУКТИ ХАРЧУВАННЯ

**Станом на 2009 рік в Україні відсутні державні стандарти на жири з нормування вмісту бенз(а)пірену, масової частки транс-ізомерів жирних кислот в продуктах харчування, не запроваджено маркування цих показників на спожитковій тарі продуктів, так як це прийнято в країнах Європейського Союзу.<sup>[5]</sup>**

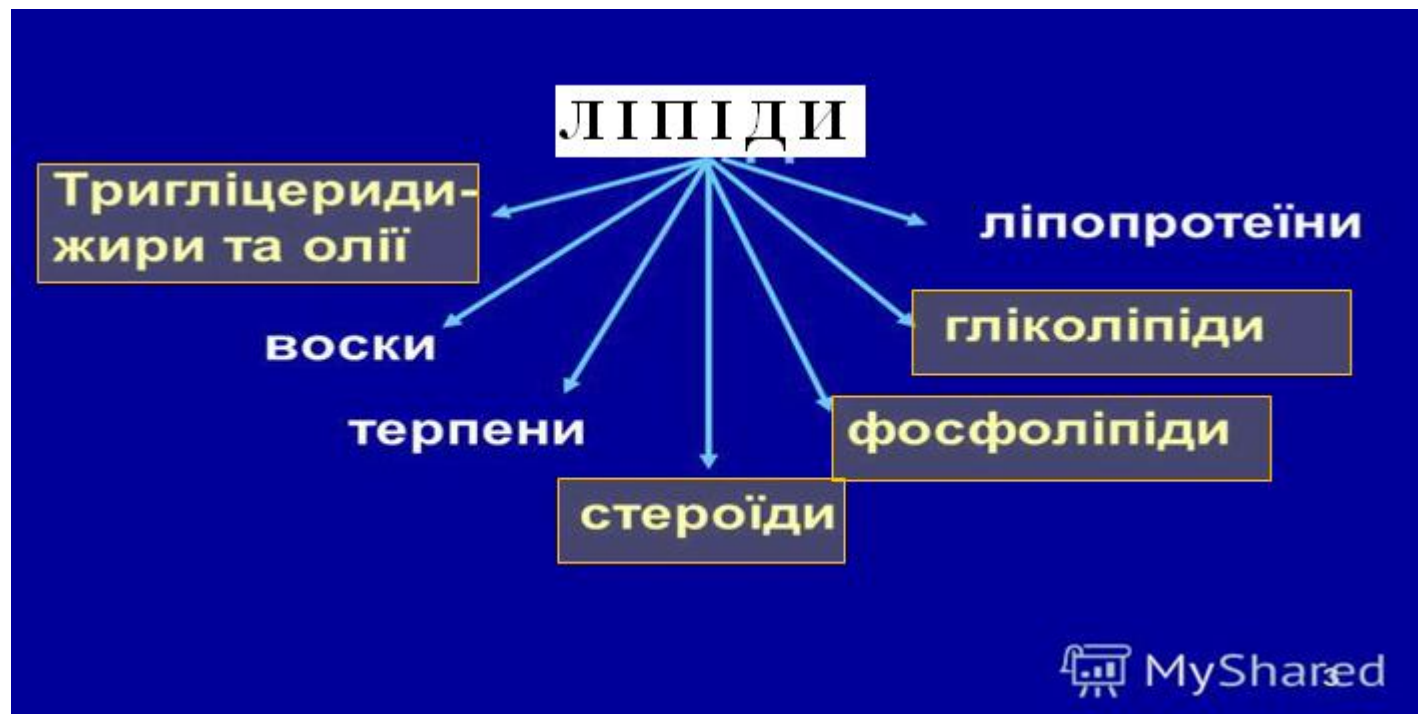
У багатьох країнах світу вміст транс-ізомерів жирних кислот позначають на маркуванні спожиткової тари, коли в одній упаковці їх міститься більше 0,5 г. З 1 січня 2004 р. в країнах Європейського Союзу максимальна норма транс-ізомерів жирних кислот у жирах, які використовуються для виробництва харчових продуктів, повинна бути не більше 2%.<sup>[4]</sup>

У країнах Європейського Союзу максимально допустимий рівень транс-ізомерів жирних кислот у жирах, які використовують для виробництва страв, харчових продуктів, становить 2% від загальної енергетичної цінності раціону, а для жирів, позначених "без транс-ізомерів жирних кислот" — 1%.<sup>[4]</sup>

**В Україні у маргаринах (з 01.01.2007р.), спредах і сумішах (з 01.07.2006р.), що призначені для ресторанного господарства, масова частка транс-ізомерів олеїнової кислоти повинна бути **не більше 8%**.**

**Україна посідає перше місце в Європі за смертністю від серцево-судинних захворювань.**<sup>[11]</sup>

# ОСНОВНІ КЛАСИ ЛІПІДІВ



<http://www.myshared.ru/slide/1191596/>

Сучасна номенклатура і класифікація ліпідів, що використовується в дослідженнях у галузі ліпідоміки, ґрунтується на поділі їх на **вісім основних груп**, кожна із яких скорочено позначається двома англійськими літерами: Жирні кислоти (FA); Гліцероліпіди (GL); Гліцерофосфоліпіди (GP); Сфінголіпіди (SP); Стероїдні ліпіди (ST); Пренольні ліпіди (PR); Сахароліпіди (SL); Полікетиди (PK).

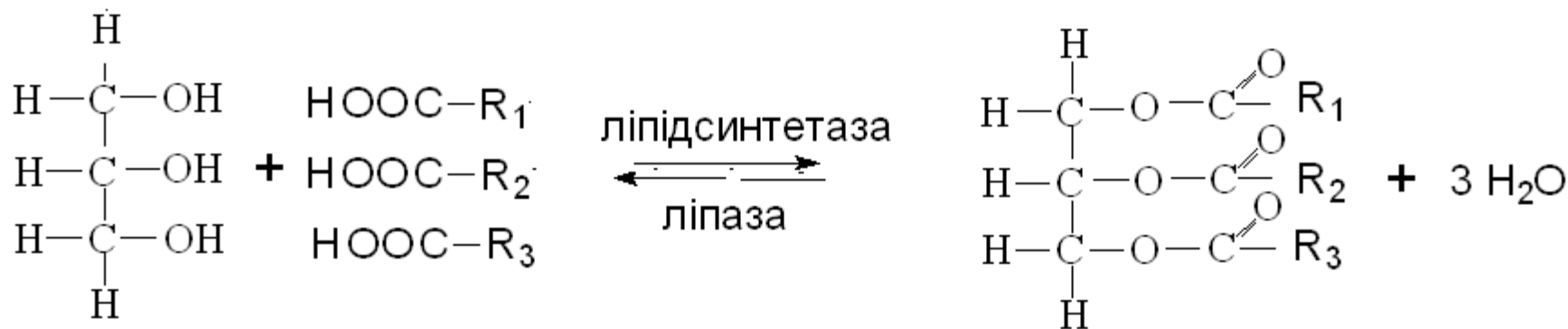
**Тригліцериди.** До нейтральних жирів належить група ліпідів, які складаються з триатомного спирту гліцерину і трьох залишків жирних кислот, тому вони називаються *тригліцеридами*.

До складу нейтральних жирів можуть входити три однакові жирні кислоти (тригліцерид) або різні жирні кислоти утворюються змішані жири, які називаються в залежності від того, які жирні кислоти входять до його складу. Фізико-хімічні властивості жирів визначається складом жирних кислот.

Жири, до складу яких входять переважно **насичені** жирні кислоти – **тверді**, а **ненасичені** жирні кислоти – **рідкі**.

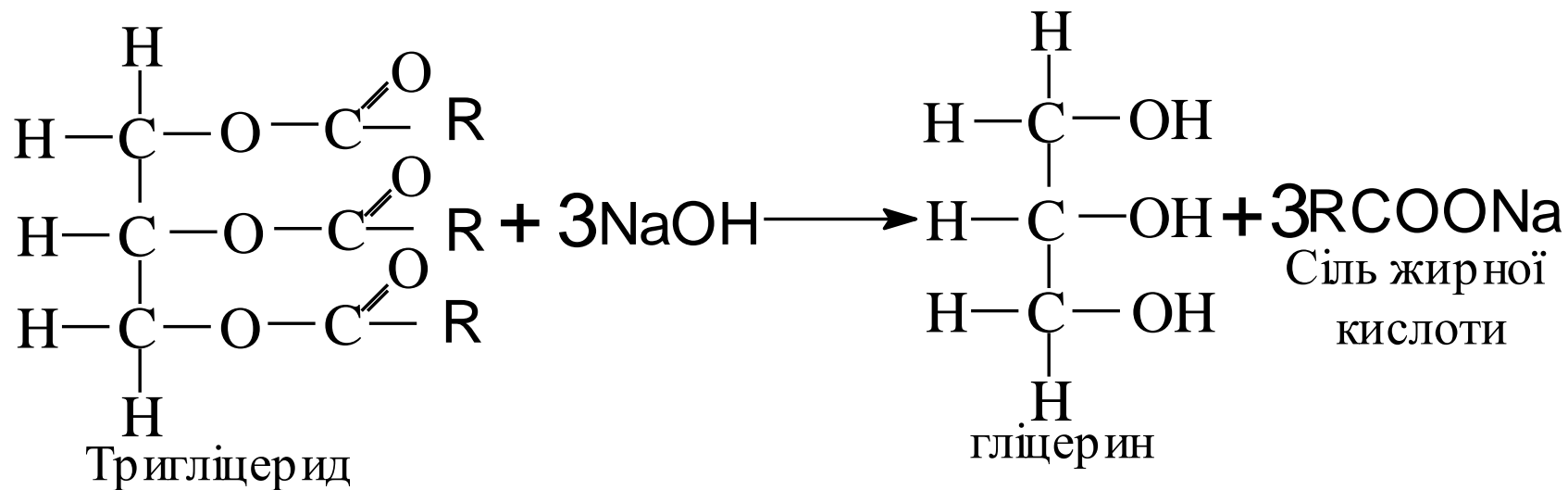
Тверді жири переважно жири тваринного походження, за виключенням риб'ячого жиру.

Рідкі жири – це рослинні олії, за виключенням кокосового і пальмового масла.



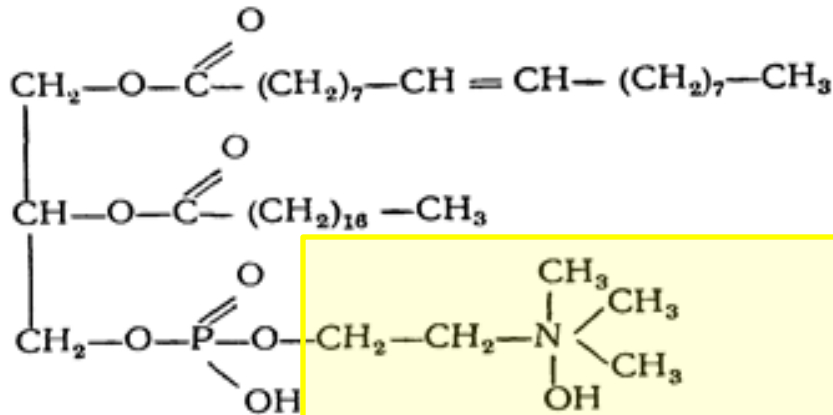
Якщо реакцію гідролізу жирів проводити в присутності лугів (NaOH, KOH), то утворюються **натрієві або калієві солі жирних кислот**, які **називають милами**, а сама реакція – омиленням.

Ця хімічна реакція лежить в основі виробництва мила.



**Фосфоліпід** – це жироподібні речовини, які складаються зі спирту (найчастіше гліцерину), двох залишків жирних кислот, залишку фосфорної кислоти і азотовмісної речовини (холін, серин).

На сьогодні виділяють 25 різних підкласів фосфоліпідів.



**Фосфатидилхолін  
(лецитин)**

застосовується для  
профілактичного  
лікування та  
мезотерапії

Фосфоліпід широко поширені у всіх органах і тканинах організму людини. Найважливіші з них – холінфосфоліпід, коламінфосфатиди, серинфосфатиди.

Фосфоліпід відіграють важливу біологічну роль, так як вони є структурним компонентом усіх клітинних мембран, приймають участь у синтезі нейропередатчика – **ацетилхоліну**. Від фосфоліпідів залежать такі властивості мембран, як проникність, **рецепторна функція**, **каталітична активність**.

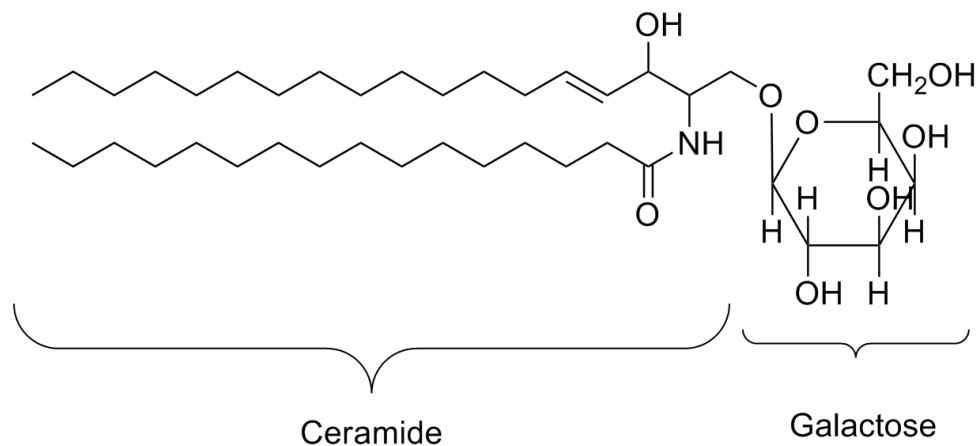
**Гліколіпіди** — (від грецької γλυκός (glykos) — солодкий і λίπος (lípos) — жир)

Складні сполуки, які **мають вуглеводну та ліпідну частини**.

Містяться у головному мозку - 6% мембранних ліпідів.

Цереброзиди містять спирт сфінгозин, жирні кислоти та вуглевод (глюкоза або галактоза).

Гангліозиди – найбільш складні за будовою. Містять на додаток ацетильовану нейрамінову кислоту.

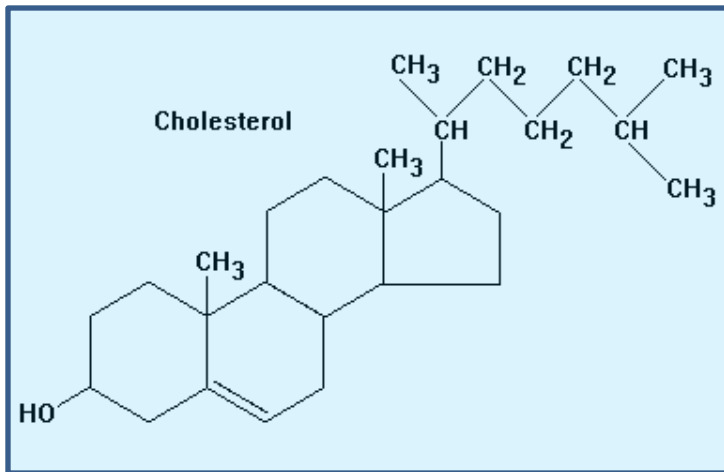


Структурна формула галактоцереброзиду

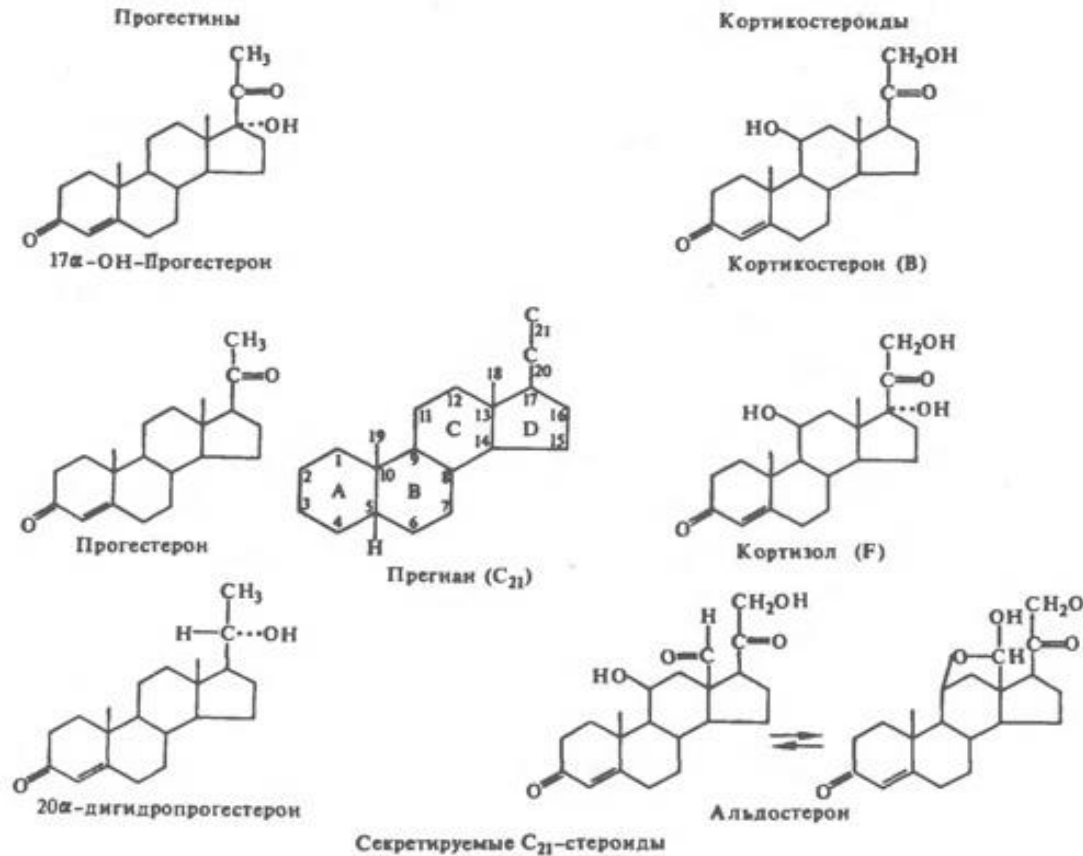
<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%96%D0%BF%D1%96%D0%B4%D0%B8>

# РЕГУЛЯТОРНА (ГОРМОНАЛЬНА) ФУНКЦІЯ ЛІПІДІВ

Регуляторну функцію виконують гормони **стероїдного походження**, а також інші гормони ліпідної природи (простагландини).



<http://www.happydoctor.ru/info/43>



<http://medbe.ru/materials/endokrinnye-funktsii/khimicheskaya-struktura-gormonov-steroidnye-gormony/>

# ОБМІН ЛІПІДІВ

- Травлення ліпідів
- Метаболізм гліцерину
- Окиснення жирних кислот
- Метаболізм кетонових тіл
- Біосинтез тригліцеридів

## ЛІТЕРАТУРА

1. Биохимия. Учебник для институтов физической культуры. Под общ. ред. Н.Н.Яковлева. ФиС, 1969.
2. Физиология спорта и двигательной активности. Уилмор Дж.Х., Коотилл Д.Л.-Киев; Олимпийская литература, 1997.
3. Биохимия мышечной деятельности. Учебник для институтов физической культуры. Под общ. ред. Н.И. Волкова. Киев – Олимпийская литература, 2000.
4. Біологічна хімія: підручник. Ю.І. Губський. Тернопіль. Укрмедкнига 2000.
5. Біохімія людини. Гонський Я.І., Максимчук Т. П.. Тернопіль. Укрмедкнига 2002.
6. Основи біохімії м'язової діяльності. Осипенко Г.А. Олимпийская литература, 2007.
7. Практикум з біохімії. Трач В.М., Сибіль М.Г., Гложик І.З., Башкін І.М.. Навчальний посібник. Львів, ЛДУФК, 2014.

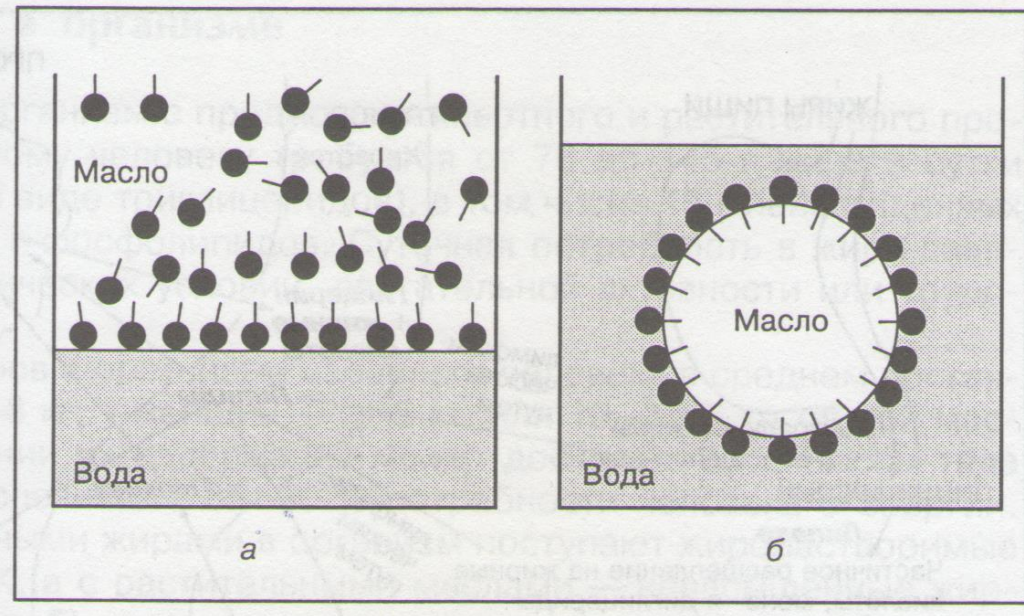


**Розщеплення жирів відбувається за допомогою ферментів, які називають *ліпазами*.**

**Слина не містить таких ферментів, тому в ротовій порожнині жири ніяких змін не зазнають.**

**У шлунку активність ліпази дуже слабка. Це викликано тим, що в шлунку реакція середовища дуже кисла ( $\text{pH} = 1,5-2,5$ ), у той час як оптимум дії ліпази знаходиться при  $\text{pH} = 7,8 - 8,1$ . У зв'язку з цим у шлунку перетравлюється всього 3-5% жирів, що надходять. Проте шлунок усе ж відіграє певну роль у процесі перетравлювання жирів у дорослих. Він регулює надходження жиру в кишки і перетравлює білки, звільняючи таким шляхом жир з ліпопротеїдних комплексів їжі.**

**Основним місцем перетравлювання жирів є дванадцятипала кишка і відділи тонкої кишки. Оскільки жири нерозчинні у воді, а ферменти, що розщеплюють їх, є водорозчинними сполуками, необхідною умовою для гідролітичного розщеплення жирів на складові частини є їх *емульгація* (подрібнення) з утворенням тонкої емульсії. Емульгування жиру відбувається в результаті дії декількох чинників: жовчних кислот, вільних вищих жирних кислот, моно- і дигліцеридів, а також білків.**



- молекула емульгатора

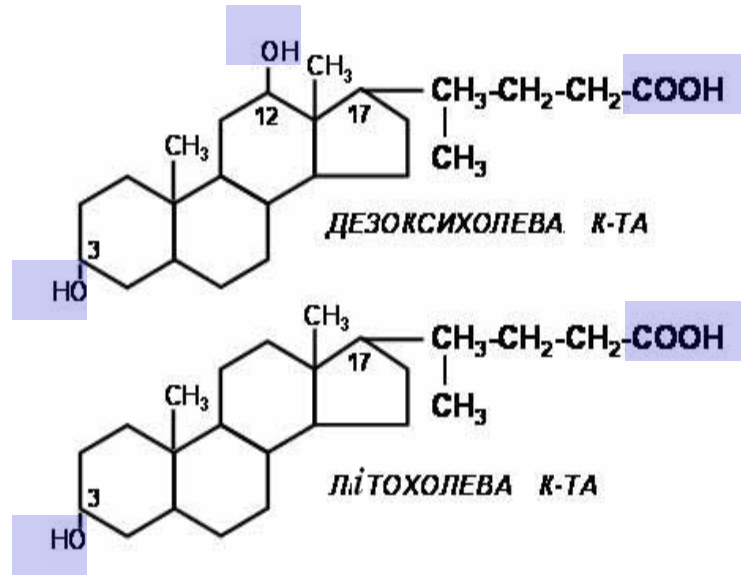
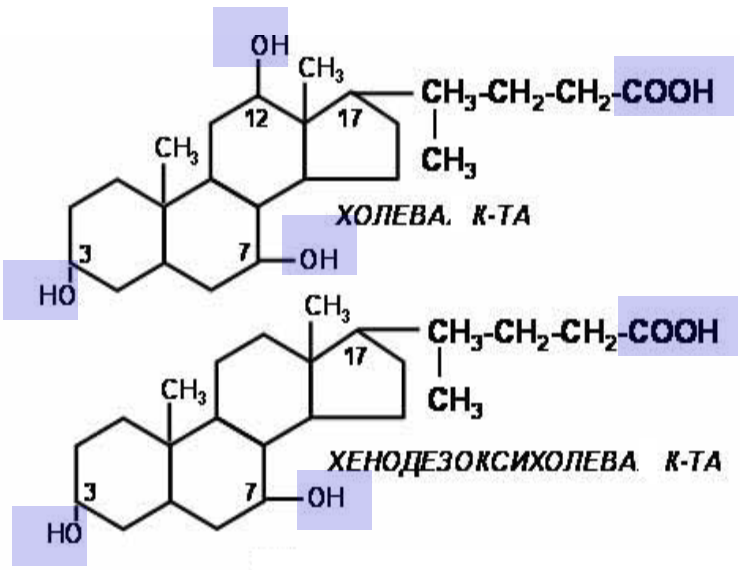
**Емульгування жиру відбувається в результаті дії декількох чинників: жовчних кислот, вільних вищих жирних кислот, моно- і дигліцеридів, а також білків і їх фрагментів.**

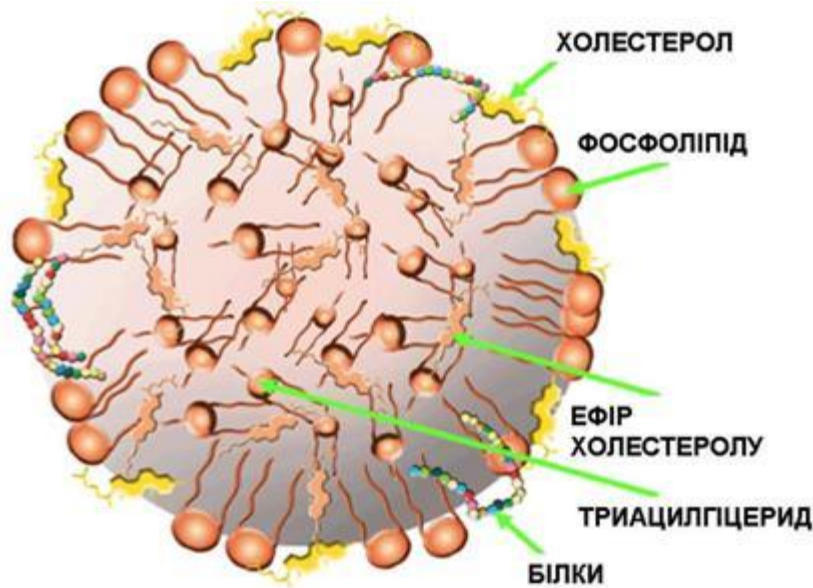
**Жовч** - густа рідина світло-жовтого кольору, до складу жовчі входять жовчні кислоти, жовчні пігменти, холестерин, деякі ферменти, гормони й ін.

**Жовч – це секрет, який синтезується клітинами печінки гепатоцитами.**

**Організм людини щодоби виробляє до 1 літра жовчі.**

**Головною складовою частиною жовчі є солі жовчних кислот. У жовчі людини містяться в основному три жовчні кислоти. Основну масу складають холева і дезохолева, які є похідними холанової кислоти.**



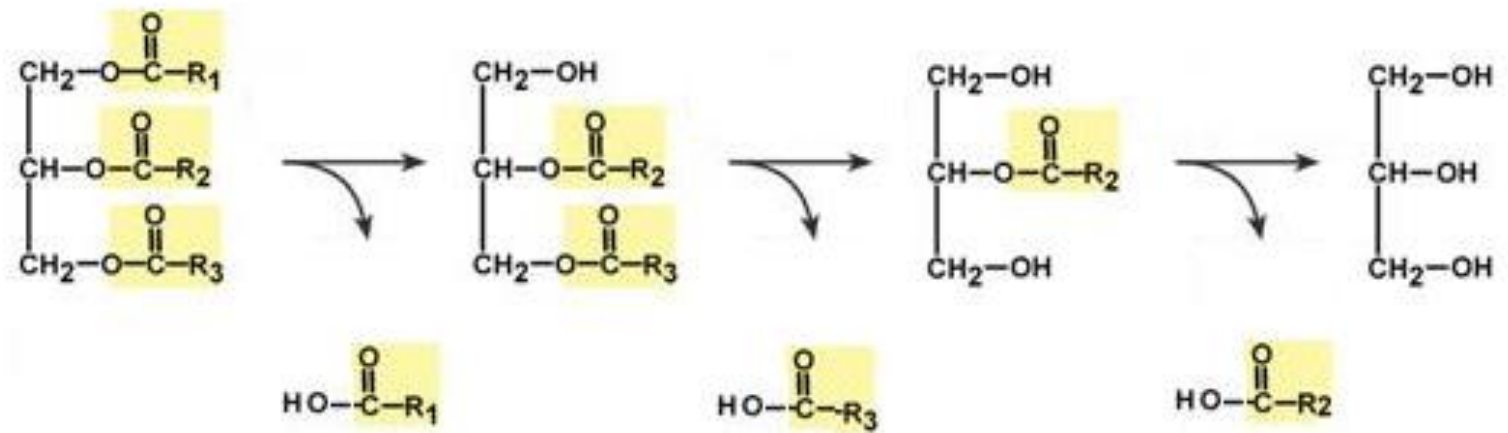


У клітинах слизової кишки новосинтезовані молекули жирів, фосфоліпідів і ефірів холестерину, з'єднуючись із специфічним білком (апопротеїном В), утворюють дрібненькі крапельки діаметром близько 1 мкм, які називаються **хіломікронами**. Вони містять близько 2 % білка, 7 % фосфоліпідів, 6 % холестерину і його ефірів, 85 % жирів. Білки і фосфоліпідів утворюють гідрофільну оболонку навколо гідрофобного ядра із жирів і ефірів холестерину. Гідрофобна частина білків і фосфоліпідів спрямована до середини, а гідрофільна – до поверхні, стабілізуючи краплі хіломікронів

За наявності жовчних кислот під дією ліпаз в просвіті тонкої кишки відбувається гідролітичне розщеплення жирів.

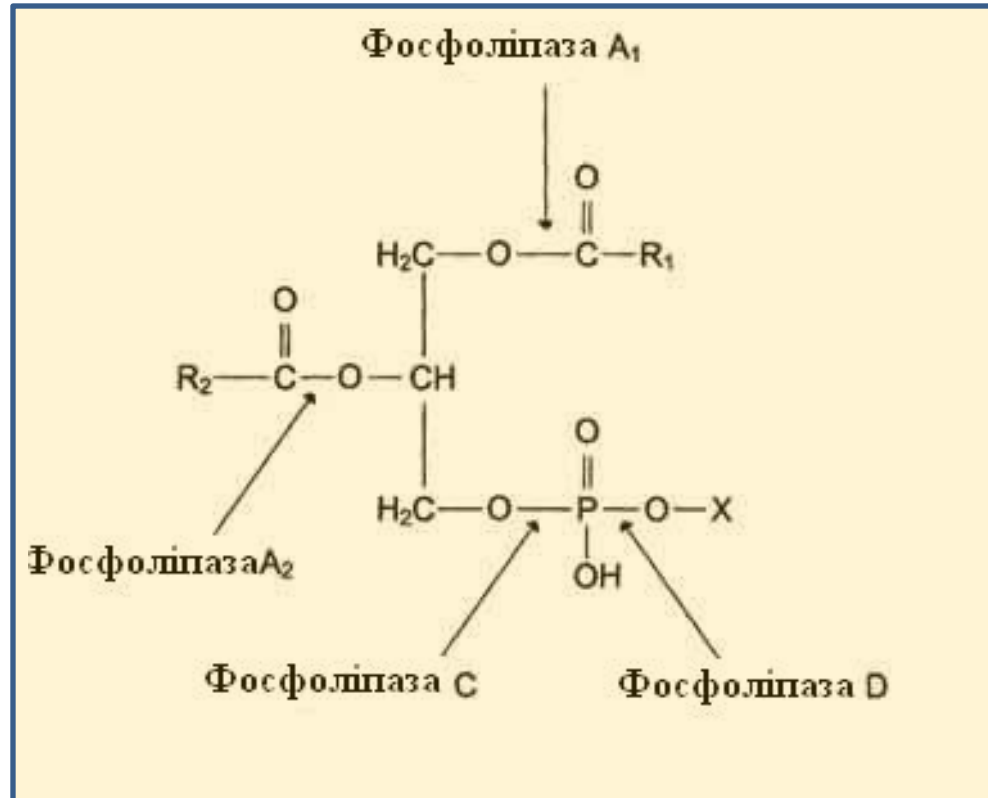
У результаті цього утворюються продукти часткового і повного розщеплення жирів - моно- і дигліцериди, вільні вищі жирні кислоти і гліцерин.

триацилгліцерол    диацилгліцерол    моноацилгліцерол



Продуктами **повного** розщеплення є вільні жирні кислоти і гліцерол.

**Фосфоліпід розщеплюється специфічними фосфоліпазами, які постачаються підшлунковою залозою.**



**Продуктами розщеплення є вільні жирні кислоти, гліцерол, фосфорна кислота та відповідна азотвмісна сполука (серин або ацетилхолін).**

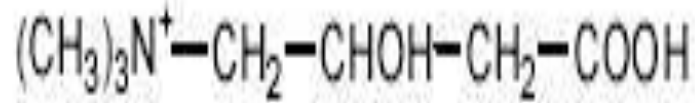
**Гліцерин і вищі жирні кислоти, що утворилися в процесі травлення жирів, всмоктуються клітинами слизової оболонки кишки. Вищі жирні кислоти а також неповністю гідролізовані продукти всмоктуються у комплексі із жовчними кислотами. У клітинах слизистої ці комплекси розпадаються і продукти переносяться кровотоком до відповідних тканин (наприклад до м'язів).**

**У клітинах різних органів і тканин вони окиснюються до кінцевих продуктів ( $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$ ) або використовуються для біосинтезу інших сполук.**

**Попередній гідроліз необхідний для:**

- 1. Зменшення гідрофобності.**
- 2. Полегшення переносу через мембрани клітин.**

Молекули ацил-КоА не здатні самотійно проникати через мембрану мітохондрій, тому їх транспорт в середину мітохондрій здійснюється в комплексі з **карнітином**. В мітохондріях комплекс карнітин - ацил-КоА гідролізується.



а) на зовнішній поверхні внутрішньої мітохондріальної мембрани за участю ферменту карнітин-ацилтрансферази I відбувається утворення ефіру ацил-карнітину:



б) транспортний білок карнітин-ацилкарнітин-транслоказа переносить ацилкарнітин через мембрану мітохондрій;

в) на внутрішній поверхні мембрани

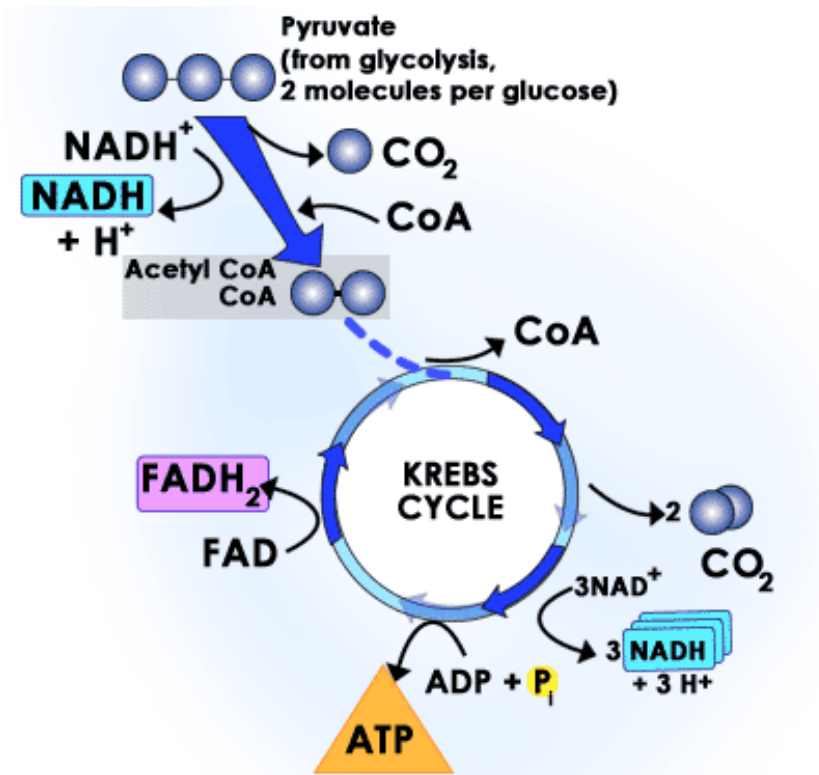
*карнітин-ацилтрансфераза II* розщеплює ацилкарнітин у наступній реакції:

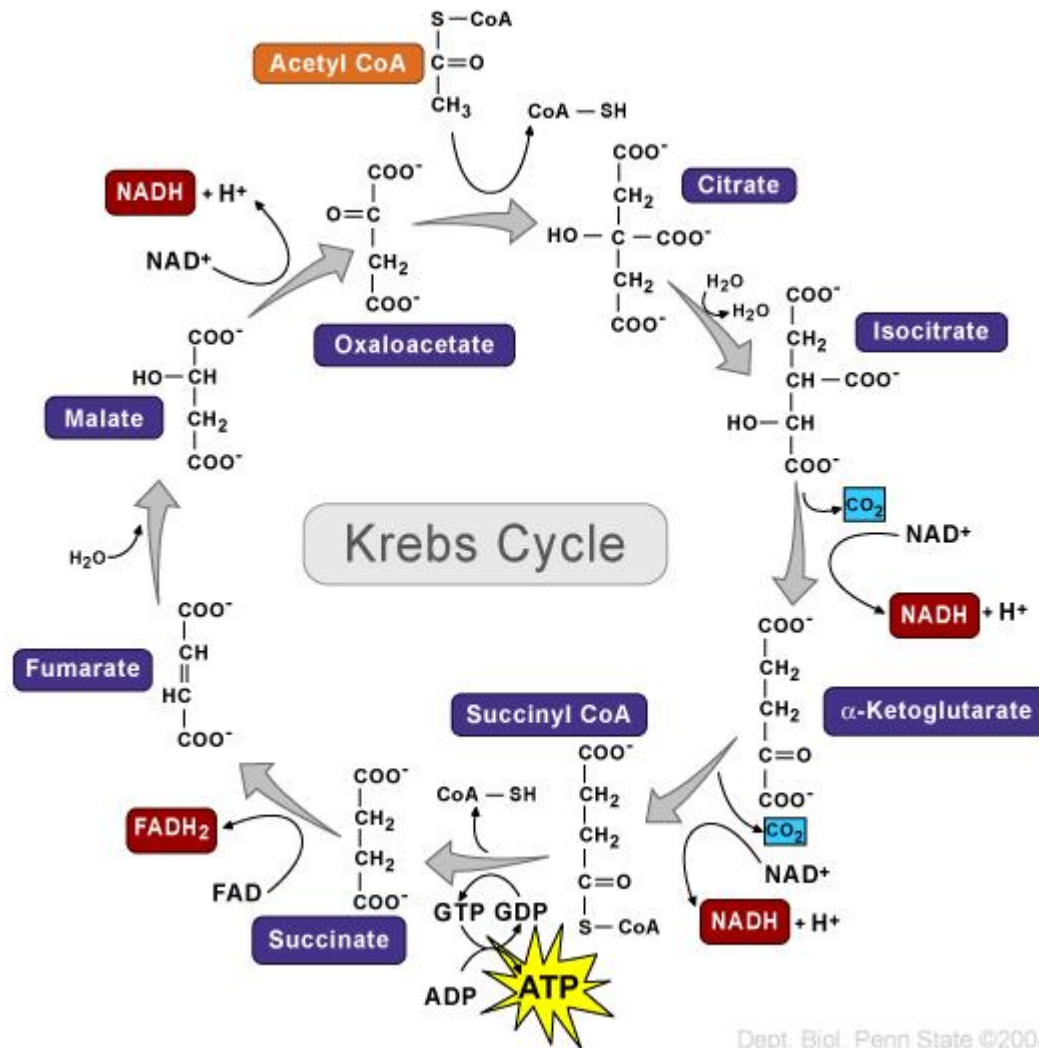


Ацил-S-CoA вступає на шлях бета-окиснення, а вільний карнітин виходить з мітохондрій і бере участь у транспортуванні нової молекули жирної кислоти.



Зрештою вся молекула вищої жирної кислоти розщеплюється до молекул ацетил-КоА. Якщо жирна кислота мала парну кількість атомів вуглецю, то наприкінці утворюється ціле число молекул ацетил-КоА. Так, молекула стеаринової кислоти утворює 9 молекул, пальмітинова - 8 молекул ацетил-КоА. Утворені молекули ацетил-КоА “згорають” у циклі Кребса.





Dept. Biol. Penn State ©2004

<http://www.radiolab.org/story/158776-krulwich-wonders-lord-save-me-krebs-cycle/>

До кетонівих тіл відносяться ацетооцтова кислота,  $\beta$ -гідроксималяна кислота і ацетон.

Синтезуються вони в печінці з ацетил-КоА.

Ацетооцтова і  $\beta$ -гідроксималяна кислота надходять з печінки у кров і транспортуються як водорозчинні сполуки.

$\beta$ -гідроксималяна окислюється до ацетоацетату, який перетворюється в активну форму – ацетоацетил-КоА і пізніше розпадається на 2 молекули ацетил-КоА, який окислюється в циклі Кребса до  $\text{CO}_2$  і  $\text{H}_2\text{O}$ .

У нормі в печінці утворюється не більше 30 мг/л кетонівих тіл. Окиснення кетонівих тіл відбувається у міокарді, скелетних м'язах, нирках і навіть при тривалому голодуванні у клітинах головного мозку. Таким чином, біологічний зміст утворення кетонівих тіл полягає в тому, що частина ацетил-КоА, який утворюється при  $\beta$ -окисленні жирних кислот у печінці не окислюється тут а направляється у формі кетонівих тіл у інші органи і тканини як додаткове джерело енергії.