

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ



Мельник О. П., Кузьмін О. В., Кійко В. В.

ХАРЧОВА ТОКСИКОЛОГІЯ

Навчальний посібник

ОЛДІПІУС

2022

ЗМІСТ

УДК 615.9+615.099+613.2.099(075.8)
М48

Рецензенти:

Антоніна КАПУСТЯН – доктор технічних наук, професор, завідувачка кафедри харчової хімії та експертизи Одеського національного технологічного університету;

Олександра НЄМІРІЧ – доктор технічних наук, професор, завідувачка кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції Національного університету харчових технологій;

Валерій СУКМАНОВ – доктор технічних наук, професор, професор кафедри харчових технологій Полтавського державного аграрного університету

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Національного університету харчових технологій
як навчальний посібник для здобувачів ЗВО
(протокол № 9 від 28.04.2022 р.)*

Мельник О. П.

М48 Харчова токсикологія : навчальний посібник / О. П. Мельник,
О. В. Кузьмін, В. В. Кійко. – Херсон : Олді+, 2022. – 180 с.

ISBN 978-966-289-641-1

У навчальному посібнику наведена коротка історія токсикології як науки, представлена її сучасна структура, розглянуто шляхи надходження токсичних речовин в організм людини, їх біотрансформацію та особливості впливу на окремі органи і системи людини. Висвітлено забруднення харчових продуктів та сільськогосподарської сировини токсичними речовинами. Розглянуто основні проблеми виникнення мутагенних, тератогенних та канцерогенних змін в організмі, механізми розвитку алергічних реакцій. Наведено ключові рекомендації щодо здорового харчування та правила харчової безпеки.

Посібник може бути корисним для здобувачів освітнього ступеня «магістр» спеціальності 181 «Харчові технології» відповідних освітньо-професійних програм, а також може бути використаний для підготовки аспірантів, працівників науково-дослідних і виробничих лабораторій, токсикологів та широкого загалу.

УДК 615.9+615.099+613.2.099(075.8)

© Мельник О. П., Кузьмін О. В., Кійко В. В., 2022
© Олді+, 2022

ISBN 978-966-289-641-1

ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ 9

ВСТУП 10

РОЗДІЛ 1

ХАРЧОВА ТОКСИКОЛОГІЯ ЯК НАУКА

І ГАЛУЗЬ ПРАКТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ 11

1.1 Структура харчової токсикології 11

1.2 Прояви токсичного процесу на різних рівнях організації
біологічних систем 14

1.3 Інтوكсикація як основна форма прояву токсичного процесу . . . 15

1.4 Історія виникнення та становлення токсикології 16

Контрольні запитання. 19

РОЗДІЛ 2

КРИТЕРІЇ БЕЗПЕЧНОСТІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ СИРОВИНИ

І ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ 20

2.1 Загальні поняття у сфері безпеки харчових продуктів . . . 20

2.2 Нормативно-правове регулювання
безпеки харчових продуктів 21

Контрольні запитання. 24

РОЗДІЛ 3

ТОКСИЧНІ РЕЧОВИНИ У НАВКОЛИШНЬОМУ

СЕРЕДОВИЩІ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

І БІОСФЕРИ В ЦІЛОМУ 25

3.1 Механізм формування
токсикологічного профілю біосфери 25

3.2 Біоаккумуляція 27

3.3 Забруднювальні речовини у харчових продуктах 29

3.4 Особливості адаптації організму
до токсичних речовин 30

Контрольні запитання. 31

РОЗДІЛ 4

ШЛЯХИ НАДХОДЖЕННЯ ТА ФАКТОРИ РОЗПОДІЛУ

ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН В ОРГАНІЗМІ 32

4.1 Інгаляційний шлях надходження токсичних речовин 32

4.2 Пероральний шлях надходження токсичних речовин 33

4.3 Перкутанний шлях надходження токсичних речовин 34

4.4 Фактори, що визначають розподіл
токсичних речовин в організмі 35

4.5	Загальні принципи розподілу токсичних речовин в організмі	36
4.6	Механізми впливу токсичних речовин на організм	37
	<i>Контрольні запитання</i>	37

РОЗДІЛ 5

ЗАКОНОМІРНОСТІ ВЗАЄМОДІЇ ОРГАНІЗМУ

З ТОКСИЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ

5.1	Проникнення та транспорт речовин через біологічні бар'єри	38
5.2	Дія токсикантів на структурні елементи клітин	42
5.3	Властивості токсиканта, що визначають його токсичність	42
	<i>Контрольні запитання</i>	44

РОЗДІЛ 6

МЕХАНІЗМИ БІОТРАНСФОРМАЦІЇ

ТА ЕЛІМІНАЦІЇ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН

6.1	Перша фаза метаболізму токсичних речовин	45
6.2	Друга фаза метаболізму токсичних речовин	46
6.3	Наслідки процесу метаболізму токсичних речовин	47
6.4	Елімінація токсичних речовин та їх метаболітів з організму	48
6.5	Методи детоксикації організму	50
	<i>Контрольні запитання</i>	51

РОЗДІЛ 7

ТОКСИКОЛОГІЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

7.1	Токсикологія ртуті	53
7.2	Токсикологія свинцю	53
7.3	Токсикологія кадмію	54
7.4	Токсикологія алюмінію	55
7.5	Токсикологія арсену	56
7.6	Токсикологія купруму	56
7.7	Токсикологія цинку	57
7.8	Токсикологія стануму	58
7.9	Токсикологія феруму	58
	<i>Контрольні запитання</i>	59

РОЗДІЛ 8

ЗАБРУДНЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ РЕЧОВИНАМИ

ТА СПОЛУКАМИ, ЯКІ ЗАСТОСОВУЮТЬ У РОСЛИННИЦТВІ

8.1	Токсикологія пестицидів	61
8.2	Токсикологія добрив	64
8.3	Токсикологія нітратів, нітритів, нітросоамінів	65
8.4	Токсикологія регуляторів росту рослин	66

8.5	Токсикологія засобів проти проростання фруктів та овочів	67
	<i>Контрольні запитання</i>	68

РОЗДІЛ 9

ЗАБРУДНЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ РЕЧОВИНАМИ,

ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ У ТВАРИННИЦТВІ

9.1	Токсикологія антибіотиків	69
9.2	Токсикологія сульфаніламідів та нітрофуранів	70
9.3	Токсикологія гормональних препаратів	71
9.4	Токсикологія транквілізаторів	71
9.5	Токсикологія антиоксидантів, які містяться в їжі тварин та продуктах тваринного походження	72
	<i>Контрольні запитання</i>	74

РОЗДІЛ 10

ТОКСИКОЛОГІЯ РАДІОНУКЛІДІВ

10.1	Наслідки радіаційного опромінення організму людини	75
10.2	Контроль за вмістом радіонуклідів у харчовій продукції	79
10.3	Харчові продукти-радіопротектори	80
10.4	Радіаційна обробка харчової продукції	81
	<i>Контрольні запитання</i>	83

РОЗДІЛ 11

ТОКСИКОЛОГІЯ МІКОТОКСИНІВ

11.1	Загальна характеристика цвілевих грибів	84
11.2	Токсикологія окремих представників мікотоксинів	86
11.3	Механізми зменшення вмісту мікотоксинів у харчовій продукції та їх детоксикація	91
11.4	Контроль мікотоксинів у харчовій продукції	93
	<i>Контрольні запитання</i>	95

РОЗДІЛ 12

ТОКСИКОЛОГІЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ,

ЗАБРУДНЕНИХ БАКТЕРІЯМИ

12.1	Бактеріальна клітина та токсини, що вона виділяє	96
12.2	Харчові токсикоінфекції, спричинені бактеріями роду <i>Staphylococcus</i>	98
12.3	Харчові токсикоінфекції, спричинені бактеріями роду <i>Escherichia coli</i>	98
12.4	Харчові токсикоінфекції, спричинені бактеріями роду <i>Streptococcus</i>	99

12.5 Харчові токсикоінфекції, спричинені бактеріями роду <i>Salmonella</i>	99
12.6 Харчові токсикоінфекції, спричинені бактеріями роду <i>Proteus</i>	100
12.7 Харчові токсикоінфекції, спричинені бактеріями <i>Clostridium perfringens</i>	100
12.8 Харчові токсикоінфекції, спричинені бактеріями <i>Clostridium botulinum</i>	101
12.9 Харчові токсикоінфекції, спричинені бактеріями <i>Bacillus cereus</i>	102
12.10 Харчові токсикоінфекції, спричинені бактеріями <i>Vibrio parahaemolyticus</i>	102
12.11 Харчові токсикоінфекції, що спричиняються іншими бактеріями	103
<i>Контрольні запитання</i>	104

РОЗДІЛ 13

ВІРУСНІ КОНТАМІНАНТИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	105
13.1 Основні поняття про віруси	105
13.2 Забруднення продуктів харчування та інтоксикація людей норовірусами	108
13.3 Забруднення продуктів харчування та інтоксикація людей ротавірусами	109
13.3 Забруднення продуктів харчування та інтоксикація людей аденовірусами, астровірусами та саповірусами	110
13.5 Забруднення продуктів харчування та інтоксикація людей гепатитом А та Е	111
13.6 Методи виявлення вірусних контамінантів у продуктах харчування	112
<i>Контрольні запитання</i>	113

РОЗДІЛ 14

ПРИРОДНІ ТОКСИНИ У ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ	115
14.1 Біотоксини, що виробляються водними організмами	115
14.2 Ціаногенні глікозиди	116
14.3 Фуранокумарини	117
14.4 Лектини	117
14.5 Токсичні речовини, які містяться у грибах	117
14.6 Токсикологія алкалоїдів	118
14.7 Токсикологія оксалатів	119
14.8 Токсикологія зобогених речовин, які наявні у харчових продуктах	120
14.9 Токсикологія кверцетину	120
14.10 Антиаліментарні фактори харчування	120
<i>Контрольні запитання</i>	122

РОЗДІЛ 15

НАНОЧАСТИНКИ У ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ

ТА ЇХ ВПЛИВ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ	123
15.1 Загальна характеристика наноматеріалів	123
15.2 Види наночастинок у продуктах харчування	125
<i>Контрольні запитання</i>	130

РОЗДІЛ 16

ТОКСИКОЛОГІЯ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ,

ЩО КОНТАКТУЮТЬ З ХАРЧОВИМИ ПРОДУКТАМИ	131
16.1 Склад та призначення полімерних матеріалів	131
16.2 Коротка характеристика полімерних матеріалів, що використовують у харчовій промисловості	133
16.3 Полімерні матеріали і навколишнє середовище	137
<i>Контрольні запитання</i>	139

РОЗДІЛ 17

МУТАГЕННІ, ТЕРАТОГЕННІ ТА КАНЦЕРОГЕННІ РЕЧОВИНИ

У ХАРЧОВИХ ПРОДУКТАХ	140
17.1 Тератогенна дія токсикантів	140
17.2 Мутагенна дія токсикантів	141
17.3 Канцерогенна дія токсикантів	142
17.4 Стадії канцерогенезу	144
17.5 Продукти харчування у профілактиці онкозахворювань	145
<i>Контрольні запитання</i>	147

РОЗДІЛ 18

ТОКСИКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ВЖИВАННЯ

ТРАНСГЕННИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	148
18.1 Мета одержання генетично модифікованих організмів	148
18.2 Харчові та екологічні ризики споживання генетично модифікованих продуктів	150
18.3 Основні проблеми, які пов'язані з використанням ГМО в їжі	151
18.4 Обіг та контроль генетично модифікованої продукції в Україні	152
<i>Контрольні запитання</i>	154

РОЗДІЛ 19

АЛЕРГЕННІСТЬ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

19.1 Причини виникнення алергії	155
19.2 Види харчової алергії та механізми їх розвитку	156
19.3 Харчові алергени	158
19.4 Основні напрями профілактики харчової алергії	162
19.5 Харчова алергія у дітей	162
<i>Контрольні запитання</i>	164

РОЗДІЛ 20	
ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ЗДОРОВ'Я І ХАРЧУВАННЯ ЛЮДИНИ	165
20.1 Ключові рекомендації щодо здорового харчування	165
20.2 Модель здорової тарілки	167
20.3 Правила харчової безпеки	170
<i>Контрольні запитання</i>	171
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	172
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ	178

ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ

АТФ	–	аденозинтрифосфорна кислота
АФК	–	активні форми кисню
ВООЗ	–	Всесвітня організація охорони здоров'я
ГДК	–	гранично допустима концентрація
ГМО	–	генетично модифікований організм
ДДД	–	допустима добова доза
ДДС	–	допустиме добове споживання
ЛД₅₀	–	середня летальна доза, від якої гине 50% піддослідних тварин у групі
МАГАТЕ	–	Міжнародна агенція з атомної енергії
ООН	–	Організація Об'єднаних Націй
ПХБ	–	поліхлоровані біфеніли
ФАО	–	Продовольча та сільськогосподарська організація ООН

Контамінант – це будь-яка біологічна речовина, у тому числі організми, мікроорганізми та їхні частини, або хімічна речовина, стороння домішка чи інша речовина, що ненавмисно потрапила у харчову продукцію в ході виробництва (включаючи операції, виконувані в рослинництві, тваринництві і ветеринарній медицині), виготовлення, переробки, приготування, обробки, фасування та упаковки, транспортування або зберігання такої продукції, або в результаті забруднення з навколишнього середовища. Контамінанти містять такі токсичні елементи, як плумбум і меркурій, хімічні речовини (меламін, діоксини), токсичні речовини, що утворюються природним шляхом (мікотоксини) тощо.

Нині в токсикології виділяють кілька самостійних, але взаємопов'язаних напрямів: експериментально-теоретичний, профілактичний та клінічний.

Експериментально-теоретичний напрям займається вивченням основних закономірностей взаємодії речовини з біологічними об'єктами (будова, концентрація або доза речовини – ефект, умови взаємодії – ефект). Вивчаються основні закони взаємодії організму та токсиканту на різних рівнях: субклітинному, клітинному, органному, системи, організму. Досліджуються механізми, внаслідок яких формується та протікає токсичний процес. Експериментальна токсикологія є базою при вирішенні завдань у профілактичній та клінічній токсикології.

Профілактичний напрям займається попередженням потенційної небезпеки шкідливого впливу токсикантів на живі організми та екосистеми. Профілактична токсикологія визначає небезпеку хімічних речовин та розробляє способи захисту людини від її впливу. Вивчає токсичність нових хімічних речовин, установлює критерії шкідливості, обґрунтовує та розробляє гранично допустимі концентрації шкідливих речовин, нормативні та правові акти, що мають забезпечувати збереження життя та здоров'я населення в умовах хімічних впливів.

Клінічний напрям досліджує захворювання (гострі та хронічні), що виникають під впливом токсичних речовин на організм людини. У межах цього напрямку вдосконалюються засоби й методи діагностики та лікування отруєнь. Клінічний напрям є областю практичної медицини і займається наданням допомоги при гострих отруєннях, виявленні та лікуванні патології, яка обумовлена професійними особливостями перебігу захворювань.

З урахуванням умов та обставин впливу забруднювачів на об'єкти навколишнього середовища і зокрема на людину виділяють спеціальні

види токсикології: промислову, військову, хімічну, побутову, екотоксикологію та токсикологію спеціальних видів діяльності.

Промислова токсикологія вивчає вплив токсичних речовин на людину в умовах виробництва, що необхідно для розробки санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на створення найбільш сприятливих умов праці.

Військова токсикологія вивчає вплив на організм людини бойових отруйних речовин, вибухових газів, компонентів ракетного палива, технічних рідин, які використовують у військах. Як окрема дисципліна виникла в роки Першої світової війни, коли для ураження особового складу почали широко застосовувати бойові отруйні речовини.

Хімічна токсикологія вивчає особливості впливу речовин на живі об'єкти, пов'язані з їхніми хімічними властивостями та принципами детоксикації. Знання механізмів впливу дає змогу прогнозувати характер і рівень небезпеки хімічних сполук, розробляти на їх основі сучасні методи лікування.

Екологічна токсикологія – це новий напрям сучасної токсикології. Вона вивчає вплив речовин на живі об'єкти, популяції, екосистеми. Основна увага приділяється не окремим організмам, а їхнім зв'язкам (біоценозам, екосистемам) і перетворенням речовин у навколишньому середовищі.

Токсикологія довкілля вивчає потенційно шкідливий вплив техногенних і природних хімічних речовин на живі організми, зокрема на природу і людей.

Регуляторна токсикологія охоплює збір, обробку та оцінку епідеміологічних і експериментальних токсикологічних даних для прийняття науково обґрунтованих рішень, спрямованих на захист людей від шкідливого впливу хімічних речовин.

Харчова токсикологія розглядає аналіз і токсичний вплив на організм людини нітратів та нітритів, радіонуклідів, пестицидів, важких металів, біологічно активних речовин, мікроорганізмів, харчових добавок тощо, які містяться у продуктах харчування. Такі речовини і мікроорганізми можуть бути природними ендогенними продуктами або вноситися під час виробництва харчових продуктів, їх обробки і приготування.

Крім того, харчова токсикологія вивчає шляхи проникнення токсичних речовин в організм, їх взаємодію з біологічними рецепторами та проникнення токсикантів у клітини організму, розподіл та зв'язування токсинів в організмі.

1.2 Прояви токсичного процесу на різних рівнях організації біологічних систем

Токсичність – це здатність хімічних речовин діяти на біологічні системи немеханічним шляхом та викликати їх ушкодження, захворювання або загибель. Речовини значно різняться за токсичністю. Токсичність речовини залежить від дози та концентрації токсиканта, фізичних і хімічних властивостей токсичної речовини, шляхів і швидкості її проникнення в організм, віку та статі організму. Токсичність проявляється і може бути вивчена лише у процесі взаємодії хімічної речовини та біологічних систем.

Формування та розвиток реакцій біосистеми на дію токсиканта, що призводять до її ушкодження (тобто порушення функцій біосистеми, життєздатності) або загибелі називається *токсичним процесом*. Найважливішим елементом будь-якого токсикологічного дослідження є вивчення характеристик, закономірностей формування токсичного процесу. Прояви токсичного процесу визначаються рівнем організації біологічного об'єкта, на якому токсичність речовини вивчається на рівні: клітини; органу; організму; популяції. Якщо токсичний ефект вивчають на рівні клітини (зазвичай у дослідах *in vitro*), то судять про цитотоксичність речовини.

Токсичний процес на клітинному рівні проявляється: оборотними структурно-функціональними змінами клітини (зміна форми, рухливості тощо); передчасною загибеллю клітини (некроз, апоптоз); мутаціями (генотоксичність).

Якщо у процесі вивчення токсичних властивостей речовин досліджують їх шкідливу дію на окремі органи та системи, то виносять судження про органну токсичність сполук: нейротоксичність, гепатотоксичність, гематотоксичність, нефротоксичність та інше. Органотоксичність оцінюють та досліджують: у процесі вивчення властивостей (біологічної активності, шкідливої дії) нових хімічних речовин; у процесі діагностики захворювань, спричинених хімічними речовинами.

Токсичний процес з боку органа чи системи проявляється: функціональними реакціями (спазм гортані, короткочасне падіння артеріального тиску, почастішання дихання, посилення діурезу, лейкоцитоз тощо); захворюваннями органа.

Токсичний процес на рівні цілісного організму проявлятиметься: токсичними реакціями, які швидко проходять, але супроводжуються короткочасною втратою дієздатності (явище подразнення очей, дихальних

шляхів; седативно-гіпнотичні стани тощо); хворобами хімічної етіології (інтоксикації, отруєння); аллобіозом – стійкими змінами реактивності організму на вплив хімічних, фізичних та біологічних факторів навколишнього середовища, а також психічні та фізичні навантаження (алергія, імуносупресія, підвищена стомлюваність тощо); специфічними токсичними процесами, які розвиваються лише в частини популяції в особливих умовах (дія додаткових речовин; у певний період життєдіяльності організму тощо) та характеризуються тривалим прихованим періодом (порушення репродуктивних функцій, канцерогенез, ембріотоксичність тощо).

Токсична дія речовин, що проявляється на популяційному та біогеоценологічному рівні, виражається: зростанням захворюваності, зменшенням народжуваності, падінням середньої тривалості життя в межах популяції та ін.

1.3 Інтоксикація як основна форма прояву токсичного процесу

Однією з форм прояву токсичного процесу є інтоксикація, або отруєння. Механізми формування та особливості перебігу інтоксикацій залежать від будови токсикантів, їхніх доз, умов взаємодії з організмом.

Доза – загальна кількість біологічно активної (чи токсичної) речовини, що введена в організм. Зазвичай вимірюється у грамах (г), міліграмах (мг) чи мікрограмах (мкг) на кілограм маси тіла. Доза є однією з найважливіших характеристик токсичності.

Дозування – кількість речовини на одиницю маси організму людини, що введена упродовж певного часу. Дозування визначається як: мкг (доза)/кг (маса тіла)/доба (тривалість), наприклад, мкг/кг/доба.

Доза, за якої спостерігається початок змін біохімічного або фізіологічного параметра в організмі, називається «пороговим» дозуванням. Це значення використовується, щоб визначити, наприклад, безпечне споживання харчових добавок або вплив таких сполук, як пестициди, нітрати тощо.

У токсикології найчастіше використовують термін «середня летальна доза» (ЛД₅₀). Це доза, від якої гине 50 % піддослідних тварин у групі.

Токсичність газоподібних речовин характеризується не дозою, а концентрацією. Для них визначається ГДК (гранично допустима концентрація) – найменша концентрація хімічної сполуки, яка, щоденно впливаючи на організм людини протягом тривалого часу, не викликає

жодних патологічних змін або захворювань. ГДК виражають у міліграмах на кубічний метр (мг/м^3); для токсичних речовин, що містяться у воді, – у міліграмах на літр (мг/л).

Дія токсичних речовин залежить від тривалості перебування та локалізації в організмі. Залежно від локалізації токсичної речовини інтоксикація може бути місцевою та загальною. За місцевої інтоксикації патологічний процес розвивається безпосередньо у місці аплікації токсиканта: місцеве ураження ділянок шкіри, дихальних шляхів, різних областей шлунково-кишкового тракту.

При загальній інтоксикації у патологічний процес залучається багато органів та систем організму, у тому числі віддалені від місця аплікації токсиканта. Причинами загальної інтоксикації, як правило, є резорбція токсиканта у внутрішні середовища, резорбція продуктів розпаду уражених покривних тканин, рефлекторні механізми.

Залежно від інтенсивності впливу токсиканта інтоксикація може бути важкою, середнього ступеня тяжкості, легкою.

Важка інтоксикація – загрозовий для життя стан. Інтоксикація середнього ступеня тяжкості характеризується тривалим перебігом, розвитком ускладнень, незворотними пошкодженнями органів та систем, що призводить до інвалідизації або спотворення потерпілого (наприклад, хімічний опік шкіри обличчя). Легка інтоксикація – закінчується повним одужанням протягом кількох діб.

Дія токсиканта має також біологічний аспект. Ті самі отруйні речовини по-різному діють на людей та окремі види тварин. Наприклад, деякі тварини можуть споживати рослину *Belladonna*, тоді як інші гинуть після її вживання; різну токсичність має фенілтіосечовина для різних видів тварин: високотоксична для щурів ($\text{ЛД}_{50} = 5 \text{ мг/кг}$), менш токсична для кролів ($\text{ЛД}_{50} = 40 \text{ мг/кг}$), курей ($\text{ЛД}_{50} = 100 \text{ мг/кг}$), морських свинок ($\text{ЛД}_{50} = 250 \text{ мг/кг}$).

1.4 Історія виникнення та становлення токсикології

Харчова токсикологія як галузь знань існує з найдавніших часів. Першою зіткнулась з проблемою токсичності харчових продуктів, очевидно, первісна людина. На основі своїх спостережень вона дійшла висновку, що вживання певних рослин, плодів та фруктів викликає захворювання організму і навіть смерть.

У Стародавньому Єгипті були відомі токсичні властивості багатьох рослин, такі як опій, блекота, стрихнін, морська цибуля та ін. З появою

синильної кислоти, яку відганяли з плодових кісточок, найчастіше персикових, застосовували засіб «покарання персиком» для осіб, звинувачених у різних провинах.

Перші письмові згадки про отрути, які використовували як з медичними цілями, так і у злочинних намірах, одержали з Месопотамії. Давнім жерцям були добре відомі отруйні властивості синильної кислоти. Вони давали клятву мовчання, написану на листі з персикового дерева. Жерця, що порушив клятву, отруювали отрутою, одержаною з багатьох персикових кісточок.

До європейських лікарів знання про отрути прийшли через Візантію. В Урі, що було найдавнішим містом Месопотамії (2900 р. до н. е.) археолог Вуллі виявив поховання, де поряд із царем поховані його слуги, які добровільно випили отруту, щоб служити йому і в потойбічному світі так, як вони робили це за життя.

У Давній Греції також були поширені отрути. Геракл, здійснюючи свої подвиги, часто використовував отруйні стріли. Такою стрілою був убитий викрадач Олени Паріс, син правителя Трої. Красуня Медея, дочка колхідського царя Еета, для свого смертоносного зілля використовувала аконіт – екстракт з вовчих ягід.

Існує версія, що Аристотель займався вивченням рослинних токсинів і доставляв наближеним свого учня Олександра Македонського отрути.

У римський період плюмбум ацетат широко використовували як харчову добавку для вина, також застосовували свинцеві труби для водогонів та свинцевий посуд, що, можливо, стало однією з причин загибелі Римської імперії.

Іншою отрутою хімічного походження, якою користувалися у XVIII ст., був ртуть та його препарати: сулема, хлористий ртуть. У ті часи лікарі масово призначали ліки на основі ртуті. У Венеції популярним був ртутний пластр, який накладали на груди хворого. Від подібного лікування помер англійський король Карл II, син Марії Стюарт. У XX ст. за допомогою нейтронноактиваційного методу виявили у волоссі короля Карла II ртуть у кількості, що в десятки разів перевищувала норму.

Знаменитий середньовічний лікар і хімік Парацельс (1493–1541) ще в XVI ст. стверджував: «Усі речовини є отрутами, і ніщо не позбавлено отруйності; лише доза робить отруту непоміченою». Тобто немає отруйних речовин, а є отруйні у їх кількості. Отрутою може стати і звичайна кухонна сіль, якщо в 10 разів збільшити її концентрацію в організмі. Парацельс дослідив дію різних токсичних речовин на

живий організм. З тих часів зберігся термін «поріг Парацельса» для характеристики величин токсичних речовин, вживання яких викликає появу перших ознак токсичності у найчутливіших видів тварин.

З початком Великої промислової революції кількість проблем, пов'язаних з якістю і безпекою їжі, збільшилась унаслідок зростання урбанізації, фальсифікації харчових продуктів різними токсичними речовинами, а також через поширення випадків псування і забруднення харчових продуктів.

Великим поштовхом у розвитку харчової токсикології було відкриття хроматографії та широке використання її методів для оцінки хімічного складу харчових продуктів.

З розвитком атомної енергетики з'явилися радіонукліди, що забруднюють навколишнє середовище та харчові продукти, спричиняють виникнення гострої та хронічної променевої хвороби через утворення в організмі великої кількості вільних радикалів.

У сільському господарстві масово використовуються пестициди та мінеральні добрива, які забруднюють харчові продукти і є причиною масових отруєнь.

У другій половині XIX ст. успіхи експериментальної фізіології сприяли створенню експериментальної токсикології. З розвитком промислового виробництва утворилась нова галузь токсикології – промислова або професійна токсикологія, з якої виділились екотоксикологія та харчова токсикологія. Методичні основи харчової токсикології починають інтенсивно розвиватись із середини XX ст. У кінці XX ст. відкрито мутагенні ефекти багатьох продуктів рослинного походження, сформульовано поняття «ризик», розроблено міжнародні та національні нормативи вмісту токсичних речовин у харчових продуктах, розроблено високочутливі методи їх дослідження.

На початок XXI ст. токсикологія базується на широкому уявленні про токсичність харчових продуктів. З розвитком науково-технічного прогресу зросла кількість потенційно небезпечних сполук у харчовому раціоні людини, що спричинило появу «екологічних хвороб».

Після розшифрування геному людини розвивається новий напрямок у токсикології – токсикогеноміка. Вона вивчає токсичні властивості хімічних сполук та механізми їх дії на основі дослідження окремих змін експресії генів. Це дає можливість встановлення індивідуальної чутливості до розвитку патологічних процесів (алергенних реакцій, канцерогенезу та ін.) на більш високому рівні.

Контрольні запитання

1. Токсикологія як наука. Напрями токсикології.
2. Дати визначення токсиканта, ксенобіотики, токсину, зоотоксину (венону).
3. Назвати галузі токсикології. Дати визначення промисловій, хімічній, екологічній, регуляторній токсикології, токсикології довкілля, харчовій токсикології.
4. Прояви токсичного процесу на різних рівнях організації біосистем.
5. Дати визначення токсичності речовини, інтоксикації, дози, гранично допустимої концентрації. Що означає LD_{50} ?
6. Основні етапи виникнення та становлення токсикології.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Актуальность гигиенического нормирования пестицидов в почве / А. Ю. Попова и др. *Гигиена и санитария*. 2018. № 97(6). С. 485–489.
2. Беркетова Л. В., Христинина Е. В. Аллергены в продуктах питания. *Бюллетень науки и практики*. 2018. Т. 4. № 12. С. 197–207.
3. Берштейн Л. М. Гормональный канцерогенез. СПб. : Наука, 2000. 200 с.
4. Васецька О. П. Гостра токсичність нових регуляторів росту рослин – похідних N-оксид піридину. *Сучасні проблеми токсикології, харчової та хімічної безпеки*. 2016. № 3. С. 5–10.
5. Векірчик К. М. Мікробіологія з основами вірусології. К. : Либідь, 2001. 312 с.
6. Волошин О. І., Русняк І. О., Сплавський О. І., Васюк В. Л. Харчова алергія та харчова інтолерантність: сучасні аспекти етіології та патофізіології. *Сімейна медицина*. 2009. № 2. С. 61–66.
7. Гігієна харчування з основами нутриціології : підручник. У 2 кн. Кн. 1 / Аністратенко Т. І. та ін. ; за ред. проф. В. І. Ципріяна. К. : Медицина, 2007. 528 с.
8. Гігієна харчування з основами нутриціології : підручник. У 2 кн. Кн. 2 / Ципріян В. І. та ін. ; за ред. проф. В. І. Ципріяна. К. : Медицина, 2007. 544 с.
9. ГН 6.6.1.1-130-2006 Державні гігієнічні нормативи «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді» (наказ МОЗ України від 03.05.2006 № 256). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0845-06#Text>
10. Гонський Я. І., Максимчук Т. П. Біохімія людини. Тернопіль : Укрмедкнига, 2001. 736 с.
11. Григор'єва Л. І., Томілін Ю. А. Екологічна токсикологія та екотоксикологічний контроль. Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2015. 240 с.
12. ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001 Державні санітарні правила і норми. «Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0137588-01#Text>

13. Ефимочкина Н. Р. Вирусные контаминанты пищевых продуктов и методы их обнаружения. *Гигиена и санитария*. 2017. № 96(6). С. 576–584.
14. Каган Ю. С. Общая токсикология пестицидов. К. : Здоров'я, 1981. 176 с.
15. Квасьневські Ян. Оптимальне харчування. Л. : Добра справа, 2007. 192 с.
16. Кареткина Г. Н. Вирусный гепатит А: современные особенности клиники, диагностики и профилактики. *Леч. врач.* 2010. № 10. С. 20–24.
17. Куличенко Т. В. Ротавирусная инфекция у детей. *Вопросы диагностики педиатрии*. 2009. № 1(2). С. 17–23.
18. Лепьошкін І. В. Токсиколого-гігієнічна оцінка мінерального добрива сульфату амонію та обґрунтування безпечного використання в сільському господарстві. *Проблеми харчування*. 2010. № 1–2. С. 48–55.
19. Мазитова А. К., Аминова Г. К., Зарипов И. И., Вихарева И. Н. Биоразлагаемые полимерные материалы и модифицирующие добавки: современное состояние. Часть II. *Нанотехнологии в строительстве*. 2021. Том 13, № 1. С. 32–38.
20. Малинникова Е. Ю., Кюрегян К. К., Поляков А. Д., Амон Е. П., Михайлов М. И. Вирусный гепатит Е. Современный взгляд на проблему. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2018. № 20(3). С. 293–299.
21. Овчаренко О. П., Лазар А. П., Матюшко Р. П. Основы радиационной медицины. Одеса : Одес. держ. мед. ун-т, 2002. 208 с.
22. Остапчук П. С., Зубоченко Д. В., Куевда Т. А. Роль антиоксидантов и использование их в животноводстве и птицеводстве (обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2019. № 20(2). С. 103–117.
23. Параметри безпечності м'яса птиці : Наказ МОЗ України від 06.08.2013 № 695. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1364-13#Text>
24. Пересічний М. І., Пятницька Т. А., Якименко Д. М. Рациональное харчування в умовах іонізуючої радіації. К. : Либідь, 1992. 200 с.
25. Пономарьов П. Х., Донцова І. В. Генетично модифікована продовольча сировина і харчові продукти, вироблені з її використанням. К. : Центр учбової літератури, 2009. 126 с.
26. Про ветеринарну медицину : Закон України від 16.11.2006, № 361-V (із змінами станом на 12.02.2015р., № 193-VIII).
27. Про вилучення з обігу, переробку, утилізацію, знищення або подальше використання неякісної та небезпечної продукції :

- Закон України від 14.01.2000, № 1393-XIV (із змінами станом на 12.02.2015, № 191-VIII).
28. Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів : Закон України від 22 липня 2014 р., № 1602-VII.
29. Про пестициди і агрохімікати : Закон України від 02.03.1995, № 86/95-ВР (із змінами станом на 12.02.2015, № 191-VIII).
30. Про рибу, інші водні живі ресурси та харчову продукцію з них : Закон України від 06.02.2003, № 486-IV (із змінами станом на 12.02.2015, № 191-VIII).
31. Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах / Наказ МОЗ України від 13.05.2013 № 368. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0774-13#Text>
32. Савицкая Т. А. Съедобные полимерные пленки и покрытия: история вопроса и современное состояние (обзор). *Полимерные материалы и технологии*. 2016. № 2 (Т. 2). С. 6–36.
33. Сидорович О. И., Лусс Л. В. Пищевая аллергия: принципы диагностики и лечения. *Медицинский совет*. 2016. № 16. С. 141–147.
34. Смоляр В. І. Розвиток харчової токсикології. *Проблеми харчування*. 2010. № 1–2. С. 67–70.
35. Токсикологія продуктів харчування : підручник / Воронов С. А., Стецишин Ю. Б., Панченко Ю. В., Когут А. М. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2014. 556 с.
36. Токсикология: промышленные и экологические аспекты / В. М. Смирнова и др. Нижний Новгород, 2019. 240 с.
37. Трахтенберг И. М., Колесников В. С., Луковенко В. П. Тяжелые металлы во внешней среде: современные гигиенические и токсикологические аспекты. Минск : Навука і тэхніка, 1994. 285 с.
38. Харчова та санітарна токсикологія : навчальний посібник / О. В. Кузьмін та ін. Херсон : Олді+, 2020. 556 с.
39. Хоботова Е. Б., Уханьова М. І., Крайнюков О. М. Основи екологічної токсикології. Харків, 2012. 276 с.
40. Цимбаліста Н. В., Давиденко Н. В. Стан фактичного харчування населення та аліментарно-обумовлена захворюваність. *Проблеми харчування*. 2008. № 1–2. С. 32–35.
41. Чернушенко Е. Ф. Иммунопатогенез аллергических заболеваний. *Мистецтво лікування*. 2006. № 8. С. 18–20.
42. Чоп'як В. В., Головін Р. Р., Насадюк Х. М. Харчова алергія. *Клиническая иммунология. Аллергология. Инфектология*. 2008. № 17. С. 45–51.

43. Шляхи міграції стійких пестицидів трофічними ланцюгами наземних і водних екосистем / В. М. Войціцький та ін. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Том 10, № 1–2. С. 36–43.
44. Штабський Б. М., Гжегоцький М. Р. Ксенобіотики, гомеостаз і хімічна безпека людини. Львів : Наутилус, 1999. 308 с.
45. Ahn E., Kapur B., Koren G. Iron bioavailability in prenatal multivitamin supplements with separated and combined iron and calcium. *J. Obstet. Gynecol. Can.* 2004. Vol. 26(9). P. 809–814.
46. Bellmann, S. Mammalian gastrointestinal tract parameters modulating the integrity, surface properties, and absorption of food-relevant nanomaterials. *Nanomed. Nanobiotech.* 2015. Vol. 7. P. 609–622.
47. Beltran E., Ibanez M., Sancho J. V., Hernandez F. Determination of patulin in apple and derived products by UHPLC-MS/MS. Study of matrix effects with atmospheric pressure ionisation sources. *Food Chemistry*. 2014. Vol. 142. P. 400–407.
48. Buzea, C. Pacheco, Robbie, K. Nanomaterials and nanoparticles: sources and toxicity. *Biointerphases*. 2007. Vol. 2. P. 17–71.
49. Chen, N. et al. Toxicological effects of Caco-2 cells following short-term and long-term exposure to Ag nanoparticles. *Int. J. Mol. Sci.* 2016. Vol. 17. P. 974.
50. Custovic A., Platts-Mills TAE. Managing allergy. UK : Atlas Medical Publishing Ltd., 2009.
51. Dolan L., Matulka R., Burdock G. Naturally Occurring Food Toxins. *Toxins (Basel)*. 2010. Vol. 2(9). P. 2289–2332.
52. Fasano A., Sapone A., Zavallos V., Schuppan D. Nonceliac gluten sensitivity. *Gastroenterology*. 2005. Vol. 148 (6). P. 1195–1204.
53. Fletcher M., Netzel G. Food safety and natural toxins. *Toxins (Basel)*. 2020. Vol. 12 (4). P. 236–242.
54. Food allergy and anaphylaxis. Guidelines, 2014.
55. Gaillet S., Rouanet J. M. Silver nanoparticles: their potential toxic effects after oral exposure and underlying mechanisms – a review. *Food Chem. Toxicol.* 2015. Vol. 77. P. 58–63.
56. Greenberg H.B., Estes M.K. Rotaviruses: from pathogenesis to Vaccination. *Gastroenterology*. 2009. Vol. 136. P. 1939–1951.
57. Gupta A., Eral H. B., Hatton T. A., Doyle P. S. Nanoemulsions: formation, properties and applications. *Soft Matter*. 2016. Vol. 12. P. 2826–2841.
58. Hajipour M. J. Antibacterial properties of nanoparticles. *Trends Biotechnol.* 2012. Vol. 30. P. 499–511.
59. Hilty F. M. et al. Iron from nanocompounds containing iron and zinc is highly bioavailable in rats without tissue accumulation. *Nat. Nanotech.* 2010. Vol. 5. P. 374–380.

60. Kamar N., Selves J., Mansuy J.M. et al. Hepatitis E virus and chronic hepatitis in organ-transplant recipients. *N Engl. J Med.* 2008. Vol. 358(8). P. 811–817.
61. Kumar Mahato D. et al. Patulin in food: A mycotoxin concern for human health and its management strategies. *Toxicon.* 2021. Vol. 198. P. 12–23.
62. Maleki S. J., Viquez O., Jacks T., Dodo H., Champagne E. T., Chung S. Y., Landry S. J. The major peanut allergen, Ara h 2, functions as a trypsin inhibitor, and roasting enhances this function. *Journal of Allergy and Clinical Immunology.* 2003. Vol. 112(1). P. 190–195.
63. Mittag D., Vieths S., Vogel L., Becker W. M., Rihs H. P., Helbling A., Weber B. K. Soybean allergy in patients allergic to birch pollen: clinical investigation and molecular characterization of allergens. *Journal of Allergy and Clinical Immunology.* 2004. Vol. 113(1). P. 148–154.
64. Oliver M. Why We Need GMO Crops in Agriculture. *Missouri Medicine.* 2014. Vol. 111 (6). P. 492–507.
65. Pietroiusti A., Magrini A., Campagnolo L. New frontiers in nanotoxicology: Gut microbiota/microbiome-mediated effects of engineered nanomaterials. *Toxicol. Appl. Pharma.* 2016. Vol. 299. P. 90–95.
66. Scott HS. Food allergies. *eMedicine Allergology and Immunology,* 2009.
67. Sirelkhatim A. et al. Review on zinc oxide nanoparticles: antibacterial activity and toxicity mechanism. *Nano Micro Lett.* 2015. Vol. 7. P. 219–242.
68. Spergel J.M., Brown-Whitehorn T., Beausoleil et al. Predictive values for skin prick test and atopy patch test for eosinophilic esophagitis. *J Allergy Clin Immunol.* 2007. Vol. 119(2). P. 509–511.
69. Stene-Johansen K., Jonassen T., Skaug K. Characterization and genetic variability of hepatitis A virus genotype IIIA. *J. Gen. Virol.* 2005. Vol. 86. P. 2739–2745.
70. Su Y.C., Liu C. *Vibrio parahaemolyticus*: a concern of seafood safety. *Food Microbiol.* 2007. Vol. 24, № 6. P. 549–558.
71. Urisu A., Kondo Y., Tsuge, I. Hen's egg allergy. *In Food Allergy: Molecular Basis and Clinical Practice.* 2015. Vol. 101. P. 124–130.
72. Valko M., Leibfritz D., Moncol J. et al. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Int. J. Biochem. Cell. Biol.* 2007. V. 39. P. 44–84.
73. Vally H., Misso N. L., Madan V. Clinical effects of sulphite additives. *Clinical & Experimental Allergy.* 2009. Vol. 39(11). P. 1643–1651.
74. Wang, Y. L. et al. A combined toxicity study of zinc oxide nanoparticles and vitamin C in food additives. *Nanoscale.* 2014. Vol. 6. P. 15333–15342.
75. Wang H., Du, L.-J., Song, Z.-M. & Chen, X.-X. Progress in the characterization and safety evaluation of engineered inorganic nanomaterials in food. *Nanomedicine.* 2013. Vol. 8. P. 2007–2025.
76. Williams J. H., Phillips T. D., Jolly P. E, Stiles J. K., Jolly C. M., Aggarwal D. Human aflatoxicosis in developing countries: a review of toxicology, exposure, potential health consequences, and interventions. *Am. J. Clin. Nutr.* 2004. Vol. 80(5). P. 1106–1108.
77. Yang, Y. et al. Characterization of food-grade titanium dioxide: the presence of nanosized particles. *Environ. Sci. Technol.* 2014. Vol. 48. P. 6391–6400.
78. Yu L., Dean K., Li L. Polymer blends and composites from renewable resources. *Progress in Polymer Science.* 2006. Vol. 3, № 6. P. 576–602.
79. Zarei M., Borujeni M. P., Jamnejad A., Khezzrzhadeh M. Seasonal prevalence of *Vibrio* species in retail shrimps with an emphasis on *Vibrio parahaemolyticus*. *Food Control.* 2012. Vol. 25, № 1. P. 107–109.
80. Zhang C., Zhang H. Genetically modified foods: A critical review of their promise and problems. *Food science and human wellness.* Vol. 5, № 3. P. 116–123.

МЕЛЬНИК Оксана Петрівна



Доцент кафедри експертизи харчових продуктів Навчально-наукового інституту харчових технологій Національного університету харчових технологій, кандидат хімічних наук, доцент. Автор та співавтор понад 170 публікацій, у т. ч. 45 статей, 9 патентів, 20 методичних розробок. Наукові інтереси: інструментальні методи дослідження якості та безпечності харчової продукції, харчова токсикологія, біодеградація полімерних матеріалів, митна експертиза.

КУЗЬМІН Олег Володимирович



Професор кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції факультету готельно-ресторанного та туристичного бізнесу імені проф. В.Ф. Доценка Національного університету харчових технологій, доктор технічних наук, професор. Автор та співавтор понад 300 наукових і науково-методичних праць, серед яких 6 монографій в Україні, 17 колективних монографій за кордоном, 35 патентів та свідоцтв, 99 статей, 7 навчальних посібників. Наукові інтереси: технічний рівень обладнання, інжиніринг закладів ресторанного господарства, харчова та санітарна токсикологія.

КІЙКО Вікторія Вікторівна



Доцент кафедри експертизи харчових продуктів Навчально-наукового інституту харчових технологій Національного університету харчових технологій, кандидат технічних наук, доцент. Автор та співавтор понад 180 публікацій, у т. ч. числі 35 статей, 19 патентів, 3 навчальних посібників, 3 монографій, 20 методичних розробок. Наукові інтереси: використання високого тиску в індустрії молока, управління якістю та безпечністю харчових продуктів, технічне регулювання.

Навчальне видання

МЕЛЬНИК Оксана Петрівна
КУЗЬМІН Олег Володимирович
КІЙКО Вікторія Вікторівна

ХАРЧОВА ТОКСИКОЛОГІЯ

Навчальний посібник

Дизайн обкладинки В. Савельєва
Технічне редагування Т. Шутова
Верстка Ю. Семенченко



Підписано до друку 25.05.2022 р.
Формат 60×84/16. Папір офсетний.
Цифровий друк. Гарнітура Times.
Ум. друк. арк. 10,46.
Наклад **300**. Замовлення № 0622-047.

Видавництво та друк: Олді+
73034, Україна, м. Херсон, вул. Паровозна, 46а
Свідоцтво ДК № 7546 від 13.12.2021 р.

Тел.: +38 (098) 559-45-45,
+38 (095) 559-45-45, +38 (093) 559-45-45
Для листування: а/с 20, м. Херсон, Україна, 73021
E-mail: office@oldiplus.ua

