

Черно Н.К., Антіпіна О.О.,  
Малинка О.В., Вікуль С.І.

**ОСНОВИ ХІМІЇ  
ТА МЕТОДИ АНАЛІЗУ  
ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ**

Підручник

Херсон  
ОЛДІ-ПЛЮС  
2019

УДК 54.06:006.005.5(75)  
0-75

Рекомендовано до друку Вченою радою  
Одеської національної академії харчових технологій  
(протокол № 15 від 03.07.2018 р.).

**Рецензенти:**

**Капрельяну Л.В.**, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри біохімії, мікробіології та фізіології харчування Одеської національної академії харчових технологій;

**Єфрюшина Н.П.**, д-р хім. наук, професор відділу хімії лантанідів Фізико-хімічного інституту ім. О.В. Богатського НАН України;

**Гордійчук Г.М.**, канд. хім. наук, доцент кафедри технології неорганічних речовин і екології Одеського національного політехнічного університету

**Основи хімії та методи аналізу харчової продукції** : підручник / Н.К. Черно, О.О. Антіпіна, О.В. Малинка, С.І. Вікуль. – Херсон : Олді-плюс, 2019. – 360 с.

ISBN 978-966-289-261-1

У підручнику представлені основні поняття й базові відомості з найважливіших розділів хімії: загальної та неорганічної, органічної, аналітичної, без яких неможливо опанування технологічних дисциплін виробництва харчових продуктів. Розглянуті класифікація, головні властивості, способи добування неорганічних та органічних сполук, найважливіші представники кожного класу та їх застосування, а також методи якісного та кількісного аналізу, що використовуються у сучасних дослідженнях якості продукції та контролю виробництва.

Рекомендується для студентів ступеня «бакалавр» спеціальності 181 «Харчові технології», зокрема які навчаються за освітньою програмою «Технологічна експертиза та безпека харчових продуктів», а також спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія».

УДК 54.06:006.005.5(75)

ISBN 978-966-289-261-1

© Черно Н.К., Антіпіна О.О., Малинка О.В., Вікуль С.І., 2019  
© ОЛДІ-ПЛЮС, 2019

## ЗМІСТ

### Розділ I

#### ОСНОВИ ЗАГАЛЬНОЇ та НЕОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ

<b>1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ЗАКОНИ ХІМІЇ</b> .....	<b>3</b>
1.1. Основні поняття атомно-молекулярного вчення .....	3
1.2. Основні закони хімії .....	5
1.2.1. Газові закони .....	7
<b>2. КЛАСИ НЕОРГАНІЧНИХ СПОЛУК</b> .....	<b>9</b>
2.1. Оксиди .....	9
2.2. Гідроксиди металів .....	11
2.3. Кислоти .....	12
2.4. Солі .....	14
<b>3. БУДОВА АТОМА. ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ЕЛЕМЕНТІВ</b> .....	<b>16</b>
3.1. Будова атомів. Моделі будови атома .....	16
3.2. Квантові числа .....	17
3.3. Принципи і правила, які визначають порядок заповнення атомних орбіталей .....	20
3.4. Електронні структури атомів і Періодична система елементів. Періодичний закон .....	21
3.5. Поняття про енергію іонізації, спорідненість до електрона, електронегативність .....	26
<b>4. ХІМІЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК І БУДОВА МОЛЕКУЛ</b> .....	<b>27</b>
4.1. Ковалентний зв'язок .....	28
4.2. Іонний зв'язок .....	36
4.3. Водневий зв'язок. Металічний зв'язок .....	38
<b>5. ОСНОВИ ХІМІЧНОЇ ТЕРМОДИНАМІКИ</b> .....	<b>39</b>
5.1. Перший закон термодинаміки .....	40
5.2. Закони термохімії .....	41
5.3. Поняття про ентропію .....	42
5.4. Другий закон термодинаміки. Третій закон термодинаміки .....	43

5.5. Вільна енергія Гіббса	44
<b>6. ХІМІЧНА КІНЕТИКА. ХІМІЧНА РІВНОВАГА. КАТАЛІЗ</b>	<b>45</b>
6.1. Швидкість хімічної реакції. Закон діючих мас	45
6.2. Вплив температури на швидкість реакції. Правило Вант-Гофа	47
6.3. Оборотні хімічні реакції. Хімічна рівновага. Умова хімічної рівноваги	48
<b>7. РОЗЧИНИ. ЕЛЕКТРОЛІТИЧНА ДИСОЦІАЦІЯ</b>	<b>51</b>
7.1. Розчини. Процес розчинення	51
7.2. Способи виразу концентрації розчинів	54
7.3. Теорія електролітичної дисоціації	55
7.4. Іонні реакції	58
<b>8. ДОБУТОК РОЗЧИННОСТІ. ВОДНЕВИЙ ПОКАЗНИК. ГІДРОЛІЗ СОЛЕЙ</b>	<b>59</b>
8.1. Добуток розчинності малорозчинних речовин	59
8.2. Іонний добуток води. Водневий показник рН	60
8.3. Гідроліз солей	62
<b>9. ОКИСНО-ВІДНОВНІ РЕАКЦІЇ</b>	<b>64</b>
<b>10. КОМПЛЕКСНІ СПОЛУКИ</b>	<b>70</b>
10.1. Класифікація комплексних сполук	72
10.2. Номенклатура комплексних сполук	73
10.3. Значення комплексних сполук для живої природи	74
<b>11. ВЛАСТИВОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ VIIA-IVA ГРУП ТА ЇХНІХ СПОЛУК</b>	<b>75</b>
11.1. Загальна характеристика р-елементів VII-A-IV-A груп	75
11.2. Хімічні властивості р-елементів	78
<b>12. ВЛАСТИВОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ IA, IIA, IIIA ГРУП ТА ЇХНІХ СПОЛУК</b>	<b>89</b>
12.1. Загальна характеристика s-елементів I-A і II-A груп	89
12.2. Хімічні властивості s-елементів	91
12.2.1. Жорсткість (твердість) води	93
12.3. Загальна характеристика р-елементів III-A групи	94

12.4. Властивості Алюмінію та його сполук	95
<b>13. ВЛАСТИВОСТІ d-ЕЛЕМЕНТІВ (Б-ГРУП) ТА ЇХНІХ СПОЛУК</b>	<b>96</b>
13.1. Загальна характеристика d-елементів	96
13.1.1. d-Елементи I-Б групи (підгрупа Купруму – Cu, Ag, Au)	98
13.1.2. d-Елементи II-Б групи (підгрупа Цинку – Zn, Cd, Hg)	99
13.1.3. d-Елементи VI-Б групи (підгрупа Хрому – Cr, Mo, W)	99
13.1.4. d-Елементи VII-Б групи (підгрупа Мангану – Mn, Tc, Re)	99
13.1.5. d-Елементи VIII-Б групи	99
13.2. Хімічні властивості d-елементів	100
13.3. Хімічні властивості сполук d-елементів у різних ступенях окиснення	103
13.3.1. Хімічні властивості сполук d-елементів у нижчих ступенях окиснення	103
13.3.2. Хімічні властивості сполук d-елементів у вищих ступенях окиснення	104
<b>Рекомендована література до розділу I</b>	<b>105</b>

## Розділ II ОСНОВИ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ

<b>1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ</b>	<b>107</b>
1.1. Класифікація органічних сполук	107
1.2. Номенклатура органічних сполук	109
1.3. Ізомерія	111
1.4. Взаємний вплив атомів в органічних сполуках	112
1.5. Поняття про механізми та типи органічних реакцій	115
1.6. Поняття про кислотність та основність органічних сполук	119
<b>2. ВУГЛЕВОДНІ</b>	<b>120</b>
2.1. Алкани (насичені вуглеводні, парафіни)	120

2.1.1. Ізомерія .....	120
2.1.2. Будова і хімічні властивості .....	121
2.1.3. Методи добування .....	123
2.1.4. Окремі представники. Значення .....	124
2.2. Циклоалкани (циклопарафіни, циклани, нафтени) .....	124
2.2.1. Ізомерія .....	125
2.2.2. Будова і хімічні властивості .....	126
2.2.3. Окремі представники. Значення .....	128
2.3. Алкени (етиленові вуглеводні, олефіни) .....	128
2.3.1. Ізомерія .....	128
2.3.2. Будова і хімічні властивості алкенів .....	129
2.3.3. Методи добування .....	131
2.3.4. Окремі представники. Значення .....	132
2.4. Алкадієни .....	133
2.4.1. Ізомерія .....	133
2.4.2. Будова алкадієнів зі спряженими (кон'югованими) подвійними зв'язками .....	134
2.4.3. Хімічні властивості .....	134
2.4.4. Значення алкадієнів .....	136
2.5. Алкіни (ацетиленові вуглеводні) .....	137
2.5.1. Будова алкінів .....	137
2.5.2. Хімічні властивості .....	138
2.5.3. Добування алкінів .....	139
2.5.4. Окремі представники. Значення .....	140
2.6. Арени .....	140
2.6.1. Одноядерні арени .....	140
2.6.1.2. Хімічні властивості .....	143
2.6.1.3. Методи добування .....	146
2.6.1.4. Окремі представники. Значення .....	147
2.6.2. Багатоядерні арени .....	147

<b>3. ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПОХІДНІ ВУГЛЕВОДНІВ</b> .....	<b>148</b>
3.1. Галогенопохідні вуглеводнів .....	148
3.1.1. Будова і хімічні властивості .....	149
3.1.2. Отримання галогенопохідних вуглеводнів .....	149
3.1.3. Окремі представники. Значення .....	150
3.2. Гідроксильні похідні: спирти і феноли .....	151
3.2.1. Спирти .....	151
3.2.1.1. Класифікація, ізомерія, номенклатура .....	151
3.2.1.2. Будова і хімічні властивості .....	152
3.2.1.3. Способи отримання спиртів .....	156
3.1.1.4. Окремі представники. Значення .....	157
3.2.2. Феноли .....	158
3.2.2.1. Класифікація, номенклатура .....	158
3.2.2.2. Будова і хімічні властивості .....	158
3.2.2.3. Способи отримання фенолів .....	160
3.2.2.4. Окремі представники. Значення .....	160
3.3. Оксосполуки: альдегіди і кетони .....	161
3.3.1. Класифікація, ізомерія, номенклатура .....	161
3.3.2. Будова та хімічні властивості .....	162
3.3.3. Способи отримання .....	164
3.3.4. Окремі представники. Значення .....	164
3.4. Карбонові кислоти .....	165
3.4.1. Класифікація, ізомерія, номенклатура .....	165
3.4.2. Будова та хімічні властивості .....	166
3.4.3. Способи добування .....	169
3.4.4. Окремі представники. Значення .....	170
3.5. Гідрокси-, оксо- та фенолокислоти .....	171
3.5.1. Класифікація, ізомерія, номенклатура гідроксикислот .....	171
3.5.2. Будова та хімічні властивості гідроксикислот .....	172
3.5.3. Способи отримання гідроксикислот .....	173

3.5.4. Окремі представники гідроксикислот. Значення . . . . .	173
3.5.5. Класифікація, ізомерія, номенклатура оксокислот . . . . .	174
3.5.6. Будова та хімічні властивості оксокислот . . . . .	174
3.5.7. Окремі представники оксокислот. Значення . . . . .	175
3.5.8. Номенклатура та ізомерія фенолокислот . . . . .	175
3.5.9. Хімічні властивості фенолокислот . . . . .	175
3.5.10. Окремі представники фенолокислот. Значення . . . . .	176
3.6. Аміни . . . . .	176
3.6.1. Класифікація, ізомерія, номенклатура . . . . .	177
3.6.2. Будова і хімічні властивості амінів . . . . .	177
3.6.3. Способи добування . . . . .	180
3.6.4. Окремі представники. Значення . . . . .	180
<b>4. ГЕТЕРОЦИКЛІЧНІ СПОЛУКИ . . . . .</b>	<b>181</b>
4.1. П'ятичленні гетероцикли та їх похідні . . . . .	182
4.1.1. Хімічні властивості . . . . .	183
4.1.2. Методи добування п'ятичленних гетероциклів . . . . .	185
4.1.3. Похідні п'ятичленних гетероциклів . . . . .	185
4.2. Шестичленні гетероцикли та їх похідні . . . . .	187
4.2.1. Хімічні властивості піридину . . . . .	187
4.2.2. Методи добування піридину . . . . .	188
4.2.3. Похідні шестичленних гетероциклів . . . . .	189
<b>5. БІООРГАНІЧНІ СПОЛУКИ . . . . .</b>	<b>190</b>
5.1. Ліпіди . . . . .	190
5.1.1. Прості ліпіди . . . . .	190
5.1.1.1. Номенклатура та ізомерія жирів (тригліцеридів) . . . . .	191
5.1.1.2. Хімічні властивості тригліцеридів . . . . .	192
5.1.1.3. Фізико-хімічні показники жирів . . . . .	194
5.1.1.4. Джерела жирів . . . . .	195
5.1.2. Складні ліпіди . . . . .	196
5.2. Амінокислоти, пептиди, білки . . . . .	197

5.2.1. Класифікація, номенклатура та ізомерія амінокислот . . . . .	197
5.2.2. Фізичні та хімічні властивості амінокислот . . . . .	199
5.2.3. Способи добування амінокислот . . . . .	201
5.2.4. Окремі представники. Значення . . . . .	202
5.2.5. Класифікація, будова та властивості пептидів. Значення . . . . .	202
5.2.6. Класифікація білків. Структурна організація білкової молекули . . . . .	204
5.2.7. Фізико-хімічні властивості білків . . . . .	205
5.3. Вуглеводи . . . . .	206
5.3.1. Класифікація, номенклатура і будова моносахаридів . . . . .	207
5.3.2. Фізичні та хімічні властивості моносахаридів . . . . .	210
5.3.3. Окремі представники моносахаридів. Значення . . . . .	214
5.3.4. Поняття про олігосахариди. Класифікація та будова дисахаридів . . . . .	215
5.3.5. Хімічні властивості дисахаридів . . . . .	217
5.3.6. Окремі представники дисахаридів. Значення . . . . .	218
5.3.7. Поняття про полісахариди. Класифікація полісахаридів . . . . .	219
5.3.8. Хімічні властивості полісахаридів. Окремі представники . . . . .	220
<b>Рекомендована література до розділу II . . . . .</b>	<b>225</b>

### Розділ III ОСНОВИ АНАЛІТИЧНОЇ ХІМІЇ

<b>1. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ . . . . .</b>	<b>226</b>
1.1. Методи аналітичної хімії . . . . .	227
1.2. Основні етапи аналітичного визначення . . . . .	228
<b>2. ХІМІЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ. ТИТРИМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ . . . . .</b>	<b>232</b>
2.1. Кислотно-основне титрування . . . . .	236
2.2. Окисно-відновне титрування . . . . .	241

2.2.1. Перманганатометрія . . . . .	246
2.2.2. Йодометрія . . . . .	247
2.2.3. Броматометрія . . . . .	249
2.3. Комплексонометричне титрування . . . . .	251
2.4. Застосування титриметричних методів аналізу в контролі харчових виробництв . . . . .	253
<b>3. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ</b> . . . . .	<b>255</b>
3.1. Оптичні (спектральні) методи аналізу . . . . .	255
3.1.1. Емісійна спектроскопія . . . . .	256
3.1.1.1. Фотометрія полум'я . . . . .	257
3.1.1.2. Люмінесцентний аналіз . . . . .	261
3.1.2. Абсорбційна спектроскопія . . . . .	266
3.1.2.1. Фотометричний метод аналізу (фотометрія) . . . . .	266
3.1.3. Рефрактометричний метод аналізу (рефрактометрія) . . . . .	270
3.1.4. Застосування оптичних методів аналізу в контролі харчових виробництв . . . . .	273
3.2. Електрохімічні методи аналізу . . . . .	274
3.2.1. Потенціометричний метод аналізу (потенціометрія) . . . . .	274
3.2.2. Кондуктометричний метод аналізу (кондуктометрія) . . . . .	281
3.2.3. Застосування електрохімічних методів аналізу в контролі харчових виробництв . . . . .	285
3.3. Сорбційні (хроматографічні) методи аналізу . . . . .	285
3.3.1. Рідинна хроматографія . . . . .	287
3.3.2. Площинна хроматографія . . . . .	290
3.3.3. Газова хроматографія . . . . .	291
3.3.4. Застосування хроматографічних методів аналізу в контролі харчових виробництв . . . . .	296
<b>Рекомендована література до розділу III</b> . . . . .	<b>297</b>

## Розділ IV

### МЕТОДИ АНАЛІЗУ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

<b>1. ТИТРИМЕТРИЧНИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ</b> .....	<b>298</b>
1.1. Використання методу кисотно-основного титрування .....	298
1.1.1. Визначення молярної концентрації еквівалента розчину натрій гідроксиду .....	298
1.1.2. Визначення масової концентрації оцтової кислоти в розчині .....	300
1.1.3. Визначення кислотності деяких вин та плодово-ягідних соків .....	301
1.2. Використання методу окисно-відновного титрування .....	303
1.2.1. Визначення молярної концентрації еквівалента розчину калій перманганату .....	303
1.2.2. Визначення масової частки феруму в солі Мора .....	307
1.2.3. Визначення окиснюваності води (ХСК) .....	308
1.3. Використання методу комплексометричного титрування .....	309
1.3.1. Визначення молярної концентрації розчину трилону Б .....	309
1.3.2. Визначення масової концентрації двовалентних катіонів $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ .....	311
1.3.3. Визначення жорсткості води .....	313
1.3.4. Визначення солей кальцію та магнію в молоці .....	314
1.3.5. Визначення кальцію в м'ясних продуктах .....	316
<b>2. ОПТИЧНІ (СПЕКТРАЛЬНІ) МЕТОДИ АНАЛІЗУ</b> .....	<b>317</b>
2.1. Фотометричний метод аналізу .....	317
2.1.1. Визначення хрому та марганцю в розчинах чистих солей .....	317
2.1.2. Визначення маси хрому та мангану при сумісній присутності .....	318
2.1.3. Визначення купруму у виді аміакату диференціальним методом .....	320

2.1.4. Визначення фенолу в ковбасних виробках	322
2.2. Рефрактометричний метод аналізу	324
2.2.1. Визначення натрій хлориду у водному розчині	324
2.2.2. Визначення лактози у молоці	326
2.2.3. Визначення цукру у виноградному соці	327
2.2.4. Визначення етилового спирту в пиві	328
<b>3. ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ</b>	<b>329</b>
3.1. Потенціометричний метод аналізу	329
3.1.1. Визначення концентрацій хлоридної та ортоборатної кислот у суміші	329
3.1.2. Визначення титрованої кислотності пива	331
3.2. Кондуктометричний метод аналізу	332
3.2.1. Визначення сульфатної кислоти та купрум сульфату за взаємної присутності	332
3.1.2. Визначення лимонної кислоти у плодово-ягідній сировині	334
<b>4. ХРОМАТОГРАФІЧНИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ</b>	<b>335</b>
4.1. Метод тонкошарової хроматографії	335
4.1.1. Визначення хлорорганічних пестицидів (ДДТ і ГХЦГ) в комбікормах	335
4.1.2. Люмінесцентне визначення антибіотиків в молочних продуктах	338
4.2. Іонообмінна хроматографія	340
4.2.1. Визначення маси солі в розчині за допомогою катіоніту (на прикладі цинк сульфату)	340
4.2.2. Визначення суміші солей за допомогою іонного обміну (на прикладі натрій хлориду та натрій сульфату)	342
4.2.3. Визначення загальної жорсткості води	344
4.2.4. Визначення кислот у продуктах цукрового виробництва	346
4.2.5. Визначення вільних кислот і солей у вині	347
<b>Рекомендована література до розділу IV</b>	<b>349</b>