

Я. П. СКОРОБОГАТИЙ, А. В. ГУЗІЙ, О. М. ЗАВЕРУХА

ХАРЧОВА ХІМІЯ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

2-ге видання , стереотипне

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Львів
Новий Світ – 2000
2020

ББК 24.2я73
УДК 547(075.8)
С 44

Відтворення цієї книги або будь-якої її частини заборонено без письмової згоди видавництва. Будь-які спроби порушення авторських прав будуть переслідуватися у судовому порядку.

*Гриф надано Міністерством освіти і науки України
(Лист № 14/18-Г-1263 від 01.05.2012 р.)*

Рецензенти:

Обушак М.Д. – д.х.н., професор, завідувач кафедри органічної хімії Львівського національного університету імені Івана Франка;

Ощипок І.М. – д.т.н., професор, завідувач кафедри харчових технологій та готельно-ресторанного бізнесу Львівської комерційної академії;

Мицук О.А. – к.х.н., доцент кафедри неорганічної та органічної хімії Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. Гжицького.

Я.П. Скоробогатий, А.В. Гузій, О.М. Заверуха

С 44 Харчова хімія : Навчальний посібник / – Львів : «Новий Світ – 2000», 2020. – 514 с.

ISBN 978-966-418-203-1

У посібнику викладено основи загальної, неорганічної та біоорганічної хімії компонентів харчових продуктів. Розглянуто методи дослідження сировини та харчових систем, основні класи речовин – компонентів харчових продуктів, види забруднювачів харчових систем, їх вплив на людський організм.

Для студентів напрямів підготовки “Харчові технології та інженерія” та “Готельно-ресторанна справа” вищих навчальних закладів I – IV рівнів акредитації.

ББК 24.2я73
УДК 547(075.8)
С 44

ISBN 978-966-418-203-1

© Я.П. Скоробогатий, А.В. Гузій, О.М. Заверуха, 2020
© © «Новий Світ – 2000», 2020

ЗМІСТ

Вступ.....	9
РОЗДІЛ 1. Основи загальної та неорганічної хімії.....	11
1.1. Основні стехіометричні закони і поняття хімії.....	11
1.1.1. Закон збереження маси реагуючих речовин	11
1.1.2. Поняття еквіваленту. Закон еквівалентів	11
1.1.3. Закон кратних відношень.....	13
1.1.4. Закон Авогадро і об'єднаний закон газового стану	13
1.1.5. Основні поняття хімії.....	14
1.2. Будова атомів і систематика хімічних елементів	15
1.2.1. Моделі будови атома	15
1.2.2. Будова електронних оболонок атомів. Квантові числа	17
1.2.3. Послідовність заповнення електронами енергетичних рівнів і підрівнів. Принцип заборони Паулі і правило Гунда	18
1.2.4. Будова атома і періодичний закон Д.І. Менделєєва	19
1.2.5. Будова атомних ядер. Ізотопи. Ядерні перетворення. Радіоактивність.....	20
1.3. Хімічний зв'язок і будова молекул.....	22
1.3.1. Історичний аспект розвитку вчення про хімічний зв'язок	22
1.3.2. Ковалентний зв'язок.....	22
1.3.2.1. Метод валентних зв'язків	22
1.3.2.2. Механізми реалізації ковалентного зв'язку	23
1.3.2.3. Види гібридизації атомних орбіталей.....	26
1.3.3. Йонний зв'язок.....	27
1.3.4. Металічний зв'язок.....	28
1.3.5. Види міжмолекулярної взаємодії. Водневий зв'язок	28
1.4. Хімічна кінетика. Хімічна рівновага.....	29
1.4.1. Кінетичні закономірності перебігу хімічних реакцій	29
1.4.2. Залежність швидкості реакції від концентрації реагуючих речовин.....	30
1.4.3. Залежність швидкості реакції від температури.....	31
1.4.4. Каталіз.....	32
1.4.5. Оборотні і необоротні реакції.....	32
1.4.5.1. Хімічна рівновага	32
1.4.5.2. Випадки зміщення рівноваги. Принцип Ле-Шательє.....	33
1.5. Розчини	34
1.5.1. Способи вираження концентрації розчинів	34
1.5.2. Розчинність речовин	36
1.5.3. Фізичні властивості розчинів неелектролітів. Кріо- і ебуліоскопія	36
1.5.4. Фізичні властивості розчинів електролітів	37
1.5.5. Електролітична дисоціація	37
1.5.6. Найважливіші класи неорганічних сполук і їх відношення до електролітичної дисоціації.....	38

1.5.6.1. Оксиди	38
1.5.6.2. Дисоціація кислот, основ і солей	39
1.5.6.3. Гомогенна рівновага в розчинах електролітів.....	42
1.5.6.4. Гетерогенна рівновага в розчинах електролітів.....	42
1.5.7. Дисоціація води. Водневий показник pH	43
1.5.8. Гідроліз солей.....	44
1.6. Окиснювально-відновні реакції.....	45
1.6.1. Поняття про ступінь окиснення. Процеси окиснення і відновлення.....	45
1.6.2. Специфіка окиснювальних властивостей нітратної кислоти	45
1.6.3. Окиснювальні властивості калій перманганату залежно від кислотності середовища	46
1.6.4. Окиснювальні властивості калій біхромату, гідроген пероксиду, галогенів, молекулярних кисню і озону.....	47
1.6.5. Електродні потенціали. Гальванічний елемент	48
1.6.6. Ряд напруг металів.....	49
1.6.7. Електроліз як окиснювально-відновний процес.....	50
1.6.7.1. Суть процесу електролізу. Електроліз розплавів електролітів.....	50
1.6.7.2. Електроліз водних розчинів електролітів.....	51
1.6.7.3. Кількісні співвідношення при електролізі.....	52
1.6.7.4. Практичне застосування електролізу.....	53
1.6.8. Корозія металів. Захист металів від корозії.....	53
1.7. Комплексні сполуки.....	56
1.7.1. Будова комплексних сполук	56
1.7.2. Номенклатура комплексних сполук	57
1.7.3. Практичне застосування і значення комплексних сполук.....	58
1.8. Загальні властивості металів	58
1.8.1. Розміщення металів в періодичній системі Д.І. Менделєєва	58
1.8.2. Розповсюдження і стан металів у природі.....	59
1.8.3. Загальні хімічні властивості металів.....	60
1.8.4. Хімія s -металів і їх сполук.....	62
1.8.5. Хімія p -металів	64
1.8.6. Хімія d -металів	67
1.9. Хімія неметалів.....	84
1.9.1. Загальні властивості неметалів	84
1.9.2. Властивості основних неметалів	84
1.10. Дисперсні системи	106
1.10.1. Поняття про дисперсні системи.....	106
1.10.2. Класифікація дисперсних систем	107
1.10.3. Одержання і очистка колоїдних розчинів	109
1.10.4. Електрокінетичні явища в колоїдних розчинах	109
1.10.5. Коагуляція колоїдних систем.....	111

1.10.6. Властивості розчинів поліелектролітів	112
1.10.7. Застосування електрофорезу та електроосмосу.....	112
1.10.8. Мікрогетерогенні та грубодисперсні системи.....	113

РОЗДІЛ 2. Основи біоорганічної хімії компонентів харчових продуктів . 117

2.1. Теоретичні основи органічної хімії.....	117
2.2. Хімія вуглеводнів.....	126
2.2.1. Насичені вуглеводні (алкани).....	126
2.2.2. Ненасичені вуглеводні ряду етилену (алкени або олефіни).....	134
2.2.3. Дієнові вуглеводні (алкадієни)	141
2.2.4. Ненасичені вуглеводні ряду ацетилену (алкіни).....	146
2.2.5. Ароматичні вуглеводні (арени).....	152
2.3. Спирти та феноли.....	165
2.3.1. Аліфатичні спирти.....	165
2.3.2. Феноли.....	179
2.3.3. Ароматичні спирти.....	181
2.4. Альдегіди та кетони.....	183
2.5. Карбонові кислоти. Похідні карбонових кислот.....	193
2.5.1. Одноосновні карбонові кислоти.....	196
2.5.2. Багатоосновні карбонові кислоти.....	202
2.5.3. Вищі жирні кислоти. Мила.....	205
2.6. Гідроксикислоти. Основи стереохімії.....	214
2.7. Вуглеводи.....	223
2.8. Аміни, амінокислоти.....	251
2.8.1. Аміни.....	251
2.8.2. Амінокислоти.....	255

РОЗДІЛ 3. Методи дослідження якості сировини та харчових продуктів 265

3.1. Загальна характеристика методів.....	265
3.2. Обробка результатів аналізу методами математичної статистики.....	268
3.3. Хімічні методи аналізу. Титриметричний (об'ємний) метод аналізу.....	269
3.3.1. Суть титриметричного метод аналізу.....	271
3.3.2. Обчислення в титриметричному методі аналізу.....	272
3.3.3. Приготування титрованих розчинів.....	272
3.3.4. Метод кислотно-основного титрування (метод нейтралізації).....	273
3.3.4.1. Індикатори методу нейтралізації.....	274
3.3.4.2. Криві титрування.....	275
3.3.5. Методи окиснення-відновлення (редоксиметрія).....	277
3.3.5.1. Стандартні потенціали і напрямки реакції.....	277
3.3.5.2. Криві титрування та індикатори методів окиснення-відновлення.....	279
3.3.5.3. Перманганатометрія.....	280
3.3.5.4. Йодометрія.....	280

3.3.6. Методи осадження і комплексоутворення	281
3.3.6.1. Аргентометрія	282
3.3.6.2. Комплексонометричне титрування.....	283
3.4. Фізико-хімічні методи аналізу	284
3.4.1. Молекулярно-абсорбційна спектроскопія	284
3.4.2. Емісійна спектроскопія	292
3.4.3. Емісійна фотометрія полум'я	297
3.4.4. Метод атомно-абсорбційного спектрального аналізу.....	298
3.4.5. Люмінесцентний спектральний аналіз.....	303
3.4.6. Поляриметрія	307
3.4.7. Рефрактометрія.....	310
3.4.8. Потенціометрія	313
3.4.9. Кондуктометрія.....	316
3.4.10. Хроматографія	319
РОЗДІЛ 4. Хімія харчових речовин	327
4.1. Білкові речовини.....	327
4.1.1. Загальна характеристика білків	327
4.1.2. Незамінні амінокислоти. Харчова та біологічна цінність білків	330
4.1.3. Структура білків	332
4.1.4. Фізико-хімічні властивості білків.....	335
4.1.5. Нові форми білкової їжі. Проблема збагачення білків лімітуючими амінокислотами	338
4.1.6. Функціональні властивості білків	339
4.1.7. Методи якісного та кількісного визначення білків	341
4.2. Вуглеводи як компоненти харчових продуктів	346
4.2.1. Поширення вуглеводів у природі	346
4.2.2. Фізіологічне значення вуглеводів	347
4.2.3. Вуглеводи в харчових продуктах	349
4.2.4. Функції вуглеводів в харчових продуктах	351
4.2.5. Методи визначення вуглеводів в харчових продуктах	353
4.3. Ліпіди харчових продуктів.....	356
4.3.1. Поняття про ліпіди	356
4.3.2. Жири та олії. Маргарин.....	357
4.3.3. Номенклатура та ізомерія жирів	360
4.3.4. Одержання жирів. Фізичні властивості жирів	361
4.3.5. Хімічні властивості жирів	361
4.3.6. Воски	367
4.3.7. Методи дослідження якості жирів харчових продуктів	369
4.4. Мінеральні речовини	372
4.4.1. Класифікація мінеральних речовин.....	372

4.4.2. Макроелементи	373
4.4.2.1. Натрій (Na)	374
4.4.2.2. Калій (K)	375
4.4.2.3. Кальцій (Ca)	376
4.4.2.4. Магній (Mg)	376
4.4.2.5. Фосфор (P)	377
4.4.2.6. Сульфур (S)	378
4.4.2.7. Хлор (Cl)	378
4.4.3. Мікроелементи	379
4.4.3.1. Ферум (Fe)	379
4.4.3.2. Купрум (Cu)	380
4.4.3.3. Йод (I)	380
4.4.3.4. Кобальт (Co)	381
4.4.3.5. Манган (Mn)	381
4.4.3.6. Цинк (Zn)	382
4.4.3.7. Флуор (F)	383
4.4.3.8. Селен (Se)	383
4.4.4. Методи визначення мінеральних речовин у харчових продуктах	385
4.5. Вітаміни	387
4.5.1. Поняття про вітаміни	387
4.5.2. Класифікація вітамінів	390
4.5.3. Жиророзчинні вітаміни	392
4.5.3.1. Вітамін А – ретинол	392
4.5.3.2. Вітамін D – ергокальциферол	395
4.5.3.3. Вітамін Е – токоферолу ацетат	396
4.5.3.4. Вітамін К – філохінони	397
4.5.4. Водорозчинні вітаміни	398
4.5.4.1. Вітаміни групи В	398
4.5.4.2. Вітамін С – аскорбінова кислота	407
4.5.4.3. Вітамін Р – рутин	410
4.5.5. Методи визначення вітамінів у харчових продуктах	411
4.6. Харчові кислоти	417
4.6.1. Загальна характеристика харчових кислот	417
4.6.2. Визначення харчових кислот в харчових продуктах	424
4.7. Ферменти	428
4.7.1. Поняття про ферменти	428
4.7.2. Особливості ферментів. Класифікація ферментів	429
4.7.3. Оксиредуктази	431
4.7.4. Гідролази	433
4.7.5. Ферментативні методи аналізу харчових продуктів	436
4.8. Роль і вміст води в організмі	437
4.8.1. Структура води	438

4.8.2. Біологічне значення води	439
4.8.3. Вміст води в організмі людини	440
4.8.4. Роль води в організмі	442
4.8.5. Вільна та зв'язана вода в харчових продуктах	443
4.8.6. Визначення загального вмісту вологи в харчових продуктах	445
4.8.7. Визначення твердості води	445
4.9. Безпека харчових продуктів	446
4.9.1. Шкідливі природні компоненти харчових продуктів	446
4.9.2. Хімічні забруднювачі харчових продуктів	448
4.9.2.1. Вплив важких металів на людський організм	449
4.9.2.2. Забруднення продуктів радіонуклідами	454
4.9.2.3. Забруднення нітратами та нітридами	457
4.9.2.4. Забруднення продуктів харчування пестицидами	462
4.9.2.5. Забруднення продуктів поліциклічними ароматичними сполуками	465
4.9.3. Хімічні та технологічні фактори в забезпеченні біологічної безпеки харчових продуктів	465
4.10. Харчові та біологічно активні добавки	469
4.10.1. Харчові добавки	469
4.10.1.1. Харчові добавки, які покращують зовнішній вигляд харчових продуктів	474
4.10.1.2. Харчові добавки, які змінюють структуру харчових продуктів	475
4.10.1.3. Смакоароматичні харчові добавки	476
4.10.1.4. Харчові добавки, які продовжують термін зберігання харчових продуктів	477
4.10.2. Біологічно активні добавки	478
4.11. Генетично модифіковані продукти харчування	485
4.11.1. Поняття про генетично модифіковані продукти	485
4.11.2. Основні ризики для здоров'я	491
4.11.3. Екологічні ризики	492
4.11.4. Методи перевірки на наявність ГМО	493
4.11.5. Шлях до комерціалізації	494
4.11.6. Законодавство, що регулює допуск, торгівлю та маркування ГМ продуктів харчування	495
4.12. Теорії та концепції харчування	496
4.12.1. Основи раціонального харчування	497
4.12.1.1. Перший принцип раціонального харчування	497
4.12.1.2. Другий принцип раціонального харчування	499
4.12.1.3. Третій принцип раціонального харчування	501
4.12.2. Концепція здорового харчування	504
ЛІТЕРАТУРА	508
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	509

Вступ

Харчова хімія – наука про хімічний склад харчових систем (сировина, напівфабрикати, готові до вжитку харчові продукти), його зміни в ході технологічного потоку під впливом різних факторів (фізичних, хімічних, біохімічних і т.д.).

Вона вивчає взаємодію структури та властивостей харчових речовин та її вплив на властивості та харчову цінність продуктів харчування.

Харчова хімія також приділяє увагу методам виділення, фракціонування, очищення харчових речовин (білків, вуглеводів, ліпідів і так далі), їх каталітичної модифікації. Невід’ємною частиною харчової хімії є розділи, присвячені харчовим і біологічно активним добавкам, забруднювачам харчової сировини і продуктів.

Метою вивчення курсу “Харчова хімія” є формування сучасних наукових уявлень про харчування людини, які вважаються одним з найважливіших досягнень харчової хімії, закріплення у свідомості студентів необхідності забезпечення збалансованим економічно рентабельним харчуванням усіх груп населення.

Вивчення курсу надає можливість студентам набути необхідного рівня теоретичної та практичної підготовки для використання у майбутній практичній діяльності знань щодо хімічної природи основних речовин, що входять до складу живих організмів, а також ознайомитися з хімічними перетвореннями білків, вуглеводів, ліпідів, мінеральних елементів у процесі життєдіяльності людини, із роллю вітамінів та ферментів у цих процесах, принципами здорового способу життя та методами раціонального харчування.

Особливу увагу харчова хімія приділяє розробці загальної концепції перетворень аліментарних і неаліментарних речовин в технологічному потоці. Харчова хімія повинна базуватися на знанні складу, структури і властивостей хімічних компонентів харчових систем, а також на теорії про множинність і неоднозначність хімічних перетворень, що протікають під впливом різних чинників (фізичних, хімічних, біохімічних і так далі) при зберіганні і переробці сировини в харчові продукти. Вона вивчає вплив особливостей будови компонентів на їх взаємодію між собою, характер виникаючих зв’язків, механізми утворення стійких сполук і комплексів. Вплив на ці перетворення основних технологічних чинників і уміння управляти цими процесами – один з найбільш важливих напрямів сучасній харчовій хімії.

Вивчення курсу “Харчова хімія” дасть змогу підготувати майбутніх фахівців у галузях готельно-ресторанного бізнесу та технології харчових продуктів, які повинні володіти знаннями про хімічний склад харчової сировини, а також про хімічні та біохімічні перетворення, які відбуваються при зберіганні та використанні продуктів харчування, до вирішення основного завдання – забезпечення населення продукцією, що відповідає за складом потребам організму в харчових речовинах та захисних компонентах.

Навчальна дисципліна “Харчова хімія” базується на фундаментальних законах хімії, тому за структурою дисципліна, а відповідно і наш посібник, складається з розділів неорганічної, органічної, фізичної та колоїдної хімії та основного розділу – хімія харчових речовин.

У першому розділі подано основи загальної та неорганічної хімії, розглянуті основні закони та поняття хімії, які використовуються при дослідженні якості харчових продуктів та сировини.

Другий розділ присвячений хімії органічних речовин. Число органічних речовин щорічно збільшується. Зростає об'єм виробництва багатьох органічних продуктів та харчових добавок. Тому глибоке розуміння властивостей органічних сполук є надзвичайно важливим аспектом при формуванні спеціалістів з технології продуктів харчування та ресторанного бізнесу.

Один з найважливіших розділів харчової хімії – розробка методів аналізу та дослідження харчових систем, їх компонентів, харчових та біологічних добавок, шкідливих речовин. У цьому розділі харчова хімія тісно взаємодіє з аналітичною, фізичною хімією та іншими галузями знань. В *третьому розділі* посібника подані теоретичні основи найбільш поширених методів аналізу харчових продуктів.

У *четвертому розділі* посібника подана розглянуті основні класи речовин – компонентів харчових продуктів. Детально, на конкретних прикладах поданий огляд як важливих для життєдіяльності людського організму речовин (білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, мінеральних солей, води), так і харчових та біологічно активних добавок, які мають в наш час надзвичайно широке використання. Особлива увага в посібнику приділена питанню безпеки харчових продуктів. Розглянуті основні види забруднювачів харчових систем, їх вплив на людський організм а також методи визначення їх у продуктах харчування. У цьому ж розділі розглядаються основи раціонального харчування.

Матеріал, що міститься в посібнику, закликаний допомогти студентам зорієнтуватися у складних питаннях, які стосуються ролі основних харчових речовин в харчовій технології та харчуванні людини, в проблемах, пов'язаних з перетворенням макро- і мікронутрієнтів в технологічних процесах, складом та значенням харчових та біологічно активних добавок.

Посібник розрахований на студентів та викладачів вищих навчальних закладів II – IV рівнів акредитації за напрямами «Готельно-ресторанна справа» та «Харчові технології та інженерія», а також на науковців та практичних працівників харчової промисловості та усіх, хто цікавиться розглянутими проблемами.

Автори з вдячністю сприймуть відгуки і пропозиції щодо покращення змісту посібника.