

УДК 658.62.018.2:63
ББК 65.32-80
П63

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник
для студентів вищих аграрних навчальних закладів
(лист № 14/18.2 -1185 від 02.06.2004 р.)

Рецензенти:

Якубчак ОМ., доктор ветеринарних наук, професор, декан факультету якості і безпеки продукції АПК, завідувач кафедри ветсанекспертизи і гігієни переробки продукції тваринництва Національного аграрного університету;

Хоменко В.І., доктор ветеринарних наук, професор Національного аграрного університету, заслужений працівник сільського господарства України;

Кавецький В.М., доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач лабораторії екотоксикології і гігієни агрохімікатів Інституту екогігієни і токсикології ім. Л.І. Медведя.

Посудін Ю.І.

П63 Методи неруйнівної оцінки якості та безпеки сільськогосподарських і харчових продуктів: Навчальний посібник. - К.: Арістей, 2005. - 408 с
ISBN 966-8458-61-36

Основна мета навчального посібника - ознайомити студентів сільськогосподарських та харчових спеціальностей із сучасними фізичними методами неруйнівної оцінки якості та безпеки сільськогосподарських та харчових продуктів, принципами дії приладів, що застосовуються у сільському господарстві та харчових технологіях.

Конкретними завданнями навчального посібника є визначення основних понять неруйнівної технології та концепції неруйнівного тестування; характеристика основних параметрів якості сільськогосподарських і харчових продуктів та факторів, що впливають на ці параметри; визначення безпеки продуктів, їх забруднення та фальсифікації, що провокують захворювання людини; ознайомлення з принципом дії приладів та можливими застосуваннями сучасних методів для неруйнівної оцінки якості та безпеки сільськогосподарських і харчових продуктів; порівняльний аналіз переваг та недоліків інструментальних методів, що застосовуються у сільському господарстві і харчових технологіях, а саме: механічних, акустичних, оптичних та спектроскопічних, ядерного магнітного резонансу та побудови ядерно-магнітних, рентгенівських і комп'ютерних зображень.

Навчальний посібник містить приклади розв'язання практичних проблем та контрольні завдання з відповідями. Інформативний матеріал міститься в додатку.

Для студентів сільськогосподарських, харчових, екологічних та медичних спеціальностей вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації.

УДК 658.62.018.2:63
ББК 65.32-80

© Ю.І. Посудін, 2005
© Арістей, 2005

ISBN 966-8458-61-36

ЗМІСТ

ВСТУП	13
РОЗДІЛ І. ЯКІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ	17
1. Параметри якості рослинної продукції	17
1.1. Внутрішній склад.....	17
1.2. Густина.....	21
1.2.1. Визначення густини.....	21
1.2.2. Густина та критерій якості.....	22
1.3. Розмір.....	23
1.4. Форма і конфігурація.....	23
1.5. Текстура.....	23
1.6. Колір.....	24
1.7. Кондиція та дефекти.....	25
1.8. Смак.....	26
1.9. Запах.....	27
2. Безпека рослинних продуктів	30
2.1. Зараження рослинних продуктів.....	30
2.2. Фальсифікація рослинних продуктів.....	30
3. Фактори, що впливають на якість рослинних продуктів	32
3.1. Основні визначення.....	32
3.2. Фізичні стресові фактори.....	32
3.2.1. Механічні стресові фактори.....	32
3.2.2. Температурні стресові фактори.....	34
3.2.3. Водні стресові фактори.....	35
3.2.4. Світлові стресові фактори.....	36
3.2.5. Ультрафіолетові стресові фактори.....	38
3.2.6. Іонізаційні стресові фактори.....	39
3.3. Хімічні стресові фактори.....	40
3.4. Біологічні стресові фактори.....	42
4. Параметри якості м'яса свійської худоби та птиці	44
4.1. Внутрішній склад м'яса.....	44
4.2. Густина.....	45
4.3. Колір.....	45
4.4. Соковитість.....	47
4.4.1. Суб'єктивна оцінка соковитості.....	47
4.4.2. Зв'язок з об'єктивними вимірюваннями.....	48
4.5. Ніжність.....	48
4.6. Аромат.....	49

5. Безпека м'яса та м'ясних продуктів	50
5.1. Мікробіологічне та хімічне зараження м'яса	50
5.2. Фальсифікація м'яса та м'ясних продуктів	50
6. Фактори, що впливають на якість м'яса	52
6.1. Фактори, що впливають на колір свіжого м'яса	52
6.2. Фактори, що впливають на соковитість м'яса	53
6.3. Фактори, що впливають на ніжність м'яса	54
6.4. Фактори, що впливають на аромат м'яса	55
7. Параметри якості м'яса риби та морських продуктів	58
7.1. Внутрішня структура м'язів риби	58
7.2. Густина	58
7.3. Колір	58
7.4. Аромат	60
7.5. Якість морських продуктів	60
8. Безпека м'яса риби та морських продуктів	61
8.1. Основні забруднювачі м'яса риби	61
8.2. Безпека морських продуктів	61
9. Параметри якості молока та молочних продуктів	63
9.1. Внутрішній склад молока	63
9.2. Густина молока	65
9.3. В'язкість молока	66
9.4. Колір молока	68
9.5. Аромат молока	70
9.6. Поверхневий натяг	70
9.7. Температура замерзання	71
9.8. Електропровідність молока	71
9.9. Теплофізичні параметри молока	72
9.10. Показник заломлення молока	73
9.11. Показники якості молока	74
10. Безпека молока та молочних продуктів	75
10.1. Забруднення молока	75
10.2. Фальсифікація молока	77
11. Фактори, що впливають на якість молока	80
11.1. Вплив оптичного випромінювання на аромат молока	80
11.2. Вплив температурних факторів на аромат молока	80
11.3. Фактори, що впливають на колір молока	81

12. Параметри якості яєць свійської птиці	83
12.1. Структура яйця свійської птиці	83
12.2. Густина яйця	84
12.3. Якість зовнішньої поверхні яйця	85
12.3.1. Чистота шкаралупи	85
12.3.2. Форма яйця	86
12.3.3. Текстура шкаралупи яйця	86
12.3.4. Цілісність шкаралупи	87
12.3.5. Колір шкаралупи	87
12.4. Якість внутрішнього вмісту яйця	87
12.4.1. Якість білка	87
12.4.2. Якість жовтка	89
12.5. Вади яєць свійської птиці	90
12.5.1. Вади харчових неповноцінних яєць	90
12.5.2. Вади нехарчових яєць	90
13. Безпека яєць	91
13.1. Мікробіологічне зараження яєць	91
13.2. Фальсифікація яєць	92
14. Фактори, що впливають на якість яєць	93
14.1. Вплив навколишнього середовища на якість яєць	93
14.2. Фактори, що впливають на якість шкаралупи	94
14.3. Фактори, що впливають на якість білка	95
14.4. Фактори, що впливають на якість жовтка	95
15. Параметри якості меду	96
15.1. Визначення меду	96
15.2. Склад меду	96
15.3. Міжнародні стандарти якості меду	97
15.4. Вміст води	98
15.5. Зольність	98
15.6. Кислотність	98
15.7. Вміст гідроксиметилфурфуролу	98
15.8. Діастазна активність	99
15.9. Нерозчинені у воді тверді речовини	99
15.10. Вміст цукрів	99
15.11. Електропровідність меду	99
15.12. Американські стандарти якості меду	100
15.12. Українські стандарти якості меду	103

16. Безпека меду	104
16.1. Забруднення меду	104
16.2. Фальсифікація меду	105
17. Фактори, що впливають на параметри якості меду	106
17.1. Кристалізація	106
17.2. Нагрівання	106
18. Параметри якості продуктів бджільництва	107
 РОЗДІЛ II. МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ	
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ	109
19. Вимірювання густини рослинних продуктів	109
19.1. Флотаційний метод	109
19.2. Метод флюїдизованої ванни	110
19.3. Сорткування матеріалів із незначною різницею густини	111
20. Вимірювання густини м'яса та м'ясопродуктів	112
21. Вимірювання густини молока та молочних продуктів	113
21.1. Метод пікнометри	113
21.2. Метод гідрометрії	114
21.3. Метод гідростатичного зважування (метод рівноваги Вестфалю)	114
22. Вимірювання густини яєць	116
23. Вимірювання густини меду	118
24. Механічні методи	119
24.1. Теоретичні основи механічних методів	119
24.2. Методи, що базуються на вимірюванні сили	121
24.2.1. Метод проникнення	122
24.2.2. Метод стискування-виштовхування	127
24.2.3. Метод зсуву	129
24.2.4. Метод подрібнення	130
24.2.5. Метод розтягування	130
24.2.6. Метод кручення	131
24.2.7. Метод вигину	132

24.3. Методи, що базуються на вимірюванні геометричних параметрів	133
24.3.1. Метод вимірювання лінійної відстані	133
24.3.2. Метод вимірювання площі та об'єму	134
24.4. Неруйнівні методи	135
24.4.1. Метод дотику	135
24.4.2. Деформаційні методи	136
24.4.3. Відгук на удар	140
24.4.4. Відскік при ударі	145
24.4.5. Низькочастотні коливання в продуктах	146
24.4.6. Метод ультрацентрифугування	146
25. Акустичні методи	149
25.1. Теоретичні основи акустичних методів	149
25.2. Звукові методи	150
25.3. Ультразвукові методи	154
26. Гідродинамічні методи	157
26.1. Віскозиметричні методи	157
26.2. Оцінка в'язкопружних властивостей	162
26.2.1. Перехідні методи	162
26.2.2. Динамічні методи	163
26.2.3. Порівняння віскозиметричних методів	164
26.3. Вимірювання водозв'язувальної здатності та соковитості м'яса	165
26.3.1. Вимірювання водозв'язувальної здатності м'яса	165
26.3.2. Методи, що не вимагають прикладання сили до зразка	165
26.3.3. Методи, що вимагають прикладання сили до зразка	166
26.3.4. Теплові методи	167
26.3.5. Вимірювання соковитості м'яса	168
27. Електрофізичні методи	169
27.1. Діелектричні властивості рослинних продуктів	169
27.2. Фактори, що впливають на діелектричні властивості продуктів	170
27.3. Застосування діелектричних методів	173
27.4. Електрофоретичні методи	176
27.5. Застосування електрофоретичних методів	177
27.6. Вимірювання електропровідності та електроємності продуктів	178

28. Спектроскопія відбивання, поглинання та пропускання у видимій області спектра	179
28.1. Теоретичні основи спектроскопічних методів	179
28.1.1. Визначення спектроскопії	179
28.1.2. Спектри атомів	179
28.1.3. Спектри молекул	180
28.1.4. Енергетична діаграма	183
28.1.5. Основні спектроскопічні терміни	184
28.2. Спектроскопічні методи оцінки якості продуктів	187
28.2.1. Взаємодія оптичного випромінювання з продуктом	187
28.2.2. Вимірювання прямого пропускання рослинними продуктами	189
28.2.3. Вимірювання дифузного пропускання рослинними продуктами	191
28.2.4. Вимірювання дифузного відбивання рослинними продуктами	191
28.2.5. Вимірювання спектральних характеристик зернових продуктів	196
28.2.6. Вимірювання спектральних характеристик м'ясних продуктів	196
28.2.7. Вимірювання спектральних характеристик молочних продуктів	197
28.2.8. Вимірювання спектральних характеристик продуктів птахівництва	198
29. Вимірювання кольору продуктів	200
29.1. Параметри кольору	200
29.2. Колориметрія	201
29.3. Методи вимірювання кольору продуктів	206
29.3.1. Спектрофотометр з 0 /45 -геометрією	206
29.3.2. Колориметр із сферичною геометрією	206
29.4. Застосування колориметричних методів	207
29.4.1. Вимірювання кольору м'яса	207
29.4.2. Сортуння риби за кольором	209
30. Інфрачервона спектроскопія	211
30.1. Методи інфрачервоної спектроскопії	211
30.2. Інфрачервона спектроскопія пропускання	212
30.2.1. Принципи інфрачервоної спектрофотометрії молока	212
30.2.2. Інфрачервоні спектрофотометри для визначення вмісту основних компонентів молока	215
30.2.3. Переваги та недоліки методу інфрачервоної спектрофотометрії	218
30.3. Спектроскопія відбивання в ближній інфрачервоній області спектра	218
30.3.1. Гармонічний осцилятор	218
30.3.2. Анггармонічний осцилятор	223
30.3.3. Типи молекулярних коливань	225
30.3.4. Відбивання інфрачервоного випромінювання	228
30.3.5. Прилади для реєстрації відбивання в ближній інфрачервоній області спектра	230
30.3.6. Застосування спектроскопії відбивання в ближній інфрачервоній області спектра	233
30.3.7. Переваги та недоліки методу спектроскопії відбивання в ближній інфрачервоній області спектра	240
30.4. Спектроскопія на основі Фур'є перетворювання	240
30.4.1. Принципи спектроскопії на основі Фур'є перетворювання	240
30.4.2. Інтерферометр Майкельсона	242
30.4.3. Застосування спектроскопії на основі Фур'є перетворювання	244
30.4.4. Переваги та недоліки методу спектроскопії на основі Фур'є перетворювання	245
30.5. Спектроскопія ослабленого повного внутрішнього відбивання	246
30.5.1. Теорія спектроскопії ослабленого повного внутрішнього відбивання	246
30.5.2. Застосування спектроскопії ослабленого повного внутрішнього відбивання	248
30.5.3. Переваги та недоліки спектроскопії ослабленого повного внутрішнього відбивання	249
30.6. Спектроскопія дифузного пропускання в ближній інфрачервоній області спектра	251
31. Спектроскопія розсіювання світла	252
31.1. Спектроскопія пружного розсіювання	252
31.1.1. Типи розсіювання	252
31.1.2. Розсіювання оптичного випромінювання на частинках молока	254
31.1.3. Реєстрація пружного розсіювання світла	256
31.2. Спектроскопія комбінаційного розсіювання	259
31.2.1. Теорія комбінаційного розсіювання	259
31.2.2. Типи молекулярних коливань, що відповідають за комбінаційне розсіювання	261

31.2.3. Прилади для реєстрації спектрів комбінаційного розсіювання.....	262
31.2.4. Застосування спектроскопії комбінаційного розсіювання.....	264
31.2.5. Переваги та недоліки спектроскопії комбінаційного розсіювання.....	265
32. Флуоресцентна спектроскопія.....	269
32.1. Методи флуоресцентної спектроскопії.....	269
32.2. Спектрофлуориметрія продуктів.....	270
32.2.1. Принцип спектрофлуориметрії.....	270
32.2.2. Спектрофлуориметри.....	271
32.2.3. Застосування методу спектрофлуориметрії.....	271
32.2.4. Переваги та недоліки методу спектрофлуориметрії.....	280
32.3. Реєстрація індукції флуоресценції.....	281
32.3.1. Принцип реєстрації індукції флуоресценції.....	281
32.3.2. Прилади для реєстрації індукції флуоресценції.....	282
32.3.3. Застосування методу реєстрації індукції флуоресценції.....	283
32.3.4. Переваги та недоліки методу реєстрації індукції флуоресценції.....	285
32.4. Імпульсна модуляційна флуориметрія.....	285
32.4.1. Принцип дії імпульсної модуляційної флуориметрії.....	285
32.4.2. Прилади для імпульсної модуляційної флуориметрії.....	288
32.4.3. Застосування методу імпульсної модуляційної флуориметрії.....	289
32.4.4. Переваги та недоліки методу імпульсної модуляційної флуориметрії.....	289
32.5. Методи реєстрації сповільненої флуоресценції.....	289
32.5.1. Принцип реєстрації сповільненої флуоресценції.....	289
32.5.2. Прилади для реєстрації сповільненої флуоресценції.....	291
32.5.3. Застосування методу реєстрації сповільненої флуоресценції.....	293
32.5.4. Переваги та недоліки методу реєстрації сповільненої флуоресценції.....	295
33. Метод ядерного магнітного резонансу.....	296
33.1. Техніка ядерного магнітного резонансу.....	296
33.2. Намагніченість.....	301
33.3. Релаксація.....	303
33.4. Принципи ЯМР-спектроскопії.....	307

33.5. Магніторезонансні зображення.....	308
33.6. Застосування техніки ЯМР до оцінки якості сільськогосподарської продукції.....	311
33.6.1. Можливості методу ЯМР.....	311
33.6.2. Оцінка якості продуктів.....	312
34. Рентгенівські методи.....	320
34.1. Рентгенівське випромінювання.....	320
34.2. Рентгенівські методи оцінки якості продуктів.....	321
35. Вимірювання аромату.....	324
35.1. Методи мас-спектрометрії.....	324
35.1.1. Принципи мас-спектрометрії.....	324
35.1.2. Статичний мас-спектрометр.....	325
35.1.3. Динамічний мас-спектрометр.....	327
35.2. Методи хроматографії.....	328
35.2.1. Принципи хроматографії.....	328
35.2.2. Газова хроматографія.....	330
35.2.3. Надкритична рідинна хроматографія.....	332
35.3. Комбінація хроматографічних та мас-спектрометричних методів.....	334
35.3.1. Комбінація методів хроматографії та мас-спектрометрії.....	334
35.3.2. Мас-спектрометрія та ольфактометрія.....	335
35.3.3. Твердофазна мікроекстракція.....	337
35.3.4. Метод теплової десорбції.....	337
35.3.5. Мас-спектрометрія на основі іонізації при атмосферному тиску.....	337
35.3.6. Мас-спектрометрія на основі реакцій переносу протона.....	339
35.3.7. Автоматизовані системи типу "електронний ніс".....	340
35.3.8. Селективна лазерна іонізація.....	341
35.4. Застосування комбінацій хроматографічних та мас-спектрометричних методів до оцінки аромату сільськогосподарських та харчових продуктів.....	341
35.4.1. Аромат рослинних продуктів.....	341
35.4.2. Аромат молочних продуктів.....	345
35.4.3. Аромат напоїв.....	347
35.4.4. Аромат яєць.....	349
35.4.5. Аромат меду.....	349
35.4.6. Визначення фальсифікації продуктів.....	351
35.4.7. Визначення присутніх у продуктах токсикантів.....	353

36. Методи побудови комп'ютерних зображень.....	354
36.1. Принципи побудови комп'ютерних зображень.....	354
36.1.1. Завдання техніки побудови комп'ютерних зображень.....	354
36.1.2. Комп'ютерні відеосистеми.....	354
36.1.3. Отримання зображення.....	354
36.1.4. Освітлення об'єкта.....	355
36.1.5. Передача освітлення та інформації фіброскопами.....	362
36.1.6. Сенсори або відеокамери.....	364
36.1.7. Оцифровувач.....	364
36.1.8. Обробка зображень.....	364
36.2. Застосування комп'ютерних зображень для оцінки якості рослинних продуктів.....	366
36.2.1. Густина рослинних продуктів.....	366
36.2.2. Розміри та форма рослинних продуктів.....	366
36.2.3. Стиглість рослинних продуктів.....	366
36.2.4. Поверхневі та внутрішні дефекти рослинних продуктів.....	367
36.3. Детектування тріщин у шкаралупі яєць.....	367
36.4. Сорткування риби за допомогою комп'ютерних зображень.....	369
Додаток.....	371
Література.....	378

ВСТУП

ЯКІСТЬ І БЕЗПЕКА ПРОДУКТІВ - ЗАПОРУКА ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

Чисельність населення земної кулі становить 6,3 мільярдів; за прогнозами, до кінця сторіччя чисельність населення може досягти 10 мільярдів чоловік. Це збільшення, яке пов'язане з необхідністю підвищення виробництва природних ресурсів, у тому числі харчових, спричиняє появу певних екологічних проблем, серед яких: накопичення пестицидів, мінеральних та органічних хімічних добрив, нафтопродуктів, важких металів у ґрунті, повітрі та водоймах становиться вкрай очевидним. Сучасне сільськогосподарське виробництво може бути розглянуте як джерело різноманітних специфічних забруднювачів, що поширюються у довкіллі. Забруднені рослинні та тваринні продукти з'їдаються споживачами, які набувають через це захворювання. У доповіді Ради по сільському господарству та техніці США повідомляється, що від 6,1 мільйона до 81 мільйона випадків захворювань, викликаних їжею, та близько 9100 літальних випадків реєструється щорічно у США. Через ці захворювання помирає щорічно у менш розвинених країнах близько 1,8 мільйонів чоловік (більшість серед яких - діти). Витрати через збитки продуктивності завдяки дії основних відомих патогенів варіюють від 6 мільярдів до 9 мільярдів доларів; загальні витрати, що спричиняються захворюваннями, викликаними їжею, значно перевищують ці дані.

В Україні у 1996 р. прийнятий Закон "Про ветеринарну медицину", яким передбачено суворий контроль за випуском продуктів високої якості та гарантія охорони населення від хвороб, викликаних недоброякісними продуктами. У 2002 р. Конгрес США затвердив як закон Акт безпеки здоров'я суспільства, готовності до біотероризму та відгуку на нього (Bioterrorism Act), де підкреслюється необхідність вживання ряду заходів щодо забезпечення безпеки продукції, розробки методів швидкого тестування та виявлення фальсифікованих продуктів.

Ось чому проблема розробки та впровадження нових методів охорони продуктів харчування від дії фізичних, хімічних та мікробіологічних небезпек є вкрай актуальною.

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ НЕРУЙНІВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КОНЦЕПЦІЯ НЕРУЙНІВНОГО ТЕСТУВАННЯ

Точне об'єктивне визначення якості сільськогосподарських продуктів та сортування їх згідно рівням якості є одним із найважливіших завдань сучасного сільськогосподарського виробництва. В історичному