

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ
ІМЕНІ ІВАНА БОБЕРСЬКОГО**

Кафедра біохімії та гігієни

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри біохімії та гігієни

_____ д-р біол. наук, с.н.с. Борецький Ю. Р.

“ _____ ” _____ 2021 року

ЛЕКЦІЯ 4

НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «БІОХІМІЯ»

ТЕМА: ЛІПІДИ. БУДОВА, ВЛАСТИВОСТІ ТА БІОЛОГІЧНА РОЛЬ.

для студентів II курсу

Галузь знань: 01 Освіта

Спеціальність: 017 фізична культура і спорт (фітнес і рекреація);

017 фізична культура і спорт (фізична реабілітація)

Факультет фізичної культури і спорту

Лектор:

Ст. викладач кафедри біохімії та гігієни

канд. наук з фіз. виховання і спорту Тимочко-Волошин Р. І.

ПЛАН ЛЕКЦІЇ:

1. Загальна характеристика ліпідів, біологічна роль, енергетична цінність.
2. Класифікація ліпідів. Жирні кислоти.
3. Прості ліпіди.
4. Складні ліпіди.

Загальна характеристика ліпідів, біологічна роль, енергетична цінність.

Ліпіди – клас біоорганічних сполук, характерною ознакою яких є нерозчинність у воді й інших полярних розчинниках та здатність до розчинення в неполярних (гідрофобних) рідинах – розчинниках (діетиловий ефір, тетрахлорметан, хлороформ тощо). За своєю хімічною структурою більшість ліпідів є складними ефірами вищих карбонових (жирних) кислот та спиртів (гліцеролу, сфінгозину, холестеролу тощо). До складу багатьох класів ліпідів (складних ліпідів) входять також залишки фосфорної кислоти, азотистих основ (коламіну, холіну), вуглеводів тощо.

У тканинах людини кількість ліпідів варіює значною мірою. Так, в організмі людини в нормі міститься 10 – 20 % жиру, але у разі деяких порушень жирового обміну його кількість може зростати до 50 %. Ліпіди входять до складу всіх органів і тканин. Найбільша їх кількість (близько 90 %) міститься в жировій тканині. Ліпіди становлять близько половини маси мозку.

В організмі людини та тварин ліпіди виконують важливі функції як акумулятори та постачальники енергії, компоненти структури клітин, особливо біологічних мембран; певні класи ліпідів є фізіологічно активними речовинами (вітаміни, гормони). Жири є розчинниками вітамінів А, D, Е, К, F і сприяють їх засвоєнню. З харчовими жирами в організм надходить низка біологічно активних речовин: фосфатиди, поліненасичені жирні кислоти, стерини та ін.

Жири, що входять до складу їжі, поліпшують її смакові якості, а також підвищують її поживну та енергетичну цінність. Добова потреба в жирах дорослої людини становить близько 70 г, що забезпечує приблизно 30 % енергетичних витрат людини. Енергетична цінність 1 г жиру становить 9 ккал. Вони – носії смакових та ароматичних речовин, а також виконують роль емульгаторів. Ліпіди, які входять до складу нервових клітин та їх відростків, забезпечують керованість потоків нервових сигналів.

Загалом, ліпіди виконують різноманітні функції:

1. *Енергетична* – є джерелом енергії. При окисненні в організмі 1 г жиру виділяється 9 ккал. Так, за рахунок жирів забезпечується 25 – 35 % добової потреби в енергії в жителів середніх широт, а в жителів півночі їх частка в енергетичній забезпеченості раціону ще більша.

2. *Регуляторна* – є важливими факторами регулювання обміну води в організмі. Кількість води, що утворюється в організмі при повному розщепленні жирів, досить велика: при окисненні 100 г жиру виділяється 107 г ендогенної води, що має особливе значення в екстремальних умовах.

3. *Пластична* – ліпіди виконують структурно-пластичну роль – входять до складу клітинних і позаклітинних мембран усіх тканин у вигляді ліпопротеїнів, гліколіпідів, фосфоліпідів. З ліпідів утворюються деякі гормони (статеві, кори наднирників), а також вітаміни групи D.

4. *Захисна* – ліпіди шкіри і внутрішніх органів виконують захисну роль. Вони захищають організм людини і тварин від переохолодження і від механічного ушкодження органів. Ліпіди, які виділяються сальними залозами, додають шкірі еластичності і захищають її від пересихання.

Класифікація ліпідів. Жирні кислоти.

Залежно від хімічної структури компонентів, що вивільняються за умовповного гідролізу, ліпіди поділяються на такі класи:

1. Прості ліпіди.

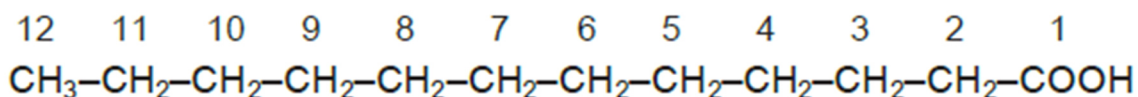
- Ацилгліцероли (нейтральні жири).
- Стериди.
- Цериди (воски).

2. Складні ліпіди.

- Фосфоліпіди.
 - Гліцерофосфоліпіди.
 - Сфінгофосфоліпіди.
- Гліколіпіди.
 - Глікозилгліцероли.
 - Глікосфінголіпіди.

Найважливішою ознакою, що визначає фізико-хімічні та біологічні властивості ліпідів, є їх жирнокислотний склад. Кількість атомів Карбону та, відповідно, довжина вуглеводневого ланцюга, ступінь насиченості жирних кислот, що входять до складу природних ліпідів (нейтральних жирів, фосфоліпідів, сфінголіпідів тощо) обумовлюють їх консистенцію (рідкі, тверді) та поверхневу активність, зокрема, здатність до комплексоутворення з білками і, відповідно, утворення міцел, бішарів, транспортних ліпопротеїнів, ліпідного матриксу біологічних мембран.

Жирні кислоти – це аліфатичні монокарбонові кислоти, що містять від 4 до 24 атомів Карбону. До складу ліпідів організму людини і вищих тварин входять жирні кислоти з парним числом атомів Карбону, що містять від 12 до 24 атомів, переважно від C₁₆ до C₂₀ (вищі жирні кислоти).



За властивостями – це амфіфільні сполуки, які містять одну гідрофільну карбоксильну групу, що дисоціює, і довгий гідрофобний вуглеводневий ланцюг. Виділяють насичені, моно- (містять один подвійний зв'язок) і поліненасичені жирні кислоти (містять 2, 3, 4 подвійні зв'язки).

Насичені жирні кислоти

Масляна (C ₄)	CH ₃ – (CH ₂) ₂ – COOH, або C ₃ H ₇ COOH
Лауринова (C ₁₂)	CH ₃ – (CH ₂) ₁₀ – COOH, або C ₁₁ H ₂₃ COOH
Міристинова (C ₁₄)	CH ₃ – (CH ₂) ₁₂ – COOH, або C ₁₃ H ₂₇ COOH
Пальмітинова (C ₁₆)	CH ₃ – (CH ₂) ₁₄ – COOH, або C ₁₅ H ₃₁ COOH
Стеаринова (C ₁₈)	CH ₃ – (CH ₂) ₁₆ – COOH, або C ₁₇ H ₃₅ COOH
Лігноцеринова (C ₂₄)	CH ₃ – (CH ₂) ₂₂ – COOH, або C ₂₃ H ₄₇ COOH

Мононенасичені жирні кислоти (містять 1 подвійний зв'язок)

Пальмітоолеїнова (C_{16:1}) CH₃ – (CH₂)₅ – CH = CH – (CH₂)₇ – COOH, або C₁₅H₂₉COOH

Олеїнова (C_{18:1}) CH₃ – (CH₂)₇ – CH = CH – (CH₂)₇ – COOH, або C₁₇H₃₃COOH

Нервонова (C_{24:1}) CH₃ – (CH₂)₇ – CH = CH – (CH₂)₁₃ – COOH, або C₂₃H₄₅COOH

Поліненасичені жирні кислоти (містять 2, 3, 4 подвійних зв'язки)

Лінолева (C_{18:2})
CH₃ – (CH₂)₄ – CH = CH – CH₂ – CH = CH – (CH₂)₇ – COOH, або C₁₇H₃₁COOH

Ліноленова (C_{18:3})
CH₃ – CH₂ – CH = CH – CH₂ – CH = CH – CH₂ – CH = CH – (CH₂)₇ – COOH, або C₁₇H₂₉COOH

Арахідонова (C_{20:4})
CH₃ – (CH₂)₄ – CH = CH – CH₂ – CH = CH – CH₂ – CH = CH – CH₂ – CH = CH – (CH₂)₃ – COOH, або C₁₉H₃₁COOH

Жирні кислоти не розчинні у воді, їх натрієві і калієві солі (мила) розчинні, утворюють міцели. Насичені жирні кислоти з довжиною ланцюга більше 10 атомів Карбону є твердими речовинами, а ненасичені – рідинами (при кімнатній температурі). Масляна та інші коротколанцюгові жирні кислоти зустрічаються в основному в жирах молока, вершковому маслі; пальмітинова і стеаринова – у триацилгліцерадах жирової тканини; лігноцеринова – у складних ліпідах нервової тканини.

Серед насичених жирних кислот у жирах людини переважає пальмітинова кислота (C₁₅H₃₁COOH), серед ненасичених – олеїнова (C₁₇H₃₃COOH), яка становить близько 60 % загальної кількості головних жирних кислот, що входять до складу триацилгліцеридів жирової тканини людини.

Разом з тим тканини людини не здатні синтезувати лінолеву і ліноленову кислоту, а повинні одержувати їх з їжею, внаслідок чого їх відносять до есенціальних факторів харчування. Усі інші поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) утворюються шляхом подовження ланцюга або введення нових подвійних зв'язків. Велике значення має арахідонова кислота, що входить до складу деяких тваринних жирів і відсутня у рослинних оліях. Комплекс есенціальних ПНЖК розглядають як фактор F, біологічну значущість якого прирівнюють до вітамінів. Добова потреба людини у ПНЖК становить 5 – 10 г. Ненасичені жирні кислоти

поширені в рідких жирах (оліях). У багатьох рослинних оліях їх вміст становить 80 – 90 % (соняшникова, кукурудзяна, лляна, оливкова).

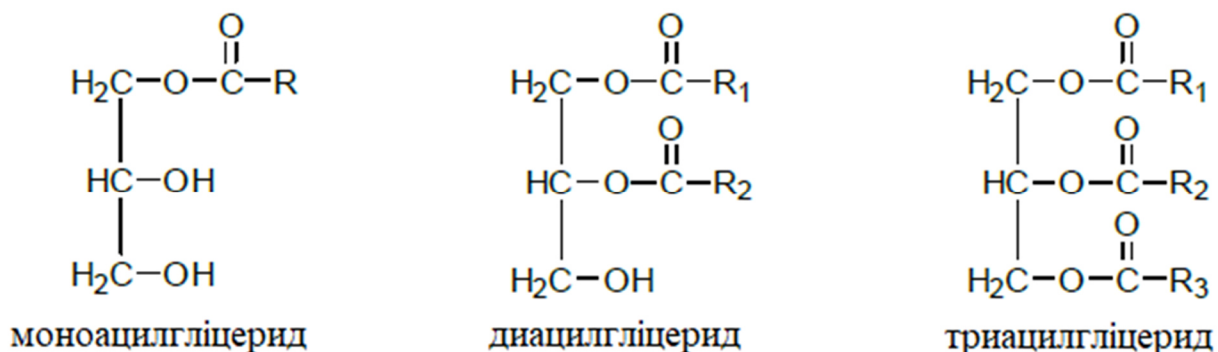
Біологічна роль ПНЖК дуже важлива – є структурними елементами фосфатидів, ліпопротеїнів клітинних мембран, входять до складу оболонки нервових волокон, сполучної тканини, впливають на обмін холестерину, нормалізують стан стінки кровоносних судин та ін.

Прості ліпіди.

Прості ліпіди – ліпіди, що при гідролізі утворюють спирт та жирні кислоти.

1. **Ацилгліцероли (ацилгліцериди, нейтральні жири)** – це складні ефіри трьохатомного спирту гліцерину і жирних кислот. Залежно від кількості приєднаних жирних кислот розрізняють моно-, ди- і триацилгліцериди.

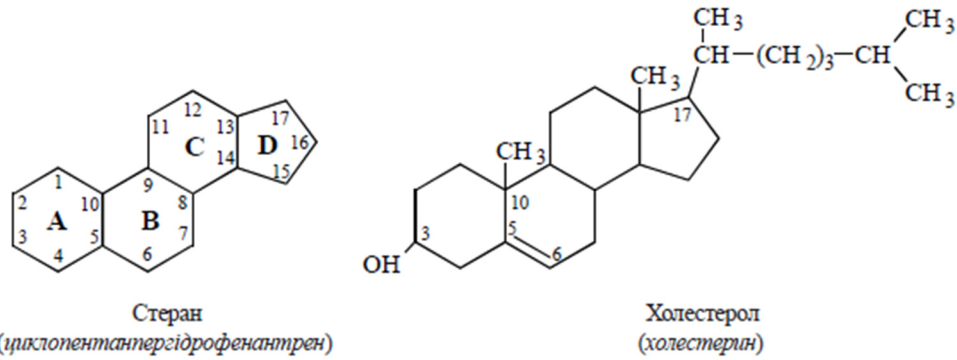
Триацилгліцериди, що містять 2 або 3 різні жирні кислоти називають змішаними. Триацилгліцериди з трьома насиченими жирними кислотами за консистенцією тверді при кімнатній температурі (жири), а з трьома ненасиченими жирними кислотами – рідкі (олії). Виняток – риб'ячий жир (рідина), масло какао та вершкове масло – тверді жири. Більшість природних жирів містять суміші простих і змішаних триацилгліцеридів.



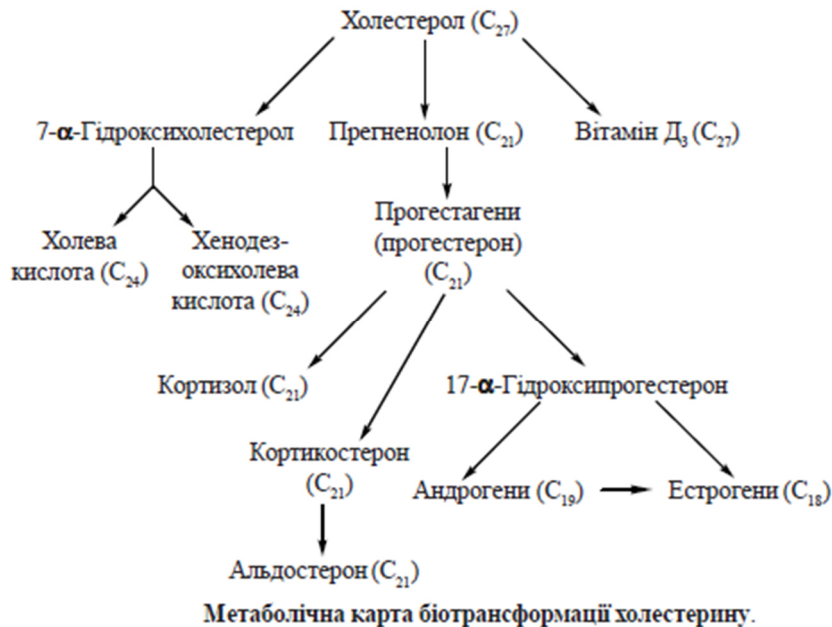
Жири гідролізуються при кип'ятінні з лугами чи кислотами або під дією ферментів (ліпаз). Гідроліз при наявності лугів називають омиленням, оскільки утворюються мила – солі вищих жирних кислот.

Жири не розчинні у воді, тому для транспорту їх кров'ю і лімфою утворюються спеціальні транспортні форми – комплекси з білками і фосфоліпідами (ліпопротеїни).

2. **Стериди** – ліпіди, що є складними ефірами циклічних спиртів стеролів (стеринів) та жирних кислот. Стероли є 3-гідрокси похідними вуглеводню стерану (циклопентанпергідрофенантрену). Найбільш розповсюдженим стеролом тваринного організму є холестерол (холестерин), що входить як структурний ліпід до складу плазматичних мембран та є попередником в синтезі інших стеринів та їх похідних (стероїдів).



Залежно від наявності додаткових метильних груп і довжини бокового ланцюга у положенні 17 вони поділяються на ряд груп: стерини (холестерин), жовчні кислоти (холева, хенодезоксихолева), стероїдні гормони, серцеві глікозиди тощо. Холестерин міститься у значній кількості у плазматичних мембранах. Додаткова потреба людини у холестеролі становить 0,5 – 1 г.



Жовчні кислоти синтезуються у печінці з холестерину і є амфіфільними речовинами (циклічна частина – гідрофобна, а боковий ланцюг – гідрофільний). Спочатку синтезуються дві первинні жовчні кислоти – холева і хенодезоксихолева. Після виділення жовчі в кишківник під дією ферментів кишкової мікрофлори з первинних жовчних кислот утворюються вторинні – дезоксихолева і літохолева. І

первинні і вторинні жовчні кислоти в кишківнику всмоктуються, з кров'ю потрапляють у печінку і знову екскретуються у жовч. Жовчні кислоти функціонують у вигляді кон'югованих сполук із гліцином чи таурином.

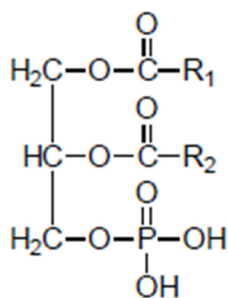
3. **Цериди (воски)** – прості ліпіди, які є складними ефірами вищих жирних кислот та високомолекулярних спиртів, зокрема цетилового ($C_{16}H_{33}OH$) та мірицилового ($C_{30}H_{61}OH$). До восків тваринного походження належать бджолиний віск, спермацет, ланолін, що використовуються у фармації для виготовлення мазей, кремів, у виробництві косметичних засобів. Воски утворюють захисну плівку на шкірі, шерсті тварин, пір'ї птахів, покривають листя і плоди у вищих рослин, а також кутикулу зовнішнього скелету багатьох комах.

Складні ліпіди.

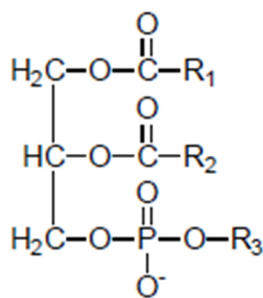
Складні ліпіди – ліпіди, що при гідролізі вивільняють спирт (гліцерол, сфінгозин, інозит), а також фосфат, аміносполуки, вуглеводи. Складні ліпіди є полярними, амфіфільними сполуками і більшість із них виконує структурні функції, входячи до складу біологічних мембран.

1. **Фосфоліпіди** поділяються на 2 групи – гліцерофосфоліпіди (містять жири і спирт гліцерин) та сфінголіпіди (замість гліцерину містять аміноспирт сфінгозин).

Гліцерофосфоліпіди (фосфогліцериди) – складні ефіри гліцеролу та вищих жирних кислот, що є похідними фосфатидної кислоти, етерифікованої аміноспиртами холіном, етаноламіном (коламіном) і оксіамінокислотою серином.

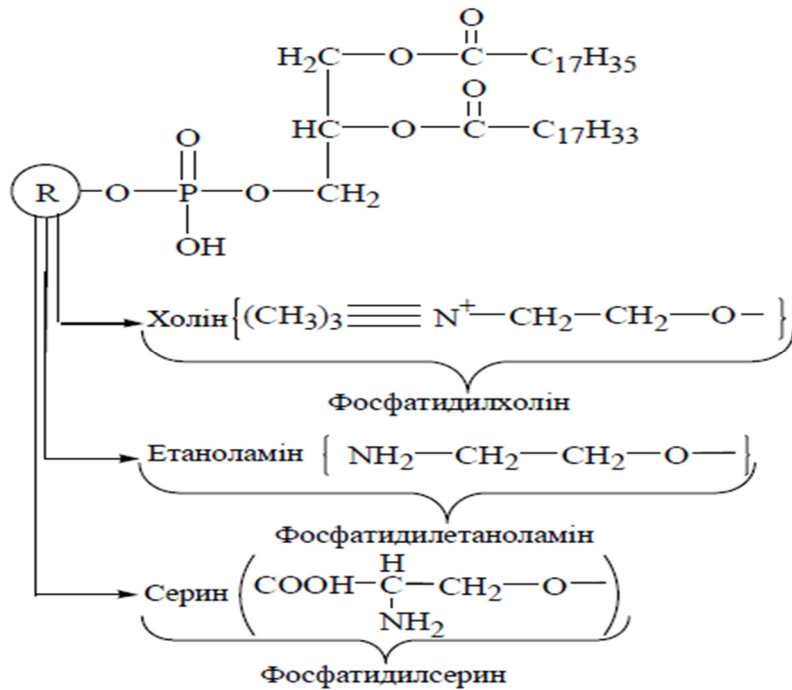


Фосфатидна кислота

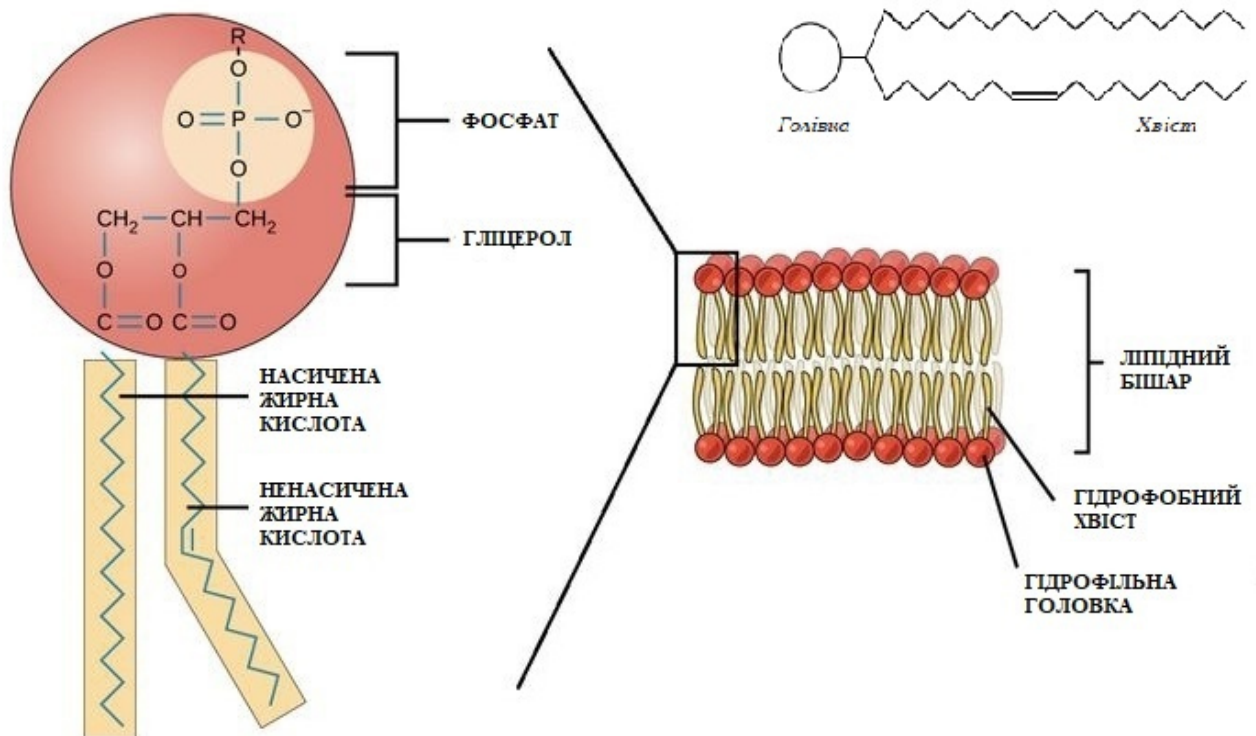


Гліцерофосфоліпід

де R_1 та R_2 – вуглеводневі радикали жирних кислот, а R_3 – залишок азотових основ, або рідше, інших сполук. Фосфодієфірний зв'язок у складі гліцерофосфоліпідів утворений гідроксильними групами холіну (фосфатидилхоліни, або лецитини), етаноламіну (фосфатидилетаноламіни, або кефаліни) або серину (фосфатидилсерини). Природні гліцерофосфоліпіди містять у центральному (2-му, β -) положенні залишки ненасичених, а в крайньому (1-му, α -) — насичених жирних кислот.

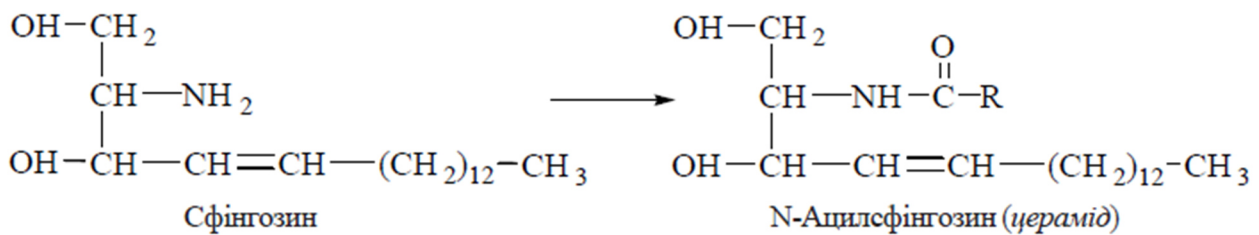


Усі гліцерофосфоліпіди є амфіфільними сполуками, в яких одна частина молекули гідрофільна (включає залишки азотової основи і фосфорної кислоти), а друга – гідрофобна (хвіст), представлена вуглеводневими радикалами жирних кислот. Схематично їх можна зобразити так:



Гідрофільна «головка» молекули несе заряди – позитивний, зумовлений залишками холіну і етаноламіну; негативний і позитивний – серину, негативний – фосфорної кислоти. Внаслідок амфіфільності фосфоліпіди у водному середовищі утворюють структури з упорядкованим розміщенням молекул (міцели, ліпосоми) і складають подвійний ліпідний шар біологічних мембран.

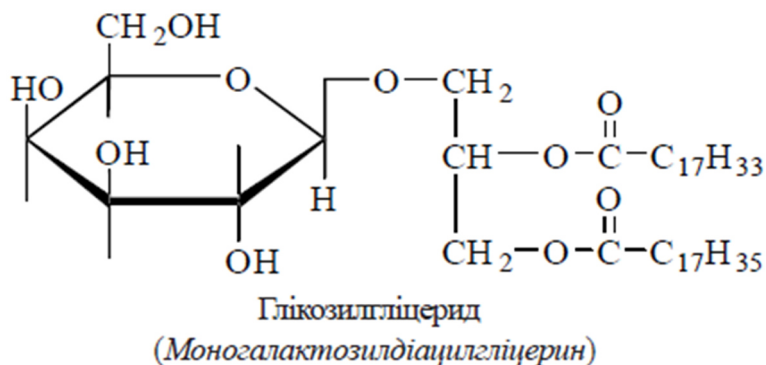
Сфінгофосфоліпід – складні ефіри багатоатомного аміноспирту сфінгозину та вищих жирних кислот, що можуть також містити залишки холіну, фосфорної кислоти.



Сфінголіпід містить тільки один залишок жирної кислоти, причому зв'язаний не з гідроксильною, а з аміногрупою амідним зв'язком. Сполуку сфінгозину і жирної кислоти називають церамідом. Сфінгофосфоліпід є фосфорним ефіром церамідів та аміноспиртів – холіну, етаноламіну, серину.

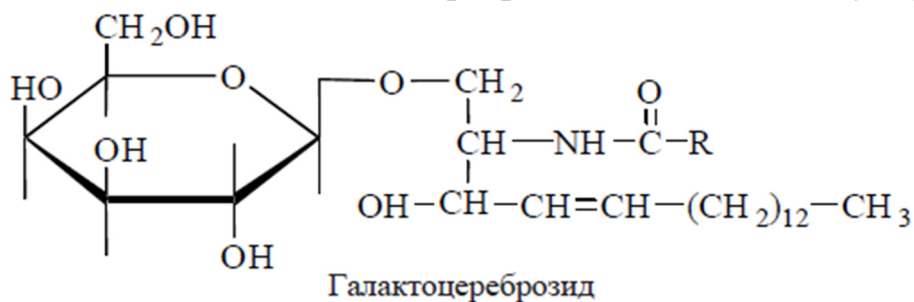
2. *Гліколіпід* – сполуки, в яких ліпідна частина ковалентно зв'язана з вуглеводною. Гліколіпід є складним ефіром вищих жирних кислот та гліцеролу або сфінгозину і містить у своєму складі вуглеводний компонент (зокрема, глюкозу, галактозу та їх похідні або олігосахаридну групу).

Глікозилгліцерол (глікозилгліцерид) – гліколіпід, що є ефіром гліцеролу.



Глікосфінголіпід – гліколіпід, що є ефіром N-ацилсфінгозинів (церамідів). Цей клас гліколіпідів (або сфінголіпідів) має важливе біологічне значення у зв'язку з розповсюдженням глікосфінголіпідів у складі біомембран, зокрема в нервовій тканині; до того ж, існує ряд спадкових захворювань, пов'язаних з порушенням метаболізму цього класу ліпідів.

Залежно від будови вуглеводної частини молекули, глікосфінголіпід розділяють на декілька класів: цереброзиди, гангліозиди, сульфатиди та глобозиди:



Гексозою у цереброзиді частіше є галактоза. Вуглеводна частина може бути не тільки моносахаридом, а й олігосахаридом. Вуглеводна частина гліколіпідів

мембран бере участь у розпізнаванні клітинами молекул й інших клітин. Зокрема, глікоцераміди є антигенами А і В еритроцитів. Велика кількість цереброзидів відкрита у мембранах нервових клітин. Вони характеризуються специфічним набором жирних кислот: лігноцеринова, нервонова, церебронова.

Гангліозиди за будовою аналогічні до цереброзидів, але їх олігосахаридний ланцюг обов'язково включає один або декілька залишків N-ацетилнейрамінової кислоти. Гангліозиди знаходяться переважно у сірій речовині мозку, в плазматичній мембрані нервових і гліальних клітин.

Розглянуті класи ліпідів (прості, складні) здатні до гідролізу. Разом з тим, до ліпідів відносять численні біомолекули, що мають фізико-хімічні властивості ліпідів (гідрофобність, нерозчинність у полярних розчинниках), але не гідролізуються до більш простих сполук. Це – вільні жирні кислоти та біологічно активні похідні арахідонової кислоти (ейкозаноїди), вищі спирти, ізопреноїди та їх похідні, зокрема різноманітні стероїди, жиророзчинні вітаміни (А, Д, Е, К).

Ліпопротеїни – це комплекси ліпідів різної хімічної будови з білками. В утворенні ліпопротеїнів беруть участь нековалентні зв'язки та фізико-хімічні взаємодії (водневі, іонні, ван-дер-ваальсові, гідрофобні). Найбільше значення в біохімії мають ліпопротеїни, в складі яких ліпіди знаходяться в плазмі крові людини, та ліпопротеїни, що є інтегральними компонентами біологічних мембран. Ліпопротеїни плазми крові є молекулярними комплексами різних класів ліпідів (головним чином, тригліцеридів, холестерину, фосфогліцеридів) з білками, що утворюють міцелярні структури, в складі яких ліпіди розчинені (суспендовані) в плазмі, яка за своїми фізико-хімічними властивостями є водним розчином. Фізіологічною функцією цих ліпопротеїнів є міжорганний транспорт ліпідів – транспортні ліпопротеїни.

Використана література:

1. Гонський Я. І., Максимчук Т. П. Біохімія людини: підручник. Вид. 3-тє, виправлене і доповнене. Тернопіль: ТДМУ, Укрмедкнига, 2017. 732 с.
2. Губський Ю. І. Біологічна хімія: підручник. Київ-Тернопіль: Укрмедкнига, 2000. 506 с.
3. Склярів О. Я., Фартушок Н. В., Бондарчук Т. І. Біологічна хімія: підручник. Тернопіль: ТДМУ, Укрмедкнига, 2015. 706 с.
4. Явоненко О. Ф., Яковенко Б. В. Біохімія: підручник для студентів спеціальності «Фізична культура» педагогічних університетів. Суми: Університетська книга, 2020. 380 с.
5. Біологічна хімія: підручник / Павлоцька Л. Ф. та ін. Суми: Університетська книга, 2020. 513 с.
6. Музиченко В. П., Луцевич Д. Д., Яворська Л. П. Медична хімія: підручник. Вид. 3-тє, виправлене. Київ: Медицина, 2018. 496 с.
7. Осипенко Г. А. Основи біохімії м'язової діяльності: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів фізичного виховання і спорту. Київ: Олімпійська література, 2007. 200с.
8. Практикум з біохімії: навчальний посібник / Трач В. М., Сибіль М. Г., Гложик І. З., Башкін І. М. Львів: ЛДУФК, 2014. 283 с.
9. Биоорганическая химия: учеб. пос. / Кнорре Д. Г. и др. Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т, 2011, 480 с.