

Міністерство освіти і науки України

Львівський національний університет ветеринарної
медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Львівський національний університет імені Івана Франка

О.О. Коритко, М.Д. Обушак

Посібник з органічної хімії

Частина 6.1. Ліпіди

Львів – 2017

Доцент Коритко О.О., к.б.н., Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Професор Обушак М.Д., д.х.н., Львівський національний університет імені Івана Франка

Коритко О.О., Обушак М.Д. Посібник з органічної хімії. Ч.6.1. Ліпіди. – Львів, 2017. – 43 с.

Рецензенти:

Карп'як В.В. – к.х.н., доцент кафедри органічної хімії Львівського національного університету імені Івана Франка

Возна О.Є. – к.с.-г.н., доцент кафедри біологічної та загальної хімії Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

У посібнику стисло викладено тему «Ліпіди» з курсу органічної хімії. Значна увага приділена практичним аспектам цієї теми.

Призначений для студентів ветеринарних, хіміко-технологічних факультетів вищих навчальних закладів, а також буде корисним для студентів інших спеціальностей.

*Рекомендовано до друку кафедрою органічної хімії
Львівського національного університету імені Івана Франка
(протокол № 81 від 7 листопада 2016 р.)*

6.1. ЛІПІДИ

6.1.1. Загальна характеристика ліпідів

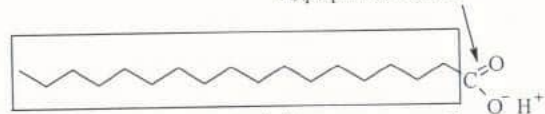
Термін «ліпіди» (від грец. *λίπος* – жир) – це узагальнене поняття, назва великої групи органічних сполук з різними функціональними групами, які з хімічної точки зору не утворюють окремих класів, а об'єднані за спільною ознакою: всі ліпіди краще розчинні у неполярних чи слабо полярних розчинниках, ніж у воді. Їх можна одержати з рослинних і тваринних тканин екстракцією неполярними органічними розчинниками. Розрізняють ліпіди і ліпоїди (жироподібні речовини). До ліпідів відносять **жири, олії, воски, фосfolіпіди, стероїди** (холестерол, жовчні кислоти і спирти, стероїдні алкалоїди і гормони, серцеві геніни); **простагландини** (гормональні низькомолекулярні регулятори багатьох біохімічних процесів), **жиророзчинні вітаміни, жирні кислоти і їхні похідні**.

Ліпіди розповсюджені у рослинному та тваринному світі і поряд з білками, вуглеводами та нуклеїновими кислотами є найбільш життєво важливими біомолекулами. Ліпіди виконують різноманітні біологічні функції, що обумовлено їх різною хімічною будовою. Як в індивідуальному виді, так і в комплексі з вуглеводами і білками ліпіди впливають на проникність клітин й активність багатьох ферментів на поверхні біомембран, передачу нервового імпульсу, виникнення міжклітинних контактів, імунохімічні процеси. **Фосфогліцероліпіди** (лецитини, кефаліни), **сфінголіпіди** (сфінгомієлін), **стероїди** (холестерол у тварин) – основні структурні складові клітинних мембран.

Жир в організмі виконує **енергетичні функції** – це «паливо», необхідне для життєдіяльності клітини. **Триацилгліцероли** – концентроване джерело енергії, основна запасна форма метаболічної енергії у тварин та людей. Надлишок енергії, яка надходить в організм у складі білків, вуглеводів чи жирів, зберігається лише у формі жирів. Жировий запас використовується в період голодування, хвороби, зимової сплячки деяких тварин. Окиснення 1 г жиру продукує 9,3 ккал енергії (вдвічі більше ніж вуглеводи); при цьому вивільняється ендогенна вода, що має вплив на водний баланс організму (важливо для тварин пустель і під час зимової чи літньої сплячки).

Ліпіди становлять практично важливу групу біологічних молекул і мають дотичність до проблем харчування та медицини. **Продукти харчування**, що містять жири, є важливими, проте дуже калорійними і

Карбоксильна група - йонна частина жирної кислоти - у воді йонізується (дисоціює), тому це розчинна у воді гідрофільна частина

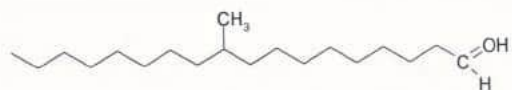


Довгий вуглеводневий "хвіст" молекули жирної кислоти у воді нерозчинний - це гідрофобна частина

Молекули, які містять залишки жирних кислот, є важливими компонентами біомембран і розміщуються на поверхні поділу між неполярною і водною фазами.

Жирні кислоти одержують з продуктів рослинної і тваринної сировини, а також синтетично. Вони утворюються в організмі при ензиматичному гідролізі жирів. Біосинтез ЖК здійснюють всі організми, включно з різними мікроорганізмами.

Бактеріальні жирні кислоти переважно **поліненасичені** та **розгалужені, гідроксильовані** або містять **циклопропанове кільце**. Деякі кислотостійкі бактерії (туберкульозна паличка Коха чи збудник прокази) мають гідрофобну воскоподібну оболонку, яка оберігає бактерії від дії багатьох лікарських препаратів і утруднює боротьбу з хворобами, які вони викликають. Складовими цієї оболонки є ЖК – пальмітинова, стеаринова і кислоти з розгалуженими ланцюгами:



10-Метилстеаринова (туберкулостеаринова) кислота

Оливкова олія містить у 3,5 рази більше ненасичених жирних кислот, ніж більшість інших олій. Цю олію застосовують не лише як харчовий продукт, але й у косметичних та медичних цілях.

Поліненасичені високомолекулярні жирні кислоти попереджують хвороби серцево-судинної системи, зміцнюють м'язи, кістки, імунну систему, під їх впливом зростає вміст жиророзчинних вітамінів (А, Д, Е, К), пригнічується ріст ракових клітин. Риб'ячий жир – основне джерело жирних С20:5 (6–10%) та С22:6 (10–15%) кислот. В рослинах зустрічається в основному ліноленова кислота, яка міститься у значних кількостях у волоських горіхах, пшеничних зародках, насінні олійних рослин та

одержаних з них оліях: лляній (35–65%), конопляній (14–28%), ріпаковій (6–13%), соєвій (5–14%).

У харчовій промисловості жирні кислоти зареєстровані як харчова добавка **E 570**.

Жирні кислоти – це переважно довголанцюгові монокарбонові кислоти, які в естерифікованій формі містяться в жирах, оліях, восках. Жирні кислоти, як правило, містять нерозгалужені ланцюги з парним числом атомів карбону і можуть бути як насичені, так і ненасичені з одним чи декількома подвійними зв'язками. Вони можуть містити також і циклічні фрагменти. Есенціальні кислоти – лінолева і ліноленова повинні регулярно надходити в організм з їжею. Важливими для здоров'я є ω-3 кислоти.

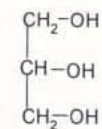
6.1.4 Прості ліпіди

До простих ліпідів відносять нейтральні жири, діюльні ліпіди, воски.

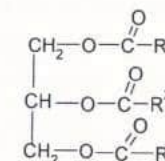
Нейтральні жири – триацилгліцероли (тригліцериди)

Триацилгліцероли, або тригліцериди – це тверді чи напівтверді жири та рідкі олії. Вперше розкрив хімічну природу простих жирів і встановив, що при їхньому гідролізі утворюються жирні кислоти і гліцерол, французький хімік М. Шевреле (1811 р.). Хімік Бертло (1854 р.) визначив будову простих жирів, здійснивши зворотну реакцію ВЖК з гліцеролом.

Молекула **триацилгліцеролу** містить *три естерні групи* і *три карбонові ланцюги* – *ацильні залишки ЖК*.



Гліцерол (гліцерин)



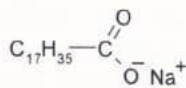
Триацилгліцерол – основа жирів та олій, де R¹, R², R³ – вуглеводневі ланцюги ВЖК

Естерифікація гліцеролу жирними кислотами може відбуватись за участю однієї, двох чи всіх трьох гідроксильних груп, відповідно до чого утворюються **моноацилгліцероли (моногліцериди)**, **диацилгліцероли (дигліцериди)** чи **триацилгліцероли (тригліцериди)**. Усі вони

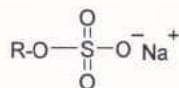
метиленовою синькою), **свинцеві мила** наприклад, $(C_{15}H_{31}COO)_2Pb$ під назвою *пластирів*.

Мила володіють мийними властивостями, бо здатні емульгувати жири та олії, тобто переводити їх у дрібні крапельки, які змочуються водою. Мила відносять до аніонних поверхнево активних речовин (ПАР). Емульгуючі властивості мила зв'язані з наявністю у їх молекулі як гідрофільної (спорідненої з водою), так і гідрофобної (спорідненої з ліпідами – жирами, оліями) груп. Довгі неполярні вуглеводневі фрагменти молекул мил розчиняються у жирах, полярні фрагменти – у воді. При додаванні мийного засобу до води полярні гідрофільні карбоксилат-іони розчиняються у воді, а *гідрофобна* вуглеводнева частина – ні. Мило видаляє шар жиру, який утримує бруд на тканині. При митті забрудненої тканини молекули мийного засобу оточують краплі жиру, так що ліпофільні групи (карбонові ланцюги молекул мила) розчиняються у жирі, а гідрофільні – у воді; утворюється *міцела*. Видалення міцел із забрудненої поверхні досягається її промиванням водою.

У твердій воді містяться йони Ca^{2+} і Mg^{2+} , які погіршують мийні властивості мила. При взаємодії мила з цими йонами утворюються *нерозчинні у воді кальцієві та магнієві солі*. У результаті цього замість піни мило утворює на поверхні води плівку і витрачається без користі. Таку воду варто попередньо пом'якшити. Цей недолік відсутній у *синтетичних* мийних засобах (детергентах) – *натрієвих солях деяких сульфокислот і органічних моноестерах сульфатної кислоти*. Їх перевага перед милами та, що ці засоби можна застосовувати у твердій воді – кальцієві і магнієві солі сульфокислот розчинні у воді.



Мило



Синтетичний мийний засіб

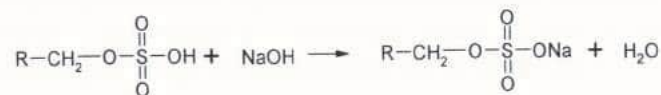
Синтетичні мийні засоби включають пральні порошки, шампуні, засоби для миття посуду, поверхонь.

До складу прального порошку входять різноманітні інгредієнти, що значною мірою залежить від його рекомендованого застосування. Однак, основним компонентом є поверхнево активні речовини. Для пом'якшення твердої води використовують неорганічні фосфати, що входять до складу пральних порошоків. Але після того як з'ясувалось, що фосфати, потрапляючи у великих кількостях через системи водовідведення та

каналізацію у природне середовище, сильно порушують екосистему та погіршують кисневий обмін у гідросфері, багато країн відмовились від застосування фосфатів у пральних порошках. Фосфати – поживне середовище для синьо-зелених водоростей; при попаданні у замкнуті водойми викликають їх розростання, поглинання кисню, який міститься у воді, загибель і розкладання водних рослин і тварин, і, як наслідок, заболочування (евтрофікацію) водойми. У зв'язку з цим замість фосфатів стали використовувати цеоліти, кополімери тощо.

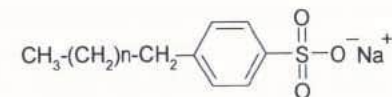
Аніонні мийні засоби. До аніонно-активних речовин, крім звичайних мил, відносять алкілсульфати $ROSO_3^-M^+$, алкілсульфонати $RSO_3^-M^+$, алкіларилсульфонати $R-Ar-SO_3^-M^+$, де R – вуглеводневий радикал з числом атомів карбону 10–20, M^+ – катіони Na^+ , K^+ , NH_4^+ .

Подібно до мил, ці детергенти мають довгі неполярні ланцюги, які розчиняються у жирах, і полярний фрагмент, розчинний у воді. Алкілсульфати можна синтезувати, використовуючи спирти:



Ось приклад алкілсульфату: $C_{11}H_{23}CH_2OSO_3^- Na^+$

Досить розповсюдженими детергентами є **алкілбензенсульфонати** – солі алкілбензен-сульфонової кислоти, які стійкі до біодеградації під впливом мікроорганізмів.



Натрієва сіль 4-алкілбензенсульфонокислоти

Стійкість детергентів до біодеградації – одна з причин забруднення водойм цими сполуками. Вони містяться у стічних промислових та побутово-господарських водах. Чим більше розгалужена алкільна частина молекули, тим важче бактеріям її відщепити. Сильно розгалужені алкілбензенсульфонати погано піддаються біорозпаду, накопичуються у довкіллі, забруднюють водойми, викликаючи загибель водної флори і фауни.

Водним гідролізом жирів одержують гліцерол та ЖК, лужним гідролізом (омиленням) – гліцерол і мила (солі ВЖК). Мила є тверді (натрієві солі ВЖК) і рідкі (калієві солі ВЖК), розчинні у воді (солі лужних металів) і нерозчинні (солі лужноземельних і важких металів). Мила емульгують жири та олії (переводять їх у дрібні крапельки). Тверда вода містить катіони Ca^{2+} і Mg^{2+} , які взаємодіють з аніонами карбонових кислот, що утворюються при дисоціації мила, внаслідок чого утворюються нерозчинні у воді мила.

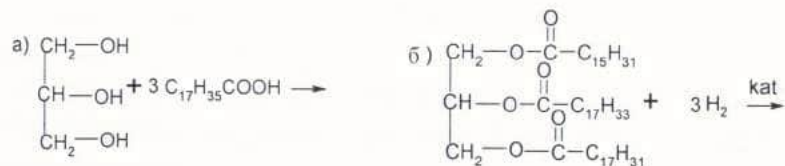
Ключові терміни

Воски	Окиснення жирів
Гідрогенізація	Олії
Гідроліз	Поверхнево-активні речовини (ПАР)
Гліцерол (гліцерин)	Поліненасичені жирні кислоти
Жир	Полімеризація олій
Жирні кислоти	Простагландини
Ізопрен	Сапоніфікація
Ліпіди	Терпени
Мила	транс-Жири
Насичені жирні кислоти	Триацилгліцероли
Ненасичені жирні кислоти	ω -3 Жирні кислоти

Завдання для закріплення матеріалу

- Поясніть значення термінів:
 - ліпіди, жири, олії;
 - воски;
 - триацилгліцероли;
 - фосфоліпіди.
- Клас ліпідів об'єднує сполуки, які:
 - містять декілька груп –ОН;
 - нерозчинні або погано розчинні у воді;
 - побудовані з багатьох залишків ВЖК;

- розчиняються в органічних розчинниках.
- Позначте сполуки, які відносять до класу ліпідів:
 - моносахариди;
 - амінокислоти;
 - триацилгліцероли;
 - пектинові речовини.
 - Омилювальні ліпіди:
 - не гідролізують з утворенням жирних кислот;
 - при нагріванні у лужному середовищі утворюють мила;
 - розчинні у воді;
 - виділені з рослин.
 - Позначте прості ліпіди:
 - гліколіпіди;
 - воски;
 - ліпопротеїди;
 - жири.
 - Позначте сполуки, що є компонентами змішаного триацилгліцеролу:
 - гліцерол і три залишки різних ВЖК;
 - гліцерол і два залишки різних ВЖК;
 - глюкоза і залишок фосфатної кислоти;
 - гліцерол і три залишки однієї і тієї ж ВЖК.
 - Позначте сполуки, що входять до складу восків:
 - залишок ВЖК;
 - гліцерол;
 - діол;
 - високомолекулярний спирт.
 - Позначте формули ВЖК, які переважають в оліях:
 - $\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$;
 - $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$;
 - $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$;
 - $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$.
 - Поясніть біологічне значення таких фізичних властивостей жирів:
 - температура плавлення,
 - нерозчинність у воді,
 - здатність розчиняти неполярні органічні сполуки.
 - Напишіть формулу лінолевої кислоти і реакцію, за допомогою якої з неї можна отримати стеаринову кислоту.



30. Ненасичені ЖК виявляють, визначаючи у жирах:

- а) кислотне число;
- б) число омилення;
- в) йодне число;
- г) проводять акролеїнову реакцію.

31. Позначте формулу твердого мила і його назву:

- а) $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$; 1. плюмбум стеарат;
- б) $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO NH}_2$; 2. калій пальмітат;
- в) $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOK}$; 3. етаноламін;
- г) $\text{H}_2\text{N—CH}_2\text{—CH}_2\text{OH}$; 4. натрій стеарат.

32. Баранячий жир складається в основному з естеру гліцеролу та стеаринової кислоти, а лляна олія – з естеру гліцеролу та ліноленової кислоти. Назвіть обидві кислоти за номенклатурою IUPAC. Напишіть розгорнуту структурну формулу ліноленової кислоти з врахуванням того, що всі подвійні зв'язки мають *cis*-конфігурацію. Поясніть, чому баранячий жир при кімнатній температурі – тверда речовина, а лляна олія – рідина.

33. Наведіть продукти реакції трилінолеїлгліцеролу з:

- а) водним розчином NaOH;
- б) $\text{H}_2 + \text{Ni}$;
- в) Br_2 ;
- г) LiAlH_4

Список літератури

1. Домбровський А.В., Найдан В.М. Органічна хімія – К.: Вища школа, 1992. – 504 с.
2. Іващенко О.Д., Нікозяць Ю.Б., Дмитренко В.І., Кудрик М.А., Стебліна К.П. Хімія і методи дослідження сировини та матеріалів – К.: Знання, 2011. – С.318–325.
3. Скоробогатий Я.П., Гузій А.В., Заверуха О.М. Харчова хімія – Львів: Новий світ, 2012. – 514 с.
4. Кононський О.І. Органічна хімія. Практикум: Навч. посіб. – К.: Вища школа, 2002. – 247 с.
5. Кононський О.І. Органічна хімія. Підручник – К.: Дакор, 2003. – 568 с.
6. Коритко О.О., Обушак М.Д., Мідяний С.В., Мотько Н.Р. Посібник з органічної хімії – Львів, 2005. – 214 с.
7. Carey F.A. Organic Chemistry. 4th edition. 2000. – P. 1015–1050.