

Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины
Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

В. В. Липсон

ХИМИЯ
ПРИРОДНЫХ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ

Учебное пособие

Харьков – 2012

УДК 547.7/8:615
ББК 24.23
Л 61

Рецензенты:

А. И. Гризодуб – доктор химических наук, профессор, и. о. директора ГП «Украинский научный фармакопейный центр качества лекарственных средств»;
И. Ф. Макаревич – доктор химических наук, профессор, проф. кафедры управления качеством Национального фармацевтического университета;
Н. Н. Колос – доктор химических наук, профессор, проф. кафедры органической химии Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина.

*Утверждено к печати решением Ученого совета
Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина
(протокол № 6 от 27.05.2011 г.)*

Липсон В. В.
Л 61 Химия природных низкомолекулярных соединений : учебное пособие / В. В. Липсон. – Х. : ХНУ имени В. Н. Каразина, 2012. – 344 с.
ISBN 978-966-623-924-5

Учебное пособие знакомит читателей с классификацией, источниками, структурным разнообразием, происхождением, биологической ролью и сферами применения низкомолекулярных природных веществ, являющихся вторичными метаболитами. В нем в краткой форме рассмотрены фундаментальные вопросы химии производных высших жирных кислот, изопреноидов, фенолов, алкалоидов, антибиотиков, витаминов и других групп природных соединений. Помимо исключительно научного интереса в познании химического единства жизни и основ ее функционирования, установление структуры и функций вторичных метаболитов имеет широкие области практического применения, среди которых наиболее значимы – медицина, экология и направленный химический синтез. Учебное пособие предназначено для студентов-химиков, а также для магистрантов и аспирантов, специализирующихся в области тонкого органического синтеза.

**УДК 547.7/8:615
ББК 24.23**

ISBN 978-966-623-924-5

© Харьковский национальный университет
имени В. Н. Каразина, 2012
© Липсон В. В., 2012
© Дончик И. Н., макет обложки, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	6
Введение	7
Глава 1. ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ И ИХ ПРОИЗВОДНЫЕ	11
1.1. Строение, распределение в природных источниках, биосинтез и катаболизм жирных кислот	11
1.1.1. Структура жирных кислот	12
1.1.2. Ненасыщенные жирные кислоты	13
1.1.3. Жирные кислоты «необычного» строения	14
1.1.4. Распределение жирных кислот в природных источниках	15
1.1.5. Биосинтез жирных кислот (липогенез)	16
1.1.6. Моно-ненасыщенные жирные кислоты	19
1.1.7. Полиненасыщенные жирные кислоты	19
1.1.8. Биосинтез кислот «неординарного строения»	21
1.1.9. Катаболизм жирных кислот	22
1.1.10. Перекисное окисление липидов (ПОЛ).....	25
1.2. Синтетические методы получения жирных кислот	26
1.3. Оксилипины	29
1.3.1. Ацетогенины	29
1.3.2. Карбоциклические оксилипины	30
1.3.3. Простагландины.....	31
1.3.4. Тромбоксаны	38
1.3.5. Лейкотриены	39
1.4. Ацилглицериды и неглицериновые липиды	42
Глава 2. ИЗОПРЕНОИДЫ	46
2.1. Классификация, общие пути биосинтеза, способы установления строения изопреноидов	46
2.1.1. Классификация изопреноидов	48
2.1.2. Общие пути биосинтеза терпеноидов	49
2.1.3. Способы выделения и установления строения терпеноидов ...	50
2.2. Представители C₅-C₂₅ групп изопреноидов	55
2.2.1. Гемитерпеноиды (C ₅ -соединения)	55
2.2.2. Монотерпеноиды (C ₁₀ -соединения)	56
2.2.3. Сесквитерпеноиды (C ₁₅ -соединения)	66
2.2.4. Дитерпеноиды (C ₂₀ -соединения)	78
2.2.5. Сестерпеноиды (C ₂₅ -соединения)	85
2.3. Тритерпеноиды и стероиды	87
2.3.1. Биосинтез холестерина	90
2.3.2. Регуляция синтеза холестерина	91
2.3.3. Транспорт холестерина	92
2.3.4. Выведение холестерина и образование желчных кислот	93
2.3.5. Регуляция синтеза желчных кислот	94
2.3.6. Кишечно-печеночная циркуляция желчных кислот	94
2.3.7. Стероидные гормоны	95

2.3.7.1.	Кортикостероиды	95
2.3.7.2.	Регуляция синтеза кортикостероидов	97
2.3.7.3.	Специфическая активность кортикостероидов.....	99
2.3.7.4.	Гормоны половых желез	102
2.3.7.5.	Биосинтез и метаболизм гормонов семенников	102
2.3.7.6.	Биосинтез и метаболизм гормонов яичников	104
2.3.8.	Сердечные гликозиды (кардиотонические стероиды)	106
2.3.9.	Сапонины	111
2.3.10.	Гопаноиды	114
2.3.11.	Фитостероиды	115
2.3.12.	Витамин D.....	116
2.4.	Тетратерпеноиды	117
2.5.	Синтез изопреноидов.....	119
Глава 3.	ФЕНОЛЫ	129
3.1.	Структурные типы	130
3.2.	Выделение и идентификация фенольных соединений	154
3.3.	Структурные исследования	156
3.4.	Биосинтез. Общие принципы	162
3.5.	Биосинтез отдельных групп фенольных производных	166
3.5.1.	Синтез усниновой кислоты	166
3.5.2.	Биосинтез цианидин-3-гликозида	166
3.5.3.	Биосинтез ротенонов	167
3.6.	Синтетические методы получения флавоноидов	168
Глава 4.	АЛКАЛОИДЫ	175
4.1.	Классификация алкалоидов	176
4.2.	Распространение в природе и физико-химические свойства	176
4.3.	Способы выделения алкалоидов	179
4.4.	Основные группы алкалоидов	180
4.5.	Структурные исследования	208
4.6.	Биосинтез	212
4.7.	Синтез алкалоидов	220
Глава 5.	АНТИБИОТИКИ	236
5.1.	β -Лактамные антибиотики	237
5.2.	Аминогликозиды и аминоциклитолы	245
5.3.	Тетраценовые антибиотики	247
5.4.	Макролиды	252
5.5.	Пептидные антибиотики	256
5.6.	Линкозамиды	260
5.7.	Разные антибиотики	260
Глава 6.	ВИТАМИНЫ И КОФЕРМЕНТЫ	266
6.1.	Водорастворимые витамины.....	268
6.1.1.	Тиамин (витамин B ₁).....	268
6.1.2.	Рибофлавин (витамин B ₂).....	270
6.1.3.	Кислота никотиновая и никотинамид (витамин PP или B ₃).....	272
6.1.4.	Пантотеновая кислота (витамин B ₃ или B ₅).....	274

6.1.5.	Пиридоксин (витамин В ₆).....	275
6.1.6.	Кислота фолиевая (витамин В ₉ или В ₁₂).....	277
6.1.7.	Кобаламины.....	279
6.1.8.	Кислота аскорбиновая (витамин С).....	281
6.1.9.	Витамин Р.....	284
6.1.10.	Биотин (витамин Н).....	284
6.2.	Водорастворимые витаминоподобные вещества.....	286
6.2.1.	Кислота пангамовая и холина хлорид.....	286
6.2.2.	Витамин U.....	287
6.2.3.	<i>n</i> -Аминобензойная кислота.....	287
6.2.4.	Инозитол.....	287
6.3.	Жирорастворимые витамины.....	288
6.3.1.	Витамин А.....	288
6.3.2.	Витамин D.....	291
6.3.3.	Витамин E.....	293
6.3.4.	Витамин K.....	294
6.4.	Коферменты.....	296
6.4.1.	Аденозинтрифосфат (АТФ).....	296
6.4.2.	Кофермент А (CoA, CoA-SH).....	297
6.4.3.	S-Аденозилметионин (SAM).....	297
6.4.4.	Карнитин.....	298
6.4.5.	Липоевая кислота.....	298
6.4.6.	Убихиноны и пластохиноны.....	299
6.4.7.	Цитиколин.....	299
6.4.8.	Уридиндифосфатглюкоза.....	300
6.4.9.	Пирролохинолинхинон.....	300
6.4.10.	Кофермент M (CoM-SH).....	300
Глава 7.	РАЗНЫЕ ГРУППЫ ПРИРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	303
7.1.	Порфирины.....	303
7.2.	Меланины.....	310
7.3.	Амиды.....	315
7.4.	Полиэфирсы.....	316
7.5.	Галоген-, фосфор- и серосодержащие соединения.....	319
7.6.	Кумулены и ацетилены.....	327
УСЛОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ.....	332	
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	333	