

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

КАФЕДРА ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС
З ДИСЦИПЛІНИ
хімія природних низькомолекулярних сполук
(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _____ магістр _____

галузь знань _____ 10 Природничі науки _____
(шифр і назва)

спеціальність _____ 102 Хімія _____
(шифр і назва)

освітня програма _____ освітньо-професійна програма «Хімія» _____
(шифр і назва)

спеціалізація _____ органічна хімія _____
(шифр і назва)

вид дисципліни _____ за вибором _____
(обов'язкова / за вибором)

факультет _____ хімічний _____

2018/ 2019 навчальний рік

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра органічної хімії

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор ХНУ
з науково-педагогічної роботи
Пантелеймонов А.В.

“ ” 2018 р.

Робоча програма навчальної дисципліни
хімія природних низькомолекулярних сполук
(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти магістр

галузь знань 10 Природничі науки
(шифр і назва)

спеціальність 102 Хімія
(шифр і назва)

освітня програма освітньо-професійна програма «Хімія»
(шифр і назва)

спеціалізація органічна хімія
(шифр і назва)

вид дисципліни за вибором
(обов’язкова / за вибором)

факультет хімічний

2018 / 2019 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою **хімічного** факультету

“31” серпня 2018 року, протокол № 7

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ: **Ліпсон Вікторія Вікторівна** д-р хім. наук, проф., проф.
кафедри органічної хімії 0.5 ст. за сумісництвом

Програму схвалено на засіданні кафедри **органічної хімії**

Протокол від “30” серпня 2018 року, протокол № 1

Завідувач кафедри органічної хімії

Дорошенко А.О.
(підпис)

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією

хімічного факультету

назва факультету

Протокол від “31” серпня 2018 року, протокол № 1

Голова методичної комісії _____

Єфімов П.В.
(підпис)

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Хімія природних низькомолекулярних сполук” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

магістрів

(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності (напряму) 102 Хімія

спеціалізації органічна хімія

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є ознайомлення студентів з основними класами природних низькомолекулярних сполук. З'ясування співвідношення між особливостями будови, хімічними властивостями речовин природного походження, їх біологічною роллю і сферами практичного застосування. Ці знання мають бути як теоретичними, так і практичними. Таке поєднання можливе тільки за умов розгляду сучасних досягнень у галузі хімії природних сполук і виконання лабораторних завдань з виділення певних речовин з природної сировини, ідентифікації та одержання нових похідних шляхом їх модифікації

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни полягають у:

- знайомстві з класифікацією і біосинтетичним походженням основних структурних типів природних сполук;
- розгляді способів виділення індивідуальних речовин з природної сировини і методів встановлення їх будови;
- з'ясуванні зв'язку між будовою і хімічними властивостями розмаїтих природних сполук;
- формуванні уявлень щодо фармакологічної, токсикологічної та екологічної значущості цих речовин.
- розкритті джерел пошуку майбутніх кандидатів у лікарські засоби поміж нових типів структур, виділених з природної сировини, та характеристика сучасних підходів до синтезу і хімічної модифікації біологічно активних сполук природного походження.

1.3. Кількість кредитів - 7

1.4. Загальна кількість годин - 210

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
5-й	5-й
Семестр	
9-й	9-й
Лекції	
32 год.	12 год.
Практичні, семінарські заняття	
0 год.	0 год.
Лабораторні заняття	
32 год.	12 год.
Самостійна робота	
146 год.	186 год.
Індивідуальні завдання	
0 год.	

1.6. Заплановані результати навчання

Студенти повинні досягти таких результатів навчання:

Знати та розуміти:

- підходи до класифікації низькомолекулярних природних сполук;
- головні структурні типи речовин природного походження;
- основні біосинтетичні шляхи їх утворення;
- методи доведення будови природних речовин;
- способи хімічної модифікації різних структурних типів природних сполук

Вміти:

- використовувати комплекс експериментальних методів для виділення індивідуальних сполук з природної сировини;
- характеризувати властивості природних речовин на основі їх хімічної будови;

- використовувати набір спектральних та фізико-хімічних методів для встановлення структури сполук;
- планувати та виконувати експерименти з хімічної модифікації речовин

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Виклад теоретичного матеріалу

Тема 1. Вступ. Жирні кислоти та їх похідні.

Структура жирних кислот. Ненасичені жирні кислоти. Кислоти «незвичайної» будови. Природні джерела жирних кислот. Біосинтез (ліпогенез) моно-, поліненасичених жирних кислот. Катаболізм жирних кислот. Перекисне окиснення ліпідів. Способи синтезу вищих жирних кислот.

Тема 2. Оксиліпіни.

Простагландини. Тромбоксани. Лейкотриєни. Структура, біосинтез, катаболізм, синтетичні методи побудови таких структур.

Тема 3. Ізопреноїди.

Структурні типи ізопреноїдів (гемі-, моно-, сескві-, ди-, сестерпеноїди, стероїди) взаємозв'язок між ними, біосинтетичне походження, способи добування з природних джерел та методи доведення будови.

Тема 4. Стероїди, каротиноїди та поліізопреноїди.

Стероїди (холестерол, жовчні кислоти, адренокортикоїди, статеві гормони, серцеві глікозиди, сапоніни, фітостероїди). Біомедичне значення стероїдів. Каротиноїди. Поліізопреноїди. Загальні шляхи біосинтезу та катаболізм. Методи синтезу та модифікації структури.

Тема 5. Феноли і їх похідні.

Структурні типи, природне розповсюдження, біологічні властивості. Способи виділення з природної сировини. Біосинтез (загальні принципи та приклади утворення окремих похідних). Катаболізм. Біомедичне значення фенолів. Способи ідентифікації фенольних сполук. Синтетичні методи одержання.

Тема 6. Алкалоїди

Структурні типи. Розповсюдженість у природі. Способи виділення з природної сировини. Представники основних груп алкалоїдів. Біосинтез (похідні орнітину та лізину, похідні фенілаланіну та тирозину, похідні триптофану). Способи встановлення будови, класичні та сучасні методи синтезу алкалоїдів. Фармакологічні засоби на основі алкалоїдів.

Тема 7. Антибіотики

Структурні типи антибіотиків (β -лактами, аміноглікозиди, тетрацени, макроліди, пептиди, лінкозаміди, антибіотики різних груп), їх біосинтетичне походження, способи добування. Медичне застосування.

Тема 8. Вітаміни і коферменти

Класифікація, джерела, біосинтетичне походження, функції. Водорозчинні вітаміни (B_1 , B_2 , PP(B_3), B_5 , B_6 , $B_c(B_9)$, B_{12} , P, C, H). Водорозчинні вітаміноподібні речовини (кислота пангамова, холіну хлорид, *n*-амінобензойна кислота, вітамін U, інозитол). Жиророзчинні вітаміни (A, D, E, K). Коферменти (АТФ, CoA, SAM, карнітин, ліпоєва кислота, цитіколін, убіхінони і пластохінони, піролохінолінхінон, урідиндифосфат-глюкоза, CoM). Способи синтезу вітамінів.

Тема 9. Різні групи природних сполук

Порфірини, меланіни, аміди, поліетери, галоген-, фосфор- та сульфуровмісні сполуки. Природні джерела, біосинтетичне походження, функції.

Розділ 2. Лабораторні заняття

Тема 10. Вилучення та ідентифікація тритерпеноїдів лупанового ряду з кори берези

Тема 11. Модифікація структури тритерпеноїдів лупанового ряду. Синтез алобетуліну

Тема 12. Синтез алобетулоноу.

Тема 13. Синтез бетулонової кислоти та її відновлення до бетулінової кислоти.

Тема 14. Синтез 2-вінільних похідних тритерпеноїдів лупанового ряду.

Тема 15. Синтез (1*S*,2*S*)- та (1*R*,2*R*)-1-(4'-хлорофеніл)-2,2'-спіроциклопропілалобетулінів.

Тема 16. Вилучення гесперидину з шкірки апельсину та його кислотний гідроліз

Тема 17. Вилучення флавоноїдів з шкірки грейпфруту

Тема 18. Вилучення піперину з перцю

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усьог о	у тому числі					усьог о	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.		л	п	лаб	інд	с.

				.	.	p.				.	.	p.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Виклад теоретичного матеріалу												
<i>Тема 1. Вступ. Жирні кислоти та їх похідні</i>	8	2				6		1				10
<i>Тема 2. Оксиліпіни</i>	10	2				8		1				20
<i>Тема 3. Ізопреноїди</i>	14	2				12		1				20
<i>Тема 4. Стероїди, каротиноїди та поліізопреноїди</i>	16	4				12		1				14
Тема 5. Феноли і їх похідні.	10	4				6		2				20
<i>Тема 6. Алкалоїди</i>	18	6				12		2				20

Продовження таблиці

<i>Тема 7. Антибіотики</i>	10	4				6		2				21
<i>Тема 8. Вітаміни і коферменти</i>	10	4				6		1				21
<i>Тема 9. Різні групи природних сполук</i>	8	4				4		1				21
Разом за розділом 1	104	32				72		12				167
Розділ 2. Лабораторні заняття												
<i>Тема 10. Вилучення та ідентифікація тритерпеноїдів лу- панового ряду з кори берези</i>	12			4		8				4		7
<i>Тема 11. Модифіка- ція структури три- терпеноїдів лупано- вого ряду. Синтез алобетуліну</i>	12			4		8						

<i>Тема 12. Синтез алобетулону</i>	12			4		8						
<i>Тема 13. Синтез бетулонової кислоти та її відновлення до бетулінової кислоти</i>	14			4		10						
<i>Тема 14. Синтез 2-вінільних похідних тритерпеноїдів лупанового ряду</i>	14			2		12						
<i>Тема 15. Синтез (1S,2S)- та (1R,2R)-1-(4'-хлорофеніл)-2,2'-спіроциклопропілалобетулінів</i>	14			4		10						
<i>Тема 16. Вилучення гесперидину з шкiрки апельсину та його кислотний гiд-роліз</i>	12			4		8						
<i>Тема 17. Вилучення флавоноїдiв з шкiрки грейпфруту</i>	8			4		4				4		6
<i>Тема 18. Вилучення піперину з перцю</i>	8			2		6				4		6
Разом за розділом 2	106			32		74				12		19
Усього годин	210			64		146	210	1 2		12		186

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вилучення та ідентифікація тритерпеноїдів лупанового ряду з кори берези.	4

Продовження таблиці

2	Модифікація структури тритерпеноїдів лупанового ряду. Синтез алобетуліну	4
3	Синтез алобетулону	4
4	Синтез бетулонової кислоти та її відновлення до бетулінової кислоти.	4
5	Синтез 2-вінільних похідних тритерпеноїдів лупанового ряду.	2
6	Синтез (1 <i>S</i> ,2 <i>S</i>)- та (1 <i>R</i> ,2 <i>R</i>)-1-(4'-хлорофеніл)-2,2'-спіроциклопропілалобетулінів	4
7	Вилучення гесперидину з шкірки апельсину та його кислотний гідроліз	4
8	Вилучення та ідентифікація флавоноїдів з кірки грейпфруту	4
9	Вилучення та ідентифікація піперину з чорного перцю	2
	Разом	32

5. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Форма контролю
Розділ 1. Виклад теоретичного матеріалу			
1	<i>Тема 1. Вступ. Жирні кислоти та їх похідні.</i>	6	Контрольна робота
2	<i>Тема 2. Оксипініни.</i>	8	
3	<i>Тема 3. Ізопреноїди.</i>	12	Контрольна робота
4	<i>Тема 4. Стероїди, каротиноїди та поліізопреноїди.</i>	12	
5	Тема 5. Феноли і їх похідні.	6	Контрольна робота
6	<i>Тема 6. Алкалоїди.</i>	12	Контрольна робота
7	<i>Тема 7. Антибіотики</i>	6	
8	<i>Тема 8. Вітаміни і коферменти</i>	6	Опитування
9	<i>Тема 9. Різні групи природних сполук</i>	4	Опитування

	Разом	72	
10	<i>Тема 10. Вилучення та ідентифікація тритерпеноїдів лупанового ряду з кори берези</i>	8	Опитування
11	<i>Тема 11. Модифікація структури тритерпеноїдів лупанового ряду. Синтез алобетуліну</i>	8	Опитування
12	<i>Тема 12. Синтез алобетулолу</i>	8	Опитування
13	<i>Тема 13. Синтез бетулонової кислоти та її відновлення до бетулінової кислоти</i>	10	Опитування
14	<i>Тема 14. Синтез 2-вінільних похідних тритерпеноїдів лупанового ряду</i>	12	Опитування
15	<i>Тема 15. Синтез (1S,2S)- та (1R,2R)-1-(4'-хлорофеніл)-2,2'-спіроциклопропілалобетулінів</i>	10	Опитування
16	<i>Тема 16. Вилучення гесперидину з шкірки апельсину та його кислотний гідроліз</i>	8	Опитування
17	<i>Тема 17. Вилучення флавоноїдів з шкірки грейпфруту</i>	4	Опитування
18	<i>Тема 18. Вилучення піперину з перцю</i>	6	Опитування
	Разом	74	

6. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом.

7. Методи контролю

Виконання контрольних робіт, опитування, іспит (письмова робота).

8. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання									Екзаме н	Сума
Розділ 1		Розділ 2	Контрольна робота, передбачена навчальним планом				Інди-відуаль-не завдання	Разом		
T1	T2	Лаб. роботи	K1	K2	K3	K4	-			
-	-	10	10	15	10	15	-	60	40	100

T1, T2 ... – теми розділів.

Мінімальна позитивна оцінка на екзамені – 10 балів.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для екзамену	для заліку
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

9. Рекомендована література

Основна література

1. Липсон В. В. Химия природных низкомолекулярных соединений : учебное пособие / В. В. Липсон. – Х. : ХНУ имени В. Н. Каразина, 2012. – 343 с.
2. Семенов, А. А. Основы химии природных соединений. В 2 т. Т. 1 / А. А. Семенов, В. Г. Карцев. – М. : МБФ «Научное партнерство», 2009. – 619 с.

Допоміжна література

1. Племенков В.В. Введение в химию природных соединений. Казань, 2001. – 376 с.
2. Биохимия человека / Р. Марри, Д. Греннер, П. Мейес, В. Родуэлл // Т. 1,2. - М.: Мир, 2004.

3. Кардиотонические стероиды / [И. Ф. Макаревич, Н. В. Ковганко, И. С. Чекман, Г. В. Загорий]. – Х. : Оригинал, 2009. – 688 с.
4. Hanson, J. R. Natural products: the secondary metabolites / J. R. Hanson. – Cambridge : Royal Society Chemistry, 2002. – 147 p.
5. Dewick, P. M. Medicinal natural products: a biosynthetic approach / P. M. Dewick. – 2nd ed. – Chichester ; West Sussex ; England : John Wiley & Sons, Inc., 2002. – 515 p.
6. Natural products from plants / [L. J. Cseke, A. Kirakosyan, P. B. Kaufman et al.]. – 2nd ed. – Boca Roton : CRC Press Taylor & Francis Group, 2006.
7. Natural products: their chemistry and biological significance / J. Mann, R.S. Davidson, J.B. Hobbs, D. V. Banthorpe and J. B. Harborne // Longmann Group UK Limited, Harlow, Essex, England, 1996. – 465 с.
8. Nicolaou, K. C. The art and science of total synthesis at the dawn of the twenty-first century / K. C. Nicolaou, D. Vourloumis, N. Winssinger, P. S. Baran // Angew. Chem. Int. Ed. – 2000. – Vol. 39. – P. 44.
9. Nicolaou K. C. Classics in total synthesis / K. C. Nicolaou, E. J. Sorensen. – Weinheim : VCH, 1996. – 798 p.

10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

ПРИКЛАДИ ЗАВДАНЬ ДЛЯ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ХІМІЯ ПРИРОДНИХ НИЗЬКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СПОЛУК»

Контрольна робота № 1. «Жирні кислоти та їх похідні»

- До складу мембранних фосфоліпідів входять:
А. Гліцерин +фрагмент вуглеводу+ ЖК (залишок жирної кислоти);
Б. Сфінгозин+ЖК+фосфат+аміноспирт;
В. Сфінгозин+залишок вуглеводу+ЖК;
Г. Гліцерин+ЖК+фосфат+аміноспирт;
Д. Фосфатидинова кислота
- Що виступає переносником одновуглецевого залишку у біосинтезі ЖК? а) NADPH; б) біотин; в) АТФ; г) ацетил-СоА; д) HCO_3^- іон; е) тетрагідрофолат
- У молекулі ацил-СоА присутній фрагмент: а) гуаніну; б) аденіну; в) урацилу; г) інозину.
- Наведіть структурну формулу продукту окиснення кислоти $\Delta^{5,8,11,14}$ (20:4) за участю ліпоксигенази-5.
- Лейкотриєни утворюються в результаті окиснення арахідонової кислоти за участю: а) циклооксигенази; б) тромбосансинтетази; в) ліпоксигенази-5; г) ліпоксигенази-12; д) ліпоксигенази-15.
- До якого типу антиоксидантів (превентивний, який гасить) відносяться: а) пероксидази; б) супероксиддисмутаза; в) α -токоферолі; г) ЕДТА
- Субстратом у біосинтезі жирних кислот виступає: а) NADPH; б) АТФ; в) ацетил-СоА; г) біотин; д) мевалонат
- Кінцевим продуктом β -окиснення ЖК з непарною кількістю атомів карбону є: а) малоніл-СоА; б) пропіоніл-СоА; в) *ізо*-валеройл-СоА; г) ацетил-СоА.
- α -Окиснення жирних кислот спостерігається при: а) наявності у молекулі кратних зв'язків; б) розгалуженні ланцюга та проміжним продуктом окиснення є: а) кетон; б) альдегід; в) дикарбонові кислоти.
- За рахунок яких функціональних груп АСР здійснює свої функції: а) COOH ; б) SH ; в) COOH та NH_2 одночасно; г) NH_2 ; д) $-\text{S}-\text{S}-$; е) двох COOH

Контрольна робота № 2 «Ізопреноїди».

- Лімітуючою стадією в синтезі ізопентенілпірофосфату (IPP) є: а) конденсація Кляйзена за участю ацетил-СоА; б) відновлення 3-гідрокси-3-метилглутарил-СоА; г) фосфорилування мевалонату.
- Біологічна роль ізопентенілпірофосфату полягає у тому, що він виступає як: а) антиоксидант; б) носій ацильного залишку; в) елементарна ланка в синтезі ізопреноїдів; г) синтетичний попередник алкалоїдів; д) синтетичний попередник шикімату.
- Розташуйте за ростом густини наступні ліпопротеїно-холестеринові комплекси: α -ліпопротеїни, пре- β -ліпопротеїни, хіломікрони, β -ліпопротеїни, ліпопротеїни проміжної густини.
- Який вітамін групи D в організмі людини утворюється в результаті(назвати процес) з: а) ергостеролу; б) холестеролу; в) 7-дегідрохолестеролу; г) 22,23-дигідрокси ергостеролу.
- Яка молекулярна платформа лежить в основі стероїдів, і за допомогою яких хімічних методів було доведено її будову.
- Які біологічні функції притаманні C_{40} -ізопреноїдам?
- Чому кортикостероїди є більш потужними протизапальними засобами, ніж, наприклад, саліцилати?
- Біопрекурсором мевалонової кислоти виступає:

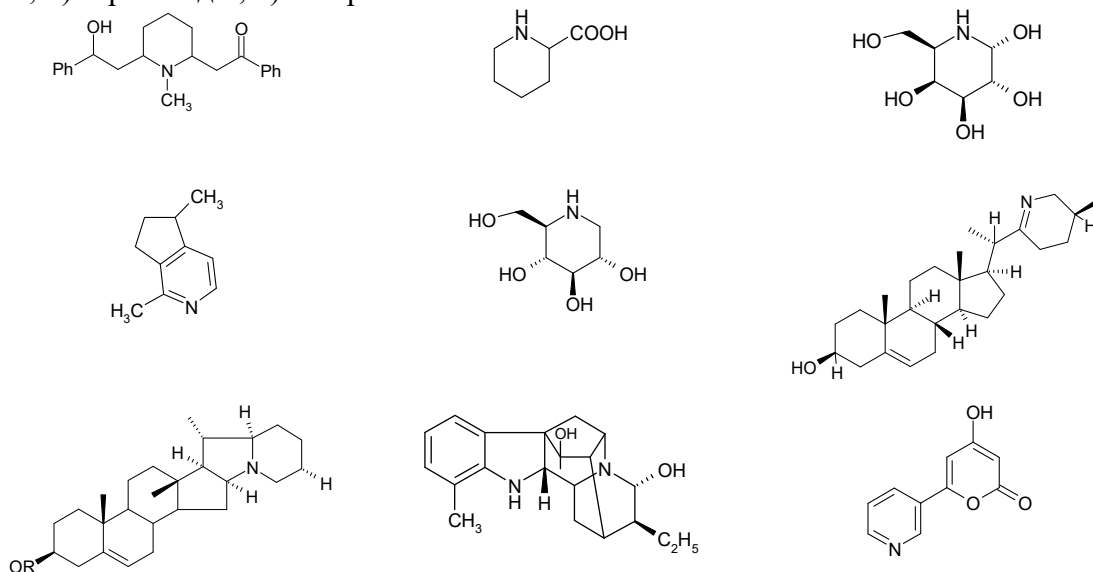
- а) 3,3-диметилакрилова кислота; б) лейцин; в) ацетил-СоА ; г) ізопрен;
 д) пропіоніл-СоА; є) малоніл-СоА; ж) НМГ-СоА ; з) ІРР.
 9. До групи стероїдних гормонів наднирників належать:
 а) серцеві глікозиди; б) металопротеази; в) статеві гормони; г) простагландини; д) глюкокортикоїди; є) мінералокортикоїди; е) катехоламіни.
 10. Який з етапів синтезу холестеролу може бути об'єктом впливу фармакологічних засобів і чому?
 а) конденсація ацетил-СоА; г) утворення ізопентенілпірофосфату;
 б) утворення мевалонату; д) утворення сквалену;
 в) фосфорилування мевалонату; є) утворення ланостеролу та його похідних

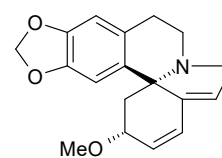
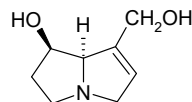
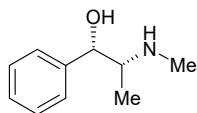
Контрольна робота № 3 «Феноли»

- Наведіть структури похідних фенолу, які представлені в організмі ссавців та назвіть їх функції.
- Які продукти утворюються з грізеофульвіну в присутності MeONa
- Синтетичним попередником яких з перерахованих нижче сполук є шикімат, а яких – ацил-СоА: а) 4-кумарова кислота; б) флороглюцин; в) уснінова кислота; г) лігнін; д) саліцилова кислота; е) пірогалол; ж) тирозин.
- За допомогою яких хімічних перетворень можна довести, що грізеофульвін є β-метокси-α,β-ненасиченим кетоном.
- У чому полягає біологічна роль флавоноїдів в рослинному світі?
- Які продукти утворюються з грізеофульвіну в присутності MeONa?
- Виходячи з ауруну здійсніть синтез 2-феніл-3-гідросихромону
- Наведіть схему біосинтезу катехоламінів в організмі людини.
- Які продукти утворюються при взаємодії 2-гідроксиацетофенону з 4-заміщеними бензальдегідами у присутності етилату натрію.
- Запропонуйте схему синтезу 2-арил-3,5-дигідроксифлаванону, виходячи з арилметиліден-2',6'-дигідроксиацетофенону.

Контрольна робота № 4. «Алкалоїди та антибіотики»

1. Які з наведених нижче сполук за своїм біосинтетичним походженням є похідними: а) амінокислот; б) терпеноїдів; в) сахарів

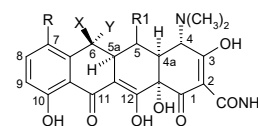
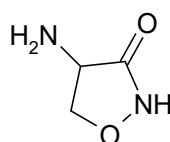
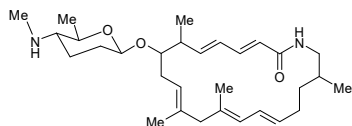
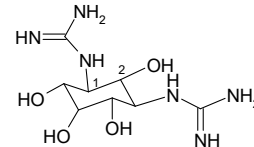
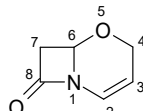
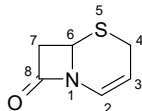
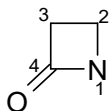




2. Запропонуйте хімічний спосіб доведення наявності у складі молекули кодеїну спиртового гідроксиду та конденсованої карбоциклічної системи.

3. Антибіотики пеніцилінового ряду за своєю будовою відносяться до похідних: а) оксацефему; б) тіацефему; в) монобактаму; г) пенему; д) пенаму; є) карбапенему; е) оксапенему.

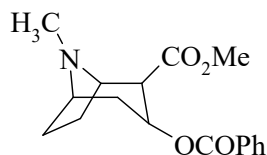
4. Дайте тривіальні назви наступним молекулярним системам:



5. Проміжними продуктами у біосинтезі низки алкалоїдів є аміноальдегіди, які утворюються з основних амінокислот за участю: а) S-аденозилметіоніну; б) тіаміну пірофосфату; в) піридоксальфосфату; г) NAD^+ .

6. Макролідні антибіотики утворюються: а) з амінокислот; б) за полікетидним шляхом; в) за шикіматним шляхом; г) в результаті комбінації полікетидного та шикіматного шляхів.

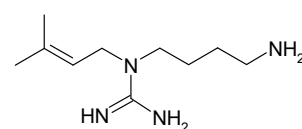
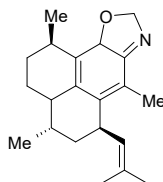
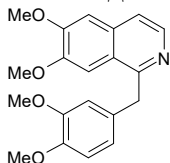
7. Яка амінокислота є біопрекурсором кокаїну:

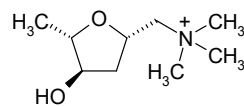
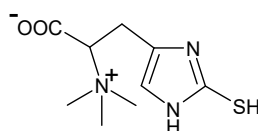
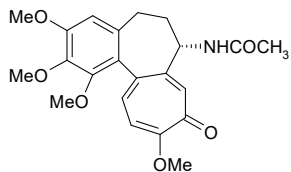
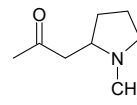
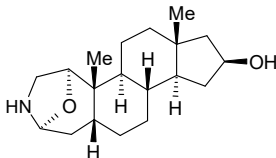
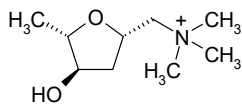
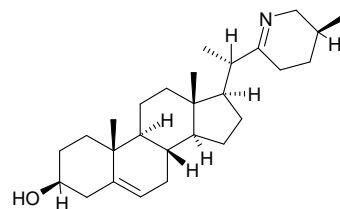
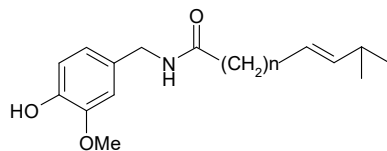
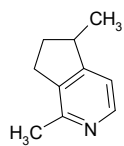


а) фенілаланін; б) тирозин; в) лізин; г) триптофан; д) орнітин; є) метіонін.

8. У чому полягає хімізм дезактивації антибіотиків пеніцилінового ряду під дією бактеріальних β -лактамаз.

9. Які з наведених нижче алкалоїдів відносяться до дійсних, які – до протоалкалоїдів, а які – до псевдоалкалоїдів





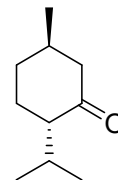
10. Як довести, що у структурі кокаїну є: а) третинна аміногрупа; б) дві естерні групи.

ОПИС ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ХІМІЯ ПРИРОДНИХ НИЗЬКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СПОЛУК»

Лабораторна робота № 1. Синтез ментону окисненням ментолу

Сировина і реактиви:

Ментол, 15 г
Ацетон, 300 мл
CrO₃, H₂SO₄ конц., Na₂SO₄ б/в
Метиленхлорид, 2-пропанол



C₁₀H₁₈O
М.м. 154.3

Ароматизатор ментон (*транс-е,е*-ментон), який додають у зубні пасти та есенції, присутній у олії м'яти перцевої (~30 % (-)-антиподу). Його також одержують окисненням ментолу, селективним відновленням пулегону ((*R*)-2-ізопропіліден-5-метилциклогексанону) або піперитону ((-)-6-ізопропіл-3-метил-2-циклогексен-1-ону), які також є практично значущими ароматизаторами, що мають запах камфори та м'яти. У якості парфумерної віддушки для мила використовують оксим ізоментону (в його молекулі метильна група має *цис*-розташування). Цій речовині притаманний запах листя та бруньків смородини.

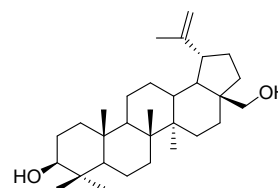
У колбі об'ємом 500 мл розчиняють 15 г (0.097 моль) ментолу у 300 мл ацетону і охолоджують льодом до 0 ° С. До охолодженого розчину додають крапельно (1-2 крап./сек) реактив Джонса* з розрахунку 0.7 моль хромового ангідриду на 1 моль ментолу. Суміш набуває синьо-зеленого кольору. Після завершення додавання реактиву Джонса реакційний розчин залишають на 30 хв при 0 ° С до утворення стійкого оранжевого забарвлення. Якщо реакційна суміш має синьо-зелений колір, додають ще трохи окислювача до зміни забарвлення і додатково витримують на холоді 30 хв. Після цього до суміші додають 10-20 мл 2-пропанолу до появи синьо-зеленого забарвлення. Розчин переносять у ділильну воронку і додають 500 мл води. Після розподілу шарів, верхній шар ментону відокремлюють, нижній – водний екстрагують метиленхлоридом. Органічні шари об'єднують, промивають 2-3 рази водою по 20-25 мл, сушать над Na₂SO₄ б/в, фільтрують і видаляють розчинник на роторному випарнику. Вихід 12-13 г рідкого ментону.

* Приготування реактиву Джонса. Розчиняють 70 г CrO₃ у 500 мл води і при перемішуванні по краплях додають 61 мл H₂SO₄ конц.

Лабораторна робота № 2. Бетулін з березової кори

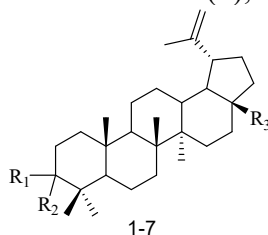
Сировина і реактиви:

Кора берези, 150 г
Хлороформ, 2 л
Гексан, 200 мл
2-Пропанол, 0.5 л



C₃₀H₅₀O₂
М.м. 442.7

Бетулін (1) – пентациклічний тритерпеноїд лупанового ряду – головний компонент кори беріз (*Betula verrucosa*, *Betula pubescens*, *Betula alba*, 10-35 % від сухої маси), в якій також міститься бетулінова кислота (2) (~ 2.5 %) її метиловий естер (3), бетуліновий (4), бетулоновий (5) альдегіди, бетулонова кислота (6), лупеол (7) та ін. [8,9].



1 $R^1=OH$, $R^2=H$, $R^3=CH_2OH$; 2 $R^1=OH$, $R^2=H$, $R^3=COOH$; 3 $R^1=OH$, $R^2=H$, $R^3=CO_2Me$;
4 $R^1=OH$, $R^2=H$, $R^3=CHO$; 5 $R^1+R^2=O$, $R^3=CHO$; 6 $R^1+R^2=O$, $R^3=COOH$; 7 $R^1=OH$, $R^2=H$,
 $R^3=Me$

Завантажують у апарат Сокслета 150 г берести, подрібненої до розміру часток ~ 3-5 мм. При завантаженні кожен порцію у 10-15 г сировини змішують з 30-50 мл хлороформу. Апарат Сокслета з'єднують зі зворотним холодильником і круглодонною колбою об'ємом 2 л, в яку попередньо заливають 0.8 л хлороформу. Розчинник у колбі кип'ятять і відслідковують швидкість його проходження через шар берести у Сокслеті. Якщо хлороформ просочується дуже повільно, сировину слід розпушити. Екстракцію продовжують 8 год. По закінченню процесу з екстракту видаляють 75 % розчинника на роторному випарювачі, а аморфний світло-жовтий осад бетуліну, що утворився у кубовому залишку відфільтровують, промивають на фільтрі гексаном, сушать під витяжною шафою за кімнатної температури. Сухий порошок у кількості ~50-60 г перекристалізують з 2-пропанолу (0.5 л), фільтрують, промивають гексаном, сушать. Вихід бетуліну 45-50 г, т. пл. 256- 257 °С.

Лабораторна робота № 3. Синтез алобетуліну

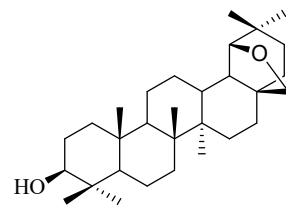
Сировина і реактиви:

Бетулін, 15 г

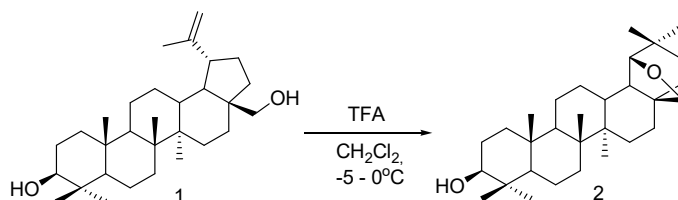
Дихлорометан, 750 мл

Трифлуороацетатна кислота, 75 мл

Na_2CO_3 , Na_2SO_4 б/в



$C_{30}H_{50}O_2$
М.м. 442.7



До суміші 15 г (0.034 моль) бетуліну (1) у 0.7 л дихлорометану, охолодженої до -5-0 °С, за допомогою крапельної воронки повільно додають трифлуороацетатну кислоту. При цьому вихідний бетулін розчиняється, а розчин набуває жовтого кольору. Після

завершення додавання кислоти реакційну суміш витримують при температурі $\sim 0^\circ\text{C}$ ще 30-50 хв (контроль за ТШХ), виливають на лід і залишають за кімнатної температури на 2-3 год. Після цього органічний шар відділяють від водного, а водний розчин екстрагують двома порціями метиленхлориду по 25 мл. Об'єднані органічні розчини промивають 3-4 порціями води по 50 мл, та насиченим розчином Na_2CO_3 , сушать над безводним Na_2SO_4 . Розчин фільтрують і видаляють надлишок розчинника під зниженим тиском. З залишку виділяють 14-15 г кремового аморфного порошку алобетуліну, т. пл. $260-261^\circ\text{C}$.

Лабораторна робота № 4. Синтез алобетулону

Сировина і реактиви:

Алобетулін, 15 г

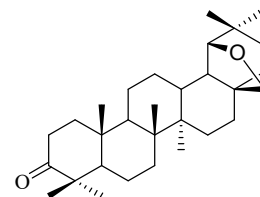
Ацетон, 1 л

Хромовий ангідрид,

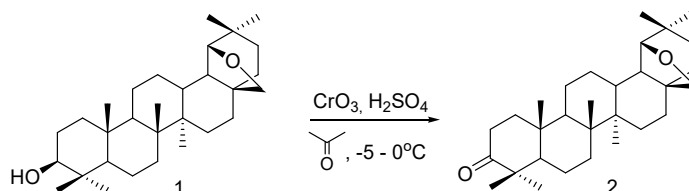
Сульфатна кислота,

2-пропанол, 30 мл

Етилацетат



$\text{C}_{30}\text{H}_{48}\text{O}_2$
М.м. 440.7



До суспензії 15 г (0.034 моль) алобетуліну (1) в 1 л ацетону, охолодженої до 0°C при перемішуванні повільно додають з крапельної воронки реактив Джонса (див. розд. 2.1). з розрахунку 0.7 моль хромового ангідриду на 1 моль аллобетуліну. Реакційна суміш набуває синьо-зеленого кольору. Після завершення додавання розчину окислювача суміш перемішують ще 30 хв до утворення стійкого оранжевого кольору. Якщо колір залишається синьо-зеленим, додають ще окислювач і додатково витримують реакційну суміш до зміни кольору. Після цього до реакційної суміші додають 20-30 мл 2-пропанолу до появи синьо-зеленого забарвлення і видаляють 2/3 розчинника за допомогою роторного випарника. До залишку додають воду до утворення аморфного осаду, який відфільтровують і промивають на фільтрі водою до утворення безбарвного фільтрату. Продукт сушать і перекристалізують з етилацетату. Вихід алобетулону 12-13 г, т. пл. $203-205^\circ\text{C}$.

Лабораторна робота № 5. (E)-2[(4'-хлорофеніл)метиліден]алобетулон

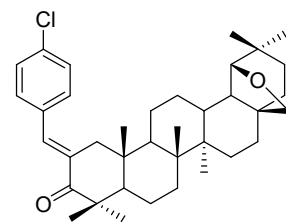
Сировина і реактиви:

Алобетулон, 1 г

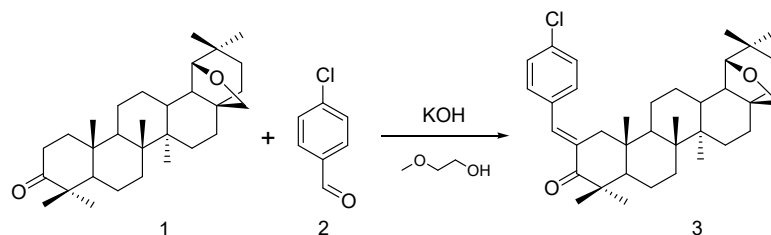
4-Хлоробензальдегід, 0.35 г

Монометилловий етер етиленгліколю, 15 мл

КОН



$\text{C}_{37}\text{H}_{51}\text{ClO}_2$
М.м. 563.3



Суміш 1 г (2.3 ммоль) алобетулону (1) та 0.35 г (2.5 ммоль) 4-хлоробензальдегіду (2) у 15 мл монометилового етеру етиленгліколю кип'яють 8 год з каталітичною кількістю КОН. Після охолодження осад, що утворився, відфільтровують, промивають на фільтрі 2-пропанолом. Вихід 78 %, т. пл. 173-174 °С. ІЧ спектр, KBr, ν , см^{-1} : 2994-2861 (CH_2, CH_3), 1683 (CO), 1602 (C=C), 1036 (COC). Спектр ЯМР ^1H (400 МГц, CDCl_3) δ , м.ч.: 7.40 (с, 1H, $\text{CH}_{\text{виніл}}$), 7.33 (с, 4H, Ar-H), 3.75 (с, 1H, $\text{C}^{28\text{B}}\text{H}$), 3.52 (с, 1H, C^{19}H), 3.42 (с, 1H, $\text{C}^{28\text{A}}\text{H}$), 3.01 (д, J 16.1 Гц, 1H, C^1H_e), 2.19 (д, J 15.1 Гц, 1H, C^1H_a), 1.13, 1.10, 0.99, 0.94, 0.91, 0.78 (усі с, 21H, $7\times\text{CH}_3$). ^{13}C ЯМР (101 МГц, CDCl_3) δ 208.19, 136.19, 135.09, 134.71, 134.61, 131.73, 128.96, 88.18, 71.56, 53.29, 49.31, 47.08, 45.52, 44.93, 41.77, 41.10, 40.75, 37.03, 36.86, 36.58, 34.59, 32.99, 29.75, 29.11, 26.84, 26.70, 26.54, 24.85, 22.64, 22.09, 20.61, 16.41, 15.54, 13.73.

Лабораторна робота № 6. (1*S*,2*S*)- та (1*R*,2*R*)-1-(4'-хлорофеніл)-2,2'-спіроциклопропілалобетулін

Сировина і реактиви:

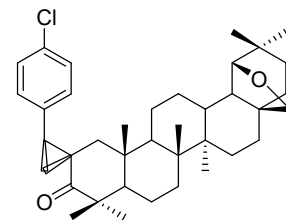
(*E*)-2[(4-хлорофеніл)метиліден]алобетулон, 0.5 г

триметилсульфоксонію йодид, 0.43 г

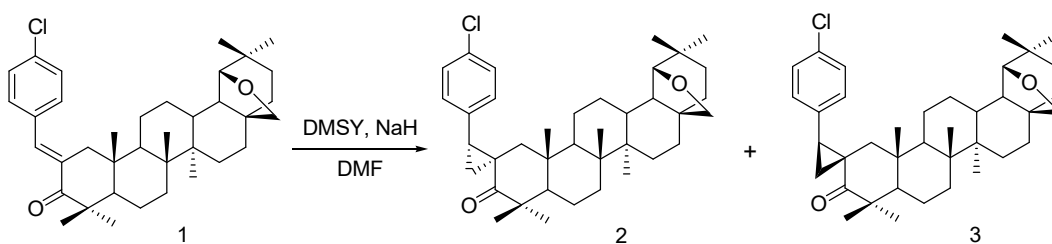
натрію гідрид 0.04 г

ДМФА, 15 мл

Дихлорометан, силікагель



$\text{C}_{38}\text{H}_{53}\text{ClO}_2$
М.м. 577.3



Суміш 0.04 г (1.8 ммоль) 50 % NaH та 0.43 (1.95 ммоль) триметилсульфоксонію йодиду у 15 мл ДМФА перемішують до повного виділення гідрогену. Після цього розчин нагрівають до 60 °С і додають 0.5 г (0.9 ммоль) (*E*)-2[(4-хлорофеніл)метиліден]-алобетулону (1). Через 30 хв до реакційної суміші додають 50 мл води і відфільтровують білий аморфний осад, який сушать при 50 °С. Розділяють ізомери колонковою хроматографією на силікагелі, елюент – дихлорометан. Вихід сполуки (2) 69 %, т. пл. 252-253 °С; ІЧ-спектр (KBr, см^{-1}) 2987-2861 (CH_2, CH_3), 1670 (C=O), 1038 (COC). (^1H ЯМР (400 МГц, CDCl_3), δ , м.ч.: 7.23 (д, J 6.0 Гц, 2H, Ar-H), 6.97 (д, J 8.1 Гц, 2H, Ar-H), 3.70 (д, J 7.4 Гц, 1H, $\text{C}^{28\text{B}}\text{H}$), 3.45 (с, 1H, C^{19}H), 3.39 (д, J 7.6 Гц, 1H, $\text{C}^{28\text{A}}\text{H}$), 2.90 (т, J 8.2 Гц, 1H, C^2

H), 1.10, 1.05, 0.89, 0.87, 0.85, 0.74, 0.53 (усі с, 21H, 7×CH₃). ¹³C ЯМР (101 МГц, CDCl₃) δ 217.36, 135.26, 132.44, 130.43, 128.07, 87.79, 71.17, 54.24, 48.30, 46.68, 45.92, 41.36, 40.66, 40.49, 40.28, 37.05, 36.78, 36.67, 36.18, 34.16, 32.82, 32.63, 32.14, 29.62, 28.75, 26.35, 26.27, 26.18, 24.46, 22.98, 22.85, 21.22, 19.97, 15.39, 14.60, 13.25.

Вихід сполуки (3) 29 % т. пл. 115-116 °С; ІЧ-спектр (KBr, см⁻¹) 2996- 2869 (CH₂, CH₃), 1683 (C=O), 1038 (COC). ¹H ЯМР (400 МГц, CDCl₃), δ, м.ч.: 7.25 (д, *J* 7.8 Гц, 1H, Ar-H), 7.03 (д, *J* 7.8 Гц, 1H, Ar-H), 3.73 (д, *J* 7.3 Гц, 1H, C^{28B}H), 3.47 (с, 1H, C¹⁹H), 3.41 (д, *J* 7.8 Гц, 1H, C^{28A}H), 2.71 (д, *J* 7.7 Гц, 1H, C²H), 1.10, 1.06, 0.98, 0.94, 0.89, 0.83, 0.73 (усі с, 21H, 7×CH₃). ¹³C ЯМР (101 МГц, CDCl₃), δ, м.ч.: 216.96, 135.80, 132.31, 130.75, 129.57, 128.40, 127.68, 87.80, 71.21, 54.29, 48.30, 46.68, 46.05, 44.58, 41.38, 40.73, 40.31, 37.54, 36.66, 36.21, 34.14, 33.73, 32.78, 32.63, 31.31, 29.42, 28.74, 27.46, 26.29, 26.18, 24.46, 22.80, 21.38, 20.19, 15.43, 15.40, 13.33.

Лабораторна робота № 7. Нарингін з шкірки грейпфруту

Сировина і реактиви:

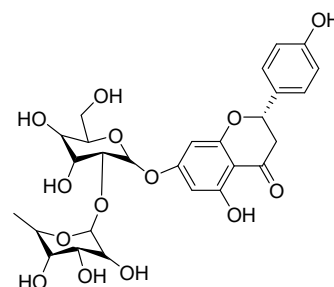
(*E*)-2[(4-хлорофеніл)метиліден]алобетулон, 0.5 г

триметилсульфоксонію йодид, 0.43 г

натрію гідрид 0.04 г

ДМФА, 15 мл

Дихлорометан, силікагель



C₂₇H₃₂O₁₄
М.м. 580.6

Диглікозид нарингін визначає гіркий смак шкірки і присмак соку грейпфрутів. Він у значно меншій кількості міститься також у лимонах та апельсинах. Нарингін лише у п'ять разів менш гіркий, ніж алкалоїд хінін, який використовують як харчовий стандарт гіркоти. При розщепленні у лужному середовищі O¹-C² зв'язку у бензпіроновому фрагменті утворюється халкон. Відновлення подвійного зв'язку в останньому гідрогеном на Pd/C каталізаторі приводить до дигідрохалкону нарингину, який у 10³ разів більш солодкий ніж сахароза [5]. Доведено, що нарингін гальмує активність деяких ферментів, зокрема, CYP3A4 та CYP1A2, які відповідають за метаболізм ксенобіотиків, і тому впливає на фармакокінетику певних ліків, підвищуючи їх біодоступність і вповільнюючи виведення з організму. Такий ефект відмічено стосовно окремих статинів (ловастатину та симвастатину), антагоністів Ca²⁺ каналів (фелодипіну), анксиолітиків (діазепаму) [12].

Сировина і реактиви:

Шкірка грейпфруту

2-Пропанол, 100 мл

Цеоліти

Одну частину подрібненої шкірки грейпфруту змішують з чотирма частинами води і нагрівають до 90 °С і витримують при цій температурі 5 хв. Водний екстракт фільтрують. Дві частини води додають до твердого залишку і повторюють екстракцію при 80 °С, знову фільтрують. Об'єднанні екстракти кип'ятять з 1 % цеолітів, фільтрують, концентрують при зниженому тиску приблизно до 1/9 від первинного об'єму. Концентрований розчин залишають у холодильнику до випадіння кристалічного осаду октагідрату цільової речовини, який відфільтровують (голки з т. пл. 83 °С). Кристалічний продукт (8.6 г) розчиняють у 100 мл киплячого 2-пропанолу і фільтрують гарячим. При охолодженні з фільтрату відфільтровують дигідрат нарингину у вигляді голок з т. пл. 171 °С). Цей глікозид можна також перекристалізувати, використовуючи невеличку кількість гарячої

води. Спектр ЯМР ^{13}C (наведено лише сигнали аглікону) δ , м.ч.: 78.6 C^2 , 42.0 C^3 , 196.7 C^4 , 162.9 C^5 (C^9), 96.5 (C^6), 164.9 C^7 , 95.4 C^8 , 162.7 C^9 (C^5), 103.5 C^{10} , 128.7 $\text{C}^{1'}$, 128.0 $\text{C}^{2'}$, 115.3 $\text{C}^{3'}$, 157.7 $\text{C}^{4'}$, 115.3 $\text{C}^{5'}$, 128.0 $\text{C}^{6'}$. Мас-спектр (m/z): 581 (100) $[\text{M} + \text{H}]^+$, 579 (100) $[\text{M} - \text{H}]$.

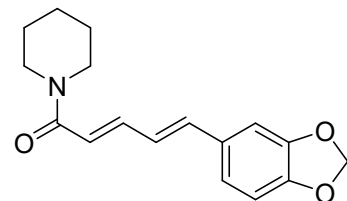
Лабораторна робота № 8 Піперин з чорного перцю

Сировина і реактиви:

Молотий чорний перець, 10 г

Етанол 95 %, 160 мл

Розчин КОН в етанолі, 10 %



$\text{C}_{17}\text{H}_{19}\text{NO}_3$
М.м. 285.35

Піперин – $\text{C}_{17}\text{H}_{19}\text{NO}_3$ – алкалоїд, що присутній у різних сортах перцю. Його вміст коливається від 1-2 % у довгому перці і до 6-9 % в чорному (*Piper nigrum*) і білому перці. Ця сполука разом з одним з чотирьох її геометричних ізомерів – хавіцином відповідає за гострий смак перцю. Піперину притаманні антизапальні властивості, він стимулює пігментацію шкіри під впливом УФ опромінення, а в експерименті на лабораторних тваринах показано, що цей алкалоїд виявляє властивості антидепресанту та підсилює когнітивні функції [14]. До того ж, він гальмує активність окремих груп ферментів (СУРЗА4, Р-глікопротеїну), які відповідають за метаболізм і транспорт ксенобіотиків, тому впливає на фармакокінетику певних ліків, підвищуючи їх біодоступність і вповільнюючи виведення з організму. Зокрема, це стосується похідних фенолів, таких як резвератрол та кверцетин [15].

Подрібнений чорний перець у кількості 10 г поміщають у апарат Сокслета і екстрагують 150 мл 95 % етанолу 2 год. Розчин, що утворився фільтрують і видаляють з нього надлишок спирту на роторному випарнику. До залишку після охолодження додають 10 мл 10 % спиртового розчину КОН і відфільтровують нерозчинний осад. Фільтрат, який містить піперин, залишають до повної кристалізації алкалоїду. Вихід піперину 0.3 г, т. пл. 125-126 °С. УФ-спектр (ЕтОН, n_m): 245 ($\log \varepsilon$ 4.47). ІЧ-спектр (КВг, см^{-1}): 2825, 2840 (CH_2), 1635 ($\text{C}=\text{O}$), 1608 ($\text{C}=\text{C}$, Ar), 1250 ($=\text{COC}$), 995 (*trans* $\text{CH}=\text{CH}$). Спектр ЯМР ^{13}C (101 МГц, CDCl_3) δ : 164.5 C^1 , 119.4 C^2 , 141.6 C^3 , 124.6 C^4 , 137.3 C^5 , 132.2 $\text{C}^{1'}$, 104.9 $\text{C}^{2'}$, 147.4 $\text{C}^{3'}$, $\text{C}^{4'}$, 107.6 $\text{C}^{5'}$, 121.7 $\text{C}^{6'}$, 100.6 $\text{C}^{7'}$.

Ідентифікація піперину

Піперин утворює комплекс з 1,3,5-тринітробензолом (1:1), який кристалізується у вигляді голок червоного кольору.

При додаванні до спиртового розчину піперину I_2 разом із KI у присутності незначної кількості HCl утворюється сіль складу піперин $\cdot \text{HI} \cdot \text{I}_2$, яка кристалізується у вигляді голок сталевоблакитного кольору з т. пл. 145 °С.

**ПРИКЛАД ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО БІЛЕТУ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«ХІМІЯ ПРИРОДНИХ НИЗЬКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СПОЛУК»**

Додаток 20

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Факультет хімічний

Спеціальність хімія

Спеціалізація органічна хімія

Семестр 9

Форма навчання денна

Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень): магістри

Навчальна дисципліна: хімія природних низькомолекулярних сполук

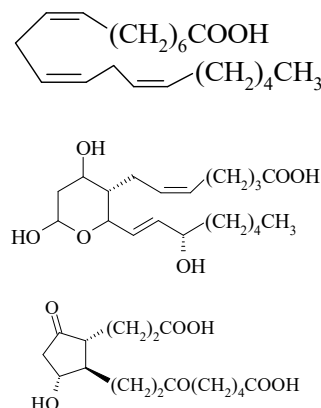
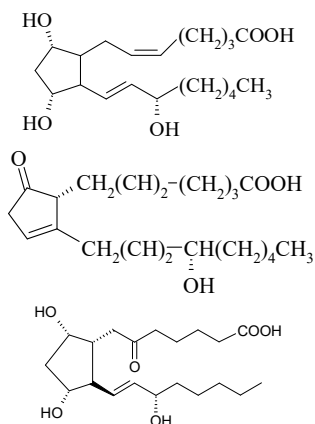
ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № _____*

1. В чому полягає роль АСР у синтезі жирних кислот?
А. Перенос карбоксильної групи на ацетил-СоА Б. Конденсуючий фермент.
В. Єднає ацильні фрагменти. Г. Відновлює подвійний зв'язок
Е Активує дегідратацію Ж. Відновлює кетогрупу (2 бали)

2. При β-окисненні жирних кислот ланцюг скорочується:
А. На один атом карбону з боку термінальної метильної групи
Б. На два карбонові залишки з боку карбоксильної групи.
В. На парну кількість карбонових залишків з обох кінців молекули

(1 бал)

3. Які з наведених структур можна віднести до простаноїдів, які до їх синтетичних попередників, а які – до метаболітів.



(5 балів)

4. Біосинтетичним попередником порфіринів виступають:
А. Ацил-СоА та пролін. В. Триптофан та сукциніл-СоА Д. Шикімат та мевалонат
Б. Сукциніл-СоА та гліцин Г. Білірубін Е Мевалонат та гліцин

(2 бали)

5. Субстратом у біосинтезі жирних кислот виступає
А. NADPH Б. АТФ В. Ацетил-СоА Г. Біотин Д. Мевалонат

(2 бали)

* Зазначається кількість балів, якою оцінюються відповіді на кожне з питань

6. Біологічна роль ізопентенілпірофосфату полягає у тому, що він виступає як:
- Антиоксидант
 - Носій ацильного залишку
 - Елементарна ланка в синтезі ізопреноїдів
 - Синтетичний попередник алкалоїдів
 - Синтетичний попередник шикімату
- (2 бали)
7. Розташуйте за ростом густини наступні ліпопротеїно-холестеринові комплекси:
 α -ліпопротеїни, пре- β -ліпопротеїни, хіломікрони, β -ліпопротеїни, ліпопротеїни проміжної густини
- (2 бали)
8. Який з етапів синтезу холестеролу може бути об'єктом впливу фармакологічних засобів і чому?
- Конденсація ацетил-СоА
 - Утворення мевалонату
 - Фосфорилювання мевалонату
 - Утворення ізопентенілпірофосфату
 - Утворення сквалену
 - Утворення ланостеролу та його похідних
- (2 бали)
9. Основними структурними фрагментами серцевих глікозидів, які відповідають за прояв кардіотонічного ефекту є:
- Вуглеводний фрагмент
 - Аглікон
 - Генін
 - Глікон
- (2 бали)
10. Які з нижче перерахованих властивостей притаманні гормонам кори наднирників, що належать до групи глюкокортикоїдів?
- Гальмування синтезу білку
 - Стимуляція синтезу білку
 - Стимуляція продукції глюкози печінкою
 - Пригнічення продукції глюкози печінкою
 - Утримання в організмі іонів Na^+
 - Стимулювання виведення іонів Na^+
 - Стимулювання виведення іонів K^+
 - Утримання в організмі іонів K^+
 - Стимуляція секреції інсуліну
 - Пригнічення секреції інсуліну
- (3 бали)
11. Який вітамін групи D у дріжджах утворюється в результаті
-(назвати процес) з:
- Ергостеролу
 - Холестеролу
 - 7-Дегідрохолестеролу
 - 22,23-Дигідрокси ергостеролу
- (2 бали)
12. Інгібітори якого ферменту використовують у якості засобів маскування прийому похідних тестостерону в якості допінгу. Відповідь обґрунтуйте.
- Інгібітори СОХ
 - Інгібітори гідроксиметилглутарил-СоА
 - Інгібітори ароматази
 - Інгібітори реніну
 - Інгібітори фосфоліпази
 - Інгібітори еластази
 - Інгібітори протеїнкіназ
- (5 балів)
13. Синтетичним попередником яких з перерахованих нижче сполук є шикімат, а яких – ацил-СоА:
- 4-Кумарова кислота
 - Флороглюцин
 - Уснінова кислота
 - Лігнан
 - Саліцилова кислота
 - Пірогалол
 - Тірозину
- (3 бали)
14. Проміжними продуктами у біосинтезі ряду алкалоїдів є аміналі, які утворюються з основних амінокислот за участю:
- S-Аденозилметіоніну
 - Піридоксальфосфату
 - Тіаміну пірофосфату
 - NAD^+
 - Дигідрофолату
 - КОМТ
 - ФНМТ
- (2 бали)

15. Які продукти утворюються при взаємодії 2-гідроксиацетофенону з 4-заміщеними бензальдегідами у присутності етилату натрію. (5 балів)

Затверджено на засіданні кафедри органічної хімії
протокол № __ від “__” ____20__ р.

Завідувач кафедри _____ А.О. Дорошенко
підпис

Екзаменатор _____ В.В. Ліпсон
підпис

ЛІТЕРАТУРА

1. Липсон, В. В. Химия природных низкомолекулярных соединений : учебное пособие / В. В. Липсон. – Х. : ХНУ имени В. Н. Каразина, 2012. – 344 с.
2. Семенов, А. А. Основы химии природных соединений. В 2 т. Т. 1 / А. А. Семенов, В. Г. Карцев. – М. : МБФ «Научное партнерство», 2009. – 619 с.
3. Солдатенков, А. Т. Основы органической химии пищевых, кормовых и биологически активных добавок / А. Т. Солдатенков, Н.М. Колядина, Ле Туань Ань, В.Н. Буянов : учебное пособие. – М. : Химия, 2006. – 278 с.
4. Солдатенков, А. Т. Основы органической химии средств оздоровительной и декоративной косметики : учебное пособие для вузов / А. Т. Солдатенков, Г. В. Авраменко, К. Б. Полянский, А.П. Титова, А.В. Кухаренко; [под ред. проф. А. Т. Солдатенкова]. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2008. – 352 с.
5. Липсон В.В. Лабораторні роботи з хімії природних низькомолекулярних сполук : навчально-методичний посібник / В.В. Липсон, М.Л. Бабак, О.М. Семененко. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2017. – 56 с.