

664
M59

Т. П. Пирог, Л. Р. Решетняк,
В. М. Поводзинський, Н. М. Грегірчак

Мікробіологія харчових виробництв

НОВА КНИГА
ВИДАВНИЦТВО

УДК 664(075.8)

ББК 36-4 я 73

М 59

Гриф надано Міністерством освіти і науки України
(Лист №14 /18.2–1656 від 12.07.05.)

Рецензенти:

С. Т. Олійничук, доктор технічних наук, академік УТА,
директор УкрНДІ Спиртбіопрому;

С. П. Циганков, доктор технічних наук, заступник директора
з наукової роботи та нової техніки Інституту харчової хімії і
технології НАН України

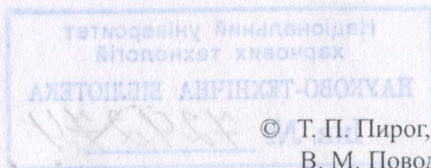
Пирог Т. П., Решетняк Л. Р., Поводзинський В. М., Грегірчак Н. М.
М 59 Мікробіологія харчових виробництв / За ред. Т. П. Пирог. Навчальний
посібник. – Вінниця: Нова Книга, 2007. – 464 с.
ISBN 978–966–382–095–8

Викладено історію розвитку мікробіології, будову клітин прокаріотів і еукаріотів, їх філогенетичну систематику, фізіологію росту, основні механізми обміну речовин і перетворення енергії. Наведені закономірності життєдіяльності мікроорганізмів, які використовуються в окремих харчових виробництвах. Показані джерела інфекції та основні контамінуючі мікроорганізми сировини, напівпродуктів та готової продукції.

Для студентів, магістрантів, аспірантів та викладачів вищих навчальних закладів, а також фахівців переробної та харчової промисловості.

УДК 664(075.8)

ББК 36-4 я 74



© Т. П. Пирог, Л. Р. Решетняк,
В. М. Поводзинський,
Н. М. Грегірчак, 2007

ISBN 978–966–382–095–8

© ПП «Нова Книга», 2007

ЗМІСТ

ВСТУП	11
1. МІКРОБІОЛОГІЯ ТА ЇЇ РОЗВИТОК (Пирог Т. П.)	15
1.1. Морфологічний період розвитку мікробіології	16
1.2. Еколого-фізіологічний період розвитку мікробіології. Відкриття Луї Пастера	17
1.3. Відкриття Роберта Коха. Розробка методів досліджень	20
1.4. Внесок у розвиток мікробіології вітчизняних вчених	21
1.5. Розвиток мікробіології у ХХ ст.	23
1.6. Класифікація живих організмів	24
1.7. Прокаріоти та еукаріоти	27
1.8. Загальні властивості мікроорганізмів	28
<i>Питання для самоконтролю</i>	30
2. БАКТЕРІЇ (Пирог Т. П.)	31
2.1. Морфологія бактерій	32
2.2. Розмноження бактерій	36
2.3. Будова бактеріальної клітини	39
2.3.1. Клітинні стінки бактерій	39
2.3.2. Плазматична мембрана	46
2.3.3. Внутрішньоклітинні структури	49
2.3.4. Ендоспори бактерій	51
2.4. Актиноміцети	54
<i>Питання для самоконтролю</i>	55
3. СИСТЕМАТИКА ПРОКАРІОТІВ (Пирог Т. П.)	57
3.1. Принципи класифікації бактерій	58
3.2. Термінологія, що використовується в систематиці	60
3.3. Характеристика таксонів за дев'ятим виданням Керівництва Бергі з систематики бактерій	63
3.3.1. Відділ Gracilicutes	63
3.3.2. Відділ Firmicutes	67
3.3.3. Відділ Tenericutes	69
3.3.4. Відділ Mendosicutes	70

3.4. Сучасні напрями в систематиці бактерій.....	71
3.4.1. Аналіз 5S та 16S рРНК.....	71
3.4.2. Філогенетична класифікація.....	72
<i>Питання для самоконтролю.....</i>	<i>78</i>
4. ГРИБИ (Пирог Т. П.)	79
4.1. Будова грибів.....	80
4.1.1. Клітина гриба.....	82
4.2. Розмноження грибів.....	85
4.3. Систематика грибів.....	88
4.4. Проблеми сучасної систематики грибів	90
<i>Питання для самоконтролю.....</i>	<i>92</i>
5. ДРІЖДЖІ (Пирог Т. П.)	93
5.1. Загальна характеристика дріжджів	94
5.2. Будова дріжджової клітини.....	96
5.3. Розмноження дріжджів.....	99
5.3.1. Безстатеве розмноження	99
5.3.2. Статеве розмноження	103
5.4. Таксономія та систематика дріжджів.....	104
<i>Питання для самоконтролю.....</i>	<i>107</i>
6. ВІРУСИ (Пирог Т. П.).....	108
6.1. Загальна характеристика.....	109
6.2. Будова вірусів.....	111
6.3. Віруси бактерій (бактеріофаги).....	112
6.3.1. Розмноження вірулентного фага: літичний цикл.....	113
6.3.2. Розвиток помірних фагів: лізогенія.....	115
6.4. Класифікація вірусів.....	117
<i>Питання для самоконтролю.....</i>	<i>117</i>
7. ФІЗІОЛОГІЯ МІКРООРГАНІЗМІВ (Пирог Т. П.)	120
7.1. Хімічний склад бактеріальної клітини	121
7.1.1. Клітинна вода.....	121

7.1.2. Елементний склад клітини.....	122
7.1.3. Органічні сполуки	122
7.2. Дія на мікроорганізми зовнішніх факторів	129
7.2.1. Фізичні фактори.....	129
7.2.2. Хімічні фактори.....	131
7.2.3. Методи стерилізації.....	133
7.3. Живлення мікроорганізмів.....	136
7.3.1. Головні та мінорні біоелементи	136
7.3.2. Два основні механізми синтезу АТФ	136
7.3.3. Типи живлення (трофії)	139
7.3.4. Потреби мікроорганізмів у факторах росту	140
7.3.5. Типи поживних середовищ для вирощування мікроорганізмів.....	141
7.3.6. Елективні методи культивування (накопичувальні та чисті культури).....	143
7.4. Ріст бактерій у періодичній культурі	144
7.4.1. Параметри кривої росту.....	146
Питання для самоконтролю.....	148

8. ОСОБЛИВОСТІ МЕТАБОЛІЗМУ

МІКРООРГАНІЗМІВ (Пирог Т. П.).....	149
8.1. Загальні поняття про метаболізм	150
8.2. Роль ферментів у метаболізмі. Ферменти мікроорганізмів ...	152
8.3. Катаболізм глюкози (гліколіз).....	156
8.4. Цикл трикарбонових кислот	157
8.5. Дихальний ланцюг і синтез АТФ при перенесенні електронів.....	158
8.5.1. Компоненти дихального ланцюга	158
8.5.2. Коефіцієнт P/O та енергетичний баланс.....	160
8.5.3. Токсична дія молекулярного кисню на аеробні та анаеробні мікроорганізми.....	161
8.5.4. Анаеробне дихання.....	162
8.6. Неповні окиснення.....	162
8.6.1. Утворення вторинних метаболітів	166
8.7. Бродіння	169
8.7.1. Спиртове бродіння.....	170

8.7.2. Молочнокисле бродіння і родина Lactobacillaceae	173
8.7.3. Інші типи бродінь	175
8.7.4. Зброджувані та незброджувані природні сполуки	178
<i>Питання для самоконтролю</i>	178
9. ГЕНЕТИКА МІКРООРГАНІЗМІВ (Пирог Т. П.)	180
9.1. Синтез білка та генетичний код	181
9.2. Мутації та їх виникнення	187
9.3. Передавання ознак і генетична рекомбінація	188
9.3.1. Механізми генетичної рекомбінації	189
9.3.2. Способи передавання генетичної інформації у мікроорганізмів	190
9.3.3. Плазміди	191
<i>Питання для самоконтролю</i>	193
10. МІКРООРГАНІЗМИ І НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ (Пирог Т. П.)	194
10.1. Участь мікроорганізмів у кругообігу речовин у природі	195
10.2. Екологія мікроорганізмів (основні поняття)	197
10.2.1. Мікрофлора ґрунту	198
10.2.2. Мікрофлора води	201
10.2.3. Мікрофлора атмосфери	203
10.2.4. Мікрофлора тіла людини	204
10.3. Типи взаємовідносин між організмами в природі	205
10.3.1. Симбіотичні взаємовідносини	205
10.3.2. Антагоністичні взаємовідносини	207
<i>Питання для самоконтролю</i>	208
11. ІНФЕКЦІЯ ТА ІМУНІТЕТ (Решетняк Л. Р.)	209
11.1. Вчення про інфекцію	210
11.1.1. Патогенні мікроорганізми	210
11.1.2. Виникнення інфекційних захворювань	212
11.1.3. Вплив зовнішнього середовища на виникнення і розвиток інфекційного процесу	214
11.1.4. Форми прояву інфекції	215
11.1.5. Основні періоди інфекційного процесу	217

11.1.6. Основні риси інфекційних хвороб	218
11.2. Вчення про імунітет	219
11.2.1. Види імунітету	220
11.2.2. Клітинні механізми природного захисту	221
11.2.3. Антигени та їх властивості	223
11.2.4. Антитіла (імуноглобуліни) та їх характеристика.....	225
<i>Питання для самоконтролю</i>	226
12. ХАРЧОВІ І ГЕЛЬМІНТОЗНІ	
ЗАХВОРЮВАННЯ (<i>Решетняк Л. Р.</i>)	227
12.1. Харчові захворювання	228
12.1.1. Харчові інфекції.....	228
12.1.2. Харчові отруєння	232
12.1.3. Гельмінтозні захворювання	237
<i>Питання для самоконтролю</i>	237
13. МІКРОБІОЛОГІЯ ХЛІБОПЕКАРНОГО	
ВИРОБНИЦТВА (<i>Грегірчак Н. М.</i>)	238
13.1. Мікрофлора основної сировини	
хлібопекарського виробництва – зерна і борошна	239
13.1.1. Мікрофлора зерна	239
13.1.2. Мікрофлора борошна	241
13.2. Мікрофлора заквасок і тіста.....	242
13.2.1. Загальна характеристика хлібопекарських	
дріжджів	244
13.2.2. Молочнокислі бактерії, їх характеристика.....	247
13.3. Дріжджі хлібопекарські	251
13.3.1. Види хлібопекарських дріжджів	251
13.3.2. Показники якості і методи оцінки властивостей	
хлібопекарських дріжджів	254
13.3.3. Активація хлібопекарських дріжджів.....	255
13.4. Мікрофлора напівфабрикатів хлібопекарного	
виробництва	257
13.4.1. Накопичення чистих культур для одержання	
заквасок і рідких дріжджів	257
13.4.2. Рідкі дріжджі.....	258

13.4.3. Закваски для хлібобулочних виробів із пшеничного борошна	262
13.4.4. Закваска для хліба із житнього та суміші житнього і пшеничного борошна	268
Способи приготування житніх заквасок.....	269
Процеси, що протікають при бродінні житніх напівфабрикатів	272
13.5. Мікроорганізми – шкідники хлібопекарногоського виробництва.....	274
<i>Питання для самоконтролю</i>	277
14. МІКРОБІОЛОГІЯ КОНДИТЕРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА (Грегірчак Н. М.).....	279
14.1. Мікрофлора сировини кондитерського виробництва	280
14.2. Мікробне псування кондитерських виробів і способи його запобігання	284
<i>Питання для самоконтролю</i>	286
15. МІКРОБІОЛОГІЯ МАКАРОННОГО ВИРОБНИЦТВА (Грегірчак Н. М.).....	287
<i>Питання для самоконтролю</i>	290
16. МІКРОБІОЛОГІЯ СПИРТОВОГО ВИРОБНИЦТВА (Решетняк Л. Р.).....	291
16.1. Мікрофлора сировини і напівпродуктів	292
16.1.1. Мікрофлора картоплі.....	292
16.1.2. Мікрофлора зерна	296
16.1.3. Мікрофлора меляси	298
16.1.4. Мікрофлора солоду і солодового молока	301
16.1.5 Мікрофлора сусла	301
16.1.6 Мікрофлора бражки.....	302
16.2. Спиртові дріжджі	303
16.2.1. Характеристика основних рас спиртових дріжджів	303
16.2.2. Розведення чистої культури дріжджів	309
16.2.3. Способи зберігання чистих культур дріжджів.....	310
16.2.4. Виробничі дріжджі	311
<i>Питання для самоконтролю</i>	317

17. МІКРОБІОЛОГІЯ ПИВОВАРІННЯ (<i>Решетняк Л. Р.</i>).....	318
17.1. Мікроорганізми пивоварного виробництва.....	319
17.1.1. Морфологічні і фізіологічні властивості пивних дріжджів.....	319
17.1.2. Умови життєдіяльності дріжджів.....	323
17.1.3. Дріжджі в період головного бродіння і доброджування.....	324
17.1.4. Характеристика рас пивних дріжджів.....	327
17.1.5. Розмноження чистих культур дріжджів.....	330
17.1.6. Виробничі засівні дріжджі.....	331
17.2. Мікроорганізми – шкідники виробництва пива.....	333
17.3. Мікрофлора солодових екстрактів.....	340
<i>Питання для самоконтролю</i>	341

18. МІКРОБІОЛОГІЯ КВАСУ ТА БЕЗАЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ (<i>Решетняк Л. Р.</i>).....	342
18.1. Мікроорганізми, що зустрічаються у виробництві квасу	343
18.1.1. Мікроорганізми, які використовуються для зброджування квасного сусла.....	343
18.1.2. Мікроорганізми – шкідники квасу.....	348
18.2. Мікробіологія безалкогольних напоїв.....	350
18.2.1. Джерела інфекції у виробництві напоїв.....	350
18.2.2. Основні збудники псування безалкогольних напоїв.....	353
18.2.3. Фактори, що впливають на біологічну стійкість напоїв.....	355
<i>Питання для самоконтролю</i>	356

19. МІКРОБІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ М'ЯСА І М'ЯСОПРОДУКТІВ (<i>Поводзинський В. М.</i>).....	358
19.1. Інфекційні хвороби, що передаються людині через м'ясо і м'ясопродукти при виробництві м'ясних виробів.....	360
19.1.1. Інвазійні хвороби.....	361
19.1.2. Зооантропонози.....	365

<i>Питання для самоконтролю</i>	382
19.2. Харчові отруєння, які виникають внаслідок вживання інфікованих м'ясопродуктів.....	383
19.2.1. Токсикоінфекції.....	383
19.2.2. Токсикози.....	394
<i>Питання для самоконтролю</i>	403
19.3. Забруднення м'яса тварин мікроорганізмами	403
19.3.1. Основні групи мікроорганізмів, що впливають на якість м'яса і м'ясопродуктів	405
<i>Питання для самоконтролю</i>	422
19.4. Мікробіологія ковбасних виробів	423
19.4.1. Контамінація ковбасного фаршу мікроорганізмами	423
19.4.2. Зміна мікрофлори фаршу під час виробництва варених і напівкопчених ковбасних виробів.....	426
19.4.3. Зміна мікрофлори фаршу під час виробництва копчених ковбас	429
19.4.4. Вплив залишкової мікрофлори на якість ковбасних виробів під час їх зберігання.....	432
19.4.5. Санітарно-гігієнічні вимоги під час виробництва ковбасних виробів.....	434
<i>Питання для самоконтролю</i>	436
19.5. Мікробіологія м'ясних консервів.....	436
19.5.1. Джерела мікрофлори продуктів при консервуванні... ..	437
19.5.2. Вплив залишкової мікрофлори на якість консервів	443
<i>Питання для самоконтролю</i>	447
19.6. Мікробіологія шкіри і кишок забійних тварин	448
19.6.1. Мікрофлора шкіряної і хутрової сировини	448
19.6.2. Мікрофлора кишкових продуктів.....	452
<i>Питання для самоконтролю</i>	455

ВСТУП

Серед багатьох біологічних наук мікробіологія є найбільш диверсифікованою, поєднуючи цілий комплекс наукових знань, що включає фізику, хімію та інженерію.

У відповідності з ДСТУ 2636–94 “Загальна мікробіологія”, мікробіологія визначається як комплекс біологічних наук, які вивчають морфологію, цитологію, фізіологію, цитохімію, біохімію, генетику і екологію мікроорганізмів. Мікробіологія вивчає роль і значення мікроорганізмів у житті людини, тварин і рослин, а також перетворення речовин у природі, інфекцію та імунітет, збудників інфекційних хвороб, а також мікробіологічні процеси в кормах, продуктах тваринного походження тощо.

Назва науки була запропонована Е. Дюкло і складається з трьох грецьких слів: *micros* – малий, *bios* – життя і *logos* – наука.

Таким чином, мікробіологія є наукою про життя мікроскопічних істот – мікроорганізмів. До них належать бактерії, гриби, віруси та інші організми мікроскопічних та субмікроскопічних розмірів. Більшість мікроорганізмів має розмір від десятих до сотень тисячних часток міліметра.

Всі ці істоти можна розглянути тільки озброєним оком за допомогою світлового або електронного мікроскопів. Мікроорганізми бувають корисні і шкідливі. Одні з них розкладають залишки рослин, тварин і тим самим очищають землю; інші, після проникнення в живий організм, спричиняють хвороби людей, тварин і рослин.

Світ мікроорганізмів вельми різноманітний. До них відносяться одноклітинні бактерії, мікроскопічні водорості, актиноміцети і гриби, найпростіші тваринні організми і ультрамікроскопічні істоти – віруси.

Специфічною особливістю мікроорганізмів є їх розповсюдженість: вони мешкають у ґрунті, воді, повітрі, в кормах рослинного і тваринного походження, на шкірних покривах, слизових оболонках, у шлунково-кишковому тракті і органах дихання людини і тварин. Вони беруть участь у процесах перетворення різних речовин у природі, в утворенні родючого шару ґрунту. Їх використовують при виробництві харчових продуктів і промислових товарів. Деякі види бактерій, дріжджів і мікроскопічних грибів застосовують для виробництва спирту, оцтової,

молочної, лимонної кислот та інших органічних сполук. Молочнокислі і пропіоновокислі бактерії знайшли своє використання у процесах виробництва вершкового масла, сирів, кисломолочних продуктів, а дріжджі – хліба, спирту, квасу, виноградних вин, пива. Продукти життєдіяльності певних мікроорганізмів додають смакових якостей шинці, сирокоченим і сиров'яленим ковбасам.

Мікроорганізми використовують для виробництва антибіотиків, ферментів, амінокислот, вітамінів, стимуляторів росту і гормонів, а також для вилучення хімічних елементів з природних матеріалів.

Однак не всі мікроорганізми приносять користь. Є мікроорганізми, які спричиняють у людей і тварин інфекційні (заразні) хвороби, харчові і кормові отруєння, а також зумовлюють псування харчових продуктів, сировини і кормів.

Нині з урахуванням наукових і практичних задач мікробіологія диференціювалась на ряд самостійних дисциплін: загальну, технічну (промислову), медичну, ветеринарну, сільськогосподарську, водну (морську), космічну та ін.

Загальна мікробіологія вивчає морфологію, фізіологію, генетику та інші властивості мікроорганізмів, їх роль у перетворенні речовин у природі, а також систематику, форму і будову (морфологію), життєдіяльність (фізіологію), умови мешкання (екологію) мікроорганізмів, їх роль в кругообігу речовин у природі, можливості і способи використання фізіологічних властивостей мікроорганізмів у різних сферах діяльності людини. Вивчити і зрозуміти особливості будови і життєдіяльності мікроорганізмів можливо тільки після освоєння ряду дисциплін. Тому мікробіологія тісно пов'язана із загальною і молекулярною біологією, органічною, фізичною і колоїдною хімією, біохімією, фізикою і біофізикою, зоологією і ботанікою, технологією харчових виробництв та ін.

Технічна мікробіологія досліджує обширне коло питань щодо використання біохімічної активності мікроорганізмів у різних галузях промисловості і пропонує науково обґрунтовані заходи запобігання ушкодженню сировини і готових продуктів від шкідливих для них процесів життєдіяльності мікробів.

Одним із напрямків технічної мікробіології є мікробіологія виробництв харчових продуктів: мікробіологія бродильних виробництв,

мікробіологія молока і молочних продуктів, м'яса і м'ясних продуктів та ін. Для забезпечення якості продуктів харчування та випуску високоякісної продукції набуває вирішального значення вивчення життєдіяльності мікроорганізмів та забезпечення відповідного рівня мікробіологічного і санітарно-гігієнічного контролю на харчових підприємствах. Знання біології мікроорганізмів, особливостей їх існування і фізіології дозволяє розробляти заходи щодо попередження інфекційних хвороб, псування сировини, харчових продуктів і кормів. Тому на харчових підприємствах для своєчасного виявлення і усунення порушень санітарного і технологічного режимів необхідно здійснювати постійний мікробіологічний контроль стану виробництва.

Медична мікробіологія вивчає патогенні і умовно-патогенні мікроорганізми, їх роль у розвитку інфекційної патології; розробляє методи лабораторної діагностики, специфічної профілактики і терапії інфекційних хвороб. Межі сучасної медичної мікробіології значно розширилися, з неї виділилися і набули самостійності: вірусологія, мікологія, імунологія і санітарна мікробіологія.

Ветеринарна мікробіологія тісно пов'язана з медичною, оскільки багато збудників інфекційних хвороб (зооантропонозів) є загальними для людини і тварин. У них однаковий підхід до питань профілактики і терапії хвороб. Методи діагностики, що використовуються в медицині, знайшли застосування у ветеринарній практиці.

Навчальний посібник складається з двох частин. У першій частині (розділи 1–12) висвітлені основні питання сучасної загальної мікробіології: короткий історичний нарис про відкриття мікроорганізмів і становлення мікробіології як науки; загальні властивості мікроорганізмів та їх положення у світі живих істот, морфологія, систематика прокариотів та еукаріотів, сучасні напрямки в систематиці, характеристика вірусів, фізіологія мікроорганізмів (типи живлення, особливості енергетичного та конструктивного метаболізму аеробних та анаеробних мікроорганізмів тощо), основи генетики, екологія мікроорганізмів, поняття інфекції та імунітету.

Друга частина навчального посібника присвячена мікробіології харчових продуктів. Особливістю представленого матеріалу є те, що

мікроорганізми розглядаються у багатогранності своїх проявів. До процесів промислової мікробіології, в яких використовуються мікроорганізми, відносяться спиртове та хлібопекарське виробництво, виноробство, пивоваріння, отримання квасу тощо. У даних розділах дана характеристика мікроорганізмів-продуцентів, у результаті життєдіяльності яких отримують хліб, пиво, вино, квас, спирт, а також показані способи їх зберігання.

Контамінуюча мікрофлора у харчових виробництвах спричиняє псування сировини, напівпродуктів та готової продукції. Вона зумовлює зниження виходу продуктів та погіршення їх якості. Тому до кола питань мікробіології харчових виробництв відносяться способи та прийоми захисту продуктів від контамінантів.

У розділах 13–19 визначені джерела інфекції та основні контамінуючі мікроорганізми сировини, допоміжних матеріалів, напівпродуктів та готової продукції, “хвороби” харчових продуктів, які спричинились окремими контамінантами, а також роль контамінуючої мікрофлори у виробництві продуктів тваринного походження.

Наведені у навчальному посібнику матеріали є базовими для подальшого вивчення біотехнологічних виробництв – технології виробництва хлібопекарських продуктів, спирту, пива, квасу, безалкогольних напоїв та переробки м'ясопродуктів.

Кожен розділ закінчується контрольними запитаннями для самоперевірки знань.

1.

МІКРОБІОЛОГІЯ ТА ЇЇ РОЗВИТОК

НАУКОВИЙ ЦЕНТРАЛЬНИЙ БІОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ НАН України

Інв. № 924277

1. МІКРОБІОЛОГІЯ ТА ЇЇ РОЗВИТОК

Мікробіологія – наука про мікроорганізми. Їх представниками є деякі найпростіші, одноклітинні водорості, мікроскопічні гриби, бактерії та віруси. Загальною ознакою мікроорганізмів є їх малий розмір – близько 0,001–0,1 мм. Більшість мікроорганізмів невидимі неозброєним оком, оскільки мають розміри кілька мікро- чи навіть нанометрів. Для дослідження мікроорганізмів використовують мікроскопи. Оптичні мікроскопи дають збільшення у 3000 разів, а електронні – в десятки і навіть сотні тисяч разів.

Мікроорганізми дуже поширені в природі. Вони є у ґрунті, воді, повітрі, на поверхні рослин і тварин, у кишечнику людей і тварин, на всіх предметах навколишнього середовища. Мікроорганізми складають значну частину живої речовини планети. Так, у 1 мл забрудненої води міститься кілька сотень мільйонів мікробів, у 1 г окультуреного ґрунту – кілька мільярдів. Проте впродовж багатьох століть людство нічого не знало про мікроорганізми.

1.1. Морфологічний період розвитку мікробіології

Мікроорганізми забезпечували отримання харчових продуктів і напоїв упродовж більш ніж восьми тисяч років до того, як про їх існування стало відомо. Так, на одному з барельєфів єгипетської гробниці V династії, яка датується 2400 роком до н.е., зображені сцени виготовлення хліба та пива.

Світ мікробів відкрив у XVII ст. (1676 р.) голландський природознавець Антоній ван Левенгук (1632–1723), якого по праву можна назвати піонером мікроскопії. Досліджуючи за допомогою простих лінз воду, зубний наліт, різноманітні гнильні залишки, він виявив крихітні рухливі організми, які за своїми розмірами були в тисячу разів менші за піщинки.

А. Левенгук виявив і описав представників усіх груп мікроорганізмів – найпростіші, мікроскопічні водорості, дріжджі, всі основні

морфологічні форми бактерій – кокові, паличкоподібні, вигнуті та ін. Результати цих досліджень були опубліковані в роботах Лондонського королівського товариства та в монографії “Таємниці природи, відкриті Антонієм ван Левенгуком” (1695 р.).

У наступні 150 років було відкрито та описано морфологію сотень нових мікроорганізмів, але їх роль у біології залишалась невідомою. Та дослідники чомусь навіть не ставили перед собою такого завдання. Ніхто з них не міг собі уявити, що такі надзвичайно малі організми можуть мати якесь значення. Тому перший період у розвитку мікробіології називають *описовим*, або *морфологічним*.

Упродовж багатьох століть вчені всього світу намагалися вирішити три найважливіші проблеми: *походження життя* (самозародження організмів), *природа процесів бродіння і гниття* та *причини інфекційних захворювань*. Систематичні пошуки в цих напрямках сприяли розвитку мікробіології.

1.2. Еколого-фізіологічний період розвитку мікробіології. Відкриття Луї Пастера

Цей етап розвитку мікробіології починається з другої половини XIX ст. науковими відкриттями французького вченого Луї Пастера (1822–1895). Саме з його іменем пов’язане створення мікробіології як науки. Основні відкриття Л. Пастера такі.

Участь мікроорганізмів у хімічному перетворенні речовин. Л. Пастер довів, що суміш солей виннокислого натрію та амонію утворює два типи кристалів, які є ізомерами. Розчини кристалів одного типу обертають площину поляризованого променя світла тільки в правий, а другого – в лівий бік. Цими дослідженнями Л. Пастер виявив, що плісневий гриб, який росте в розчині винної кислоти, здатний метаболізувати тільки правообертальні кристали. Отже, вперше було зроблено висновок про те, що мікроорганізми можуть здійснювати хімічні перетворення органічних речовин і що існує досить вузька спеціалізація мікроорганізмів щодо харчових сполук.

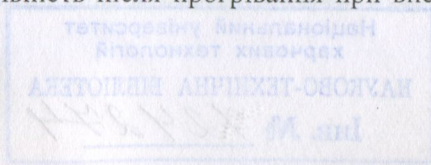
Бродіння. У першій половині XIX ст. французький ботанік Ш. Каньяр де Латур при дослідженні осаду, що утворився в результаті спиртового бродіння, виявив у ньому живі мікроорганізми. Німецькі природознавці Т. Шванн та Ф. Кютцінг, досліджуючи незалежно один від одного плівку, що утворюється у процесі оцтовокислого бродіння, та осад, що утворюється у процесі спиртового бродіння, також виявили мікроорганізми. Вчені зробили висновок про те, що процеси оцтовокислого та спиртового бродіння є функцією мікробів. Проте цей висновок не знайшов відповідного визнання, оскільки в той час популярною була теорія фізико-хімічної природи бродіння, яку поділяли такі видатні хіміки, як Ю. Лібих та І. Берцеліус.

Л. Пастер у 1856 р. розпочав вивчення процесів бродіння, які досліджував упродовж 20 років. Він встановив, що типи бродіння, у процесі яких утворюються різні продукти, спричиняються певними видами мікроорганізмів. Так, збудниками спиртового бродіння (перетворення цукру на спирт) є дріжджі, збудниками молочнокислого бродіння (перетворення цукру на молочну кислоту) – паличкоподібні бактерії.

Анаеробіоз. У 1857 р. Л. Пастер виявив, що повітря пригнічує розвиток збудників маслянокислого бродіння. Так, у присутності повітря вони ставали нерухомими, а при продуванні повітря через бродильну масу маслянокисле бродіння припинялося. Так уперше було зроблено висновок про існування мікроорганізмів, які можуть жити тільки в безкисневих умовах. Л. Пастер уперше ввів терміни *“а е р о б н и й”* та *“анаеробний”* для визначення мікроорганізмів, які існують за присутності або відсутності кисню. Л. Пастер першим прийшов до висновку, що дріжджі є *факультативними анаеробами*, тобто здатні існувати як у кисневих, так і у безкисневих умовах.

Проблема самозародження життя. Стародавні вчені вважали, що дрібні тварини зароджуються з неживої матерії. Ідея такого спонтанного виникнення життя була популярною і в середні віки. У середині XVIII ст. італійський вчений Лазаро Спалланцані прийшов до висновку, що проростання органічних розчинів зумовлене потраплянням у них мікроорганізмів з повітря.

Л. Пастер показав постійну присутність мікроорганізмів у повітрі та його стерильність після прогрівання при високій температурі.



Простими дослідями він довів, що самозародження в простерилізованих органічних екстрактах не відбувається ні в безкисневих умовах, ні в присутності кисню.

Англійський вчений Д. Тиндаль встановив, що після прогрівання настій сіна, на відміну від настоїв овочів і м'яса, проростає. Так було зроблено висновок про те, що у висушеному сіні бактерії містяться в двох формах – *термолабільній* (гинуть при кип'ятінні) і *термостабільній* (витримують кип'ятіння).

Німецький ботанік Ф. Кон показав, що у сіні міститься сінна паличка, яка утворює спори, здатні витримувати кип'ятіння впродовж кількох годин. Так було відкрито спороутворення у бактерій. Виходячи з цього, Д.Тиндаль розробив метод стерилізації шляхом повторного нагрівання через проміжки часу, достатні для перетворення спор у термолабільну вегетативну форму бактерій. Цей метод отримав назву *тиндалізації*.

Мікроби – збудники захворювань (1865–1868 рр.). При дослідженні причин псування вина і пива у процесі їх виробництва та зберігання Л. Пастер встановив, що скисання та згіркання цих напоїв спричиняються сторонніми видами мікроорганізмів, які розвиваються у процесі бродіння чи в готових продуктах. Л. Пастер назвав таке псування “хворобами” вина та пива і запропонував методи попередження цих захворювань (прогрівання готового продукту). Пізніше Л. Пастер встановив, що причиною пологової пропасниці є стрептокок, відкрив збудників остеомиєліту, гнійних абсцесів, курячої холери. Він зробив висновок про те, що кожна інфекційна хвороба спричиняється специфічним мікроорганізмом.

На основі досліджень Л. Пастера англійський лікар Дж. Лістер дійшов до висновку, що нагноювання ран після операцій зумовлене потраплянням мікробів у рану з повітря під час операції. Саме Дж. Лістер запропонував обробку хірургічних інструментів карболовою кислотою, а також розбризкування карболки в повітрі операційних кімнат. Цей метод отримав назву *антисептика*, яка пізніше була замінена терміном *асептика*, тобто знезараження усіх предметів, які стикаються з ранною.

Атенуація мікробів. У дослідях Л. Пастера з вивчення курячої холери для зараження курчат було використано стару культуру збудника

цього захворювання. Виявилось, що всі курчата в цій серії дослідів вижили (раніше їх гинула половина). Причому в результаті повторного зараження свіжою культурою всі ці самі курчата залишалися живими. Пастер зробив висновок про те, що у старій культурі хвороботворні властивості мікроорганізмів знижуються, але при цьому зберігається здатність підвищувати стійкість (резистентність) організму до збудника. На основі цих спостережень Пастер запропонував ідею *атенуації* (послаблення вірулентності*) патогенних** мікроорганізмів з метою використання їх для профілактики інфекційних захворювань. Такі препарати Л. Пастер назвав *вакцинами*. Він виготовив вакцини проти курячої холери, сибірки великої рогатої худоби. Розробивши принципи виготовлення вакцин і методи проведення профілактичних щеплень, Л. Пастер заклав основи науки *імунології*.

1.3. Відкриття Роберта Коха. Розробка методів досліджень

Становлення мікробіології як науки значною мірою пов'язане з ім'ям німецького вченого Роберта Коха (1843–1910). Застосувавши перші експериментальні дослідження на мишах, він відкрив збудника сибірки – паличку, яка утворює спори. Р. Кох довів, що захворювання може спричинятись як вегетативними клітинами, так і спорами. У 1882 р. Р. Кох відкрив збудника туберкульозу – паличку Коха. З культури туберкульозної палички, яка була вирощена на рідкому поживному середовищі, Р. Кох одержав препарат *туберкулін*, який використовується для діагностики туберкульозу і в наш час. За ці дослідження Р. Кох отримав Нобелівську премію (1905 р.). В експедиції до Єгипту та Індії для боротьби з холерою Р. Кох відкрив холерний вібріон.

У часи Коха ще не були розроблені лабораторні методи роботи з культурами мікроорганізмів. Для отримання чистих культур використовували метод розведень, запропонований Кохом. Рідину, що містить

* *Вірулентність* – кількісна характеристика ступеня патогенності мікроорганізму.

** *Патогенний* – організм, здатний спричиняти захворювання; *патогенність* – потенційна здатність мікроорганізмів спричиняти інфекційний процес.

суміш мікроорганізмів, багаторазово розбавляли стерильною водою з метою отримання в якомусь розведенні однієї мікробної клітини. Проте цей трудомісткий метод не міг забезпечити отримання чистої культури.

У лабораторіях Коха вперше були розроблені способи виготовлення щільних поживних середовищ за допомогою желатини. На такому щільному середовищі мікроорганізми ростуть у вигляді окремих колоній, а кожна колонія складається з клітин одного виду, тобто являє собою *чисту культуру*. Пізніше у лабораторії Р. Коха для виготовлення щільних середовищ замість желатини стали використовувати *агар* – поліцукрид, який виділяють із червоних морських водоростей. Його речовини плавляться при температурі 100 °С, а при 44 °С перетворюються на твердий прозорий гель. У лабораторії Р. Коха були розроблені також способи фарбування мікроорганізмів аніліновими барвниками, сконструйовано освітлювач для мікроскопа, застосована імерсійна система і розроблено спосіб мікрофотографування бактерій.

1.4. Внесок у розвиток мікробіології вітчизняних вчених

Фагоцитарна теорія імунітету. Нові напрями у розвитку мікробіології були відкриті видатним біологом І. І. Мечниковим (1845–1916). Упродовж багатьох років він працював над вивченням проблеми запалення і несприйнятливості організму до збудників інфекційних захворювань. Мечников виявив, що реакція запалення в організмі має захисний характер. Дослідами на личинках морської зірки він довів, що клітинам сполучної тканини – лейкоцитам та макрофагам – притаманний фагоцитоз. Ці клітини здатні поглинати і руйнувати мікробні субстанції, які проникають в організм. Так була створена теорія імунітету, що отримала назву фагоцитарної теорії імунітету.

Іншою великою заслугою І. І. Мечникова є встановлення антагонізму між молочнокислими та гнильними мікроорганізмами. Саме Мечников уперше висунув концепцію оздоровлення людини та попередження старіння організму включенням у харчовий раціон кисломолочних продуктів.

Хемосинтез. Накопичувальні культури. Видатний учений С. М. Виноградський (1856–1953), вивчаючи сіркобактерії, нітрифікуючі та залізобактерії, відкрив нове біологічне явище – *хемосинтез*. Він виділив бактерії з новим типом живлення, які були здатні використовувати як єдине джерело вуглецю вуглекислоту повітря, а як джерело енергії – процеси окиснення відновлених неорганічних сполук сірки (H_2S), азоту (NH_3), заліза і молекулярного водню. Ці бактерії отримали назву *хемолітоавтотрофів*. Дослідженнями Виноградського було встановлено, що мікроорганізми беруть участь у кругообігу речовин у природі, тобто здатні здійснювати геохімічну діяльність.

Виноградський розробив *мікроекологічний метод виділення культур*, що базується на створенні для певних груп бактерій специфічних умов, сприятливих для їх розвитку. Цей метод називається також *методом накопичувальних культур*, оскільки він дає можливість накопичувати мікроорганізми, здатні рости в даних умовах швидше за інші види, що присутні у вихідному матеріалі. Суть цього методу полягає в тому, що для виділення конкретного виду мікроорганізмів використовується середовище, на якому може вирости тільки мікроорганізм із заданими властивостями. Наприклад, для виділення бактерій, здатних засвоювати азот повітря, створюється середовище, що містить всі необхідні елементи, за винятком азоту.

Відкриття вірусів. В Інституті Пастера були розроблені бактеріальні фільтри, здатні затримувати бактеріальні клітини. Це дало змогу отримувати фільтрати мікробних культур, звільнені від бактерій. Д. Й. Івановський (1864–1920) встановив, що фільтрати екстрактів рослин тютюну, уражених мозаїчною хворобою, зберігали інфекційність. Це вказувало на те, що хвороба спричиняється субмікроскопічними формами мікробів, здатних проходити через бактеріальні фільтри. Так були відкриті *віруси*. За матеріалами цих досліджень Д. Й. Івановський захистив у Київському університеті докторську дисертацію.

Широкий розвиток мікробіології. В. Л. Омелянський (1867–1928) був автором першого вітчизняного підручника з мікробіології. Він уперше виділив бактерії, здатні розкладати целюлозу. Відомі ро-

боти Омелянського з дослідження ролі мікроорганізмів у кругообігу азоту в природі, вивітрянні гірських порід, які стали основою створення геологічної мікробіології.

Г. А. Надсон (1867–1940) уперше застосував променисту енергію для отримання мутантних форм мікроорганізмів, заклавши таким чином основи радіаційної мікробіології.

Основоположником епідеміології є Д. К. Заболотний (1866–1929). Він створив вчення про природний осередок чуми, виявив роль диких гризунів як зберігачів чумної палички в природі. Заболотний вивчав біологію холерного вібріона, шляхи поширення холери з епідеміологічних осередків інфекції та її потрапляння в Росію. Він брав участь у боротьбі з епідеміями холери та чуми в Україні, на Поволжі, Кавказі, в Петербурзі, Шотландії, на Близькому Сході. У 1929 р. Заболотний заснував в Україні Інститут мікробіології, який нині носить його ім'я.

М. Ф. Гамалія (1859–1949) одним із перших спостерігав та описав явище бактеріофагії. Він вивчав збудників багатьох інфекційних хвороб (сказу, туберкульозу, холери та ін.), розробив теорії інфекції та імунітету, вперше застосував так звані хімічні вакцини.

Інститути мікробіології були створені в кінці XIX ст. в Москві, Харкові, Одесі.

1.5. Розвиток мікробіології у XX ст.

Завдяки появі нових методів досліджень перша половина XX ст. була ознаменована відкриттями надзвичайно різноманітних форм, структури і типів метаболізму мікроорганізмів.

У 30-ті роки голландський вчений А. Я. Клюйвер і представники його школи в результаті досліджень далеких у фізіологічному відношенні груп мікроорганізмів вияснили, що різноманітність типів їх життєдіяльності поєднується з одноманітністю біохімічних процесів, інакше кажучи, з біохімічною єдністю живого. Принцип біохімічної єдності живого проявляється в єдності структури основних сполук – білків, жирів, вуглеводів, нуклеїнових кислот, в єдності енергетичних та конструктивних процесів у мікроорганізмів, рослин і тварин.

Видатним досягненням стало відкриття антибіотиків, які синтезуються мікроскопічними грибами, актиноміцетами та бактеріями. У 1928–1929 рр. англійський вчений А. Флемінг відкрив пеніцилін, у 1940 р. американці А. Шатц та С. Ваксман відкрили стрептоміцин. На початку 40-х років було розроблено технологію очищення пеніциліну та створено його промислове виробництво.

У 40-ві роки розпочато генетичні дослідження на бактеріях. Американський вчений О. Ейвері зі співавторами (1944 р.) довели, що носієм генетичної інформації є дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК). У 1953 р. англійський біохімік Ф. Сенгер встановив повну структуру білка інсуліну, американські біохіміки Д. Уотсон та Ф. Крік розшифрували структуру ДНК. У 1963 р. американський біохімік М. У. Ніренберг розшифрував генетичний код, який виявився універсальним як для бактерій, так і для вищих організмів. Кінець 60-х років ознаменований визначенням амінокислотної послідовності білків, 70-ті роки – визначенням нуклеотидної послідовності нуклеїнових кислот, 80-ті роки – розробкою методу полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР) і бурхливим розвитком нових методів досліджень на основі ПЛР. Аналіз 16S рРНК у бактерій і 18S рРНК у мікроскопічних грибів і дріжджів здійснив переворот у систематиці цих організмів. У кінці ХХ ст. створюються філогенетичні класифікації бактерій, грибів і дріжджів.

У 70-ті роки було відкрито *архебактерії* (метаноутворюючі, галофільні, ряд термофільних бактерій), які за своїми ознаками відрізняються від інших бактерій.

Особливим досягненням стало створення та бурхливий розвиток нової галузі – *біотехнології*, тобто промисловості, що ґрунтується переважно на використанні біологічної діяльності мікроорганізмів. Сама мікробіологія як наука розділилась на ряд напрямів: загальна, медична, сільськогосподарська, водна, геологічна, космічна та технічна (промислова).

1.6. Класифікація живих організмів

Відмінності у зовнішньому вигляді та будові тварин і рослин, які до минулого століття були основою класифікації живих істот, помітні

з першого погляду. Царства рослин і тварин могли бути розмежовані досить чітко до тих пір, поки мало що було відомо про мікроорганізми. Для третього царства живих істот – *мікроорганізмів* – було запропоновано назву *протисти* (Е. Геккель, 1866 р.).

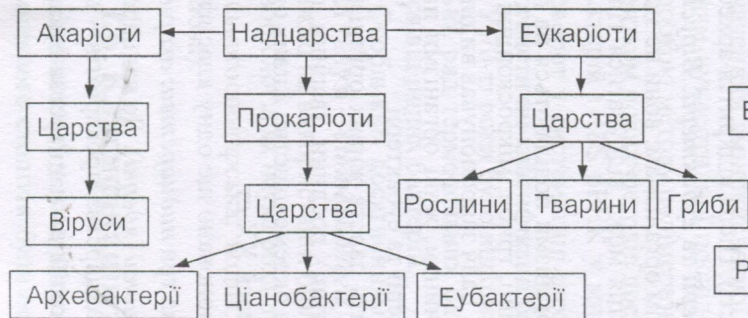
Існує декілька класифікацій живих організмів (див. рис.). Найпоширенішою серед мікробіологів є класифікація, наведена у підручнику Г. Шлегеля [17]. За цією класифікацією, існує три царства живих організмів: рослини, тварини та протисти. *Царство протистів* охоплює організми, які відрізняються від рослин і тварин низькою морфологічною диференціацією. Це, головним чином, одноклітинні форми. За будовою клітини протисти можуть бути поділені на дві різні групи: *вищі протисти*, або *еукаріоти*, клітини яких подібні до клітин рослин і тварин. До них належать водорості, гриби та найпростіші. До групи *нижчих протистів*, або *прокаріотів*, належать бактерії, в тому числі і ціанобактерії (синьозелені водорості). Після відкриття архебактерій прокаріоти поділяють на *архебактерії* та *еубактерії*. *Віруси* як неклітинні форми можна протиставити всім організмам: вони не здатні розмножуватися самостійно, їх репродукція може відбуватися тільки всередині живих клітин.

За Е. Шаттоном (1937 р.), всі живі організми поділяються на прокаріоти (бактерії) та еукаріоти (найпростіші, гриби, мікроскопічні водорості, рослини та тварини). У 1979 р. В. Балч запропонував виділити архебактерії в окреме царство, і, таким чином, живі організми належать до трьох царств: еукаріоти, архебактерії та еубактерії.

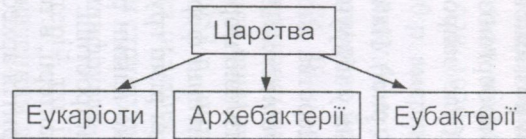
За Р. Уїттейкером (1969 р.), існує п'ять царств живих організмів: прокаріоти (бактерії), протисти (найпростіші), рослини, тварини, гриби. Мікологи вважають виділення грибів в окреме царство живих організмів найважливішим досягненням мікології ХХ ст.

У кінці 90-х років ХХ ст. було запропоновано ще одну класифікацію, за якою живі організми поділяються на три *надцарства*: *акаріоти* (без'ядерні); *прокаріоти* (доядерні); *еукаріоти* (ядерні). До надцарства акаріотів належить царство вірусів, до надцарства прокаріотів – царства архебактерій, ціанобактерій та еубактерій, до надцарства еукаріотів – царства рослин, тварин та грибів.

Класифікація 90-х років XX ст.



В. Балч (1979)



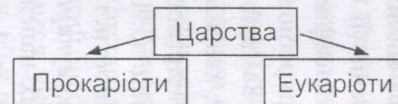
Р. Уїттейкер (1969)



Г. Шлегель (1987)



Е. Шаттон (1937)



Класифікація живих організмів

1.7. Прокаріоти та еукаріоти

Елементарною фізичною одиницею живого є клітина – найменша життєздатна одиниця. За своїм хімічним складом усі живі істоти схожі. Основними компонентами будь-якої клітини є нуклеїнові кислоти – дезоксирибонуклеїнова (ДНК) та рибонуклеїнові (РНК), білки, ліпіди та вуглеводи. Проте вивчення будови деяких типів клітин дало змогу виявити помітні відмінності між ними. Ці відмінності настільки принципові, що клітини було поділено на дві групи – *прокаріоти* та *еукаріоти*. Причому прокаріоти розглядаються як реліктові форми, що збереглися з найдавніших часів біологічної еволюції, а поява еукаріотичних форм, що виникли із прокаріотів, – як дуже великий крок в історії життя.

Еукаріоти мають істинне ядро, у якому міститься переважна частина геному еукаріотичної клітини. Геном представлений набором хромосом, які в ході процесу, що називається мітозом, подвоюються і розподіляються між дочірніми клітинами. В еукаріотичній клітині є інші органели, які містять ДНК – мітохондрії і хлоропласти (у рослин), але в них міститься незначна частина клітинного геному, яка представлена кільцевими молекулами ДНК. Рибосоми в еукаріотичній клітині більші, ніж у прокаріотів (80S та 70S відповідно). АТФ-синтаза та дихальний ланцюг містяться в мітохондріях.

Прокаріоти не мають ядра, відділеного ядерною оболонкою. ДНК у вигляді замкненої кільцевої молекули вільно розміщена у цитоплазмі. Ця бактеріальна хромосома містить всю необхідну для розмноження клітини інформацію. Крім того, в прокаріотичній клітині можуть міститися невеликі позахромосомні кільцеві молекули ДНК – плазміди, але без них клітина може обійтися. Прокаріотична клітина не містить органел. Рибосоми менші – 70S. АТФ-синтаза та дихальний ланцюг розміщені в цитоплазматичній мембрані.

Щодо морфології прокаріоти відносно мало диференційовані: це сферичні форми, прямі чи вигнуті палички. Але з такою зовнішньою одноманітністю різко контрастує надзвичайна різноманітність і пластичність метаболічних процесів. У той час як рослинам і тваринам

необхідний молекулярний кисень, багато які групи прокариотів можуть існувати без доступу повітря (в анаеробних умовах), одержуючи необхідну для росту енергію в результаті бродиння або анаеробного дихання. Інші групи прокариотів можуть використовувати енергію світла і синтезують потрібні їм речовини з органічних сполук або з вуглекислоти (двоокису вуглецю). Деякі бактерії можуть одержувати енергію шляхом окиснення неорганічних сполук або елементів. Серед бактерій дуже поширена здатність до фіксації молекулярного азоту.

Завдяки такій фізіологічній різноманітності, а також високій швидкості синтетичних процесів і росту, простій будові клітини і нескладній структурі генетичного апарату прокариоти в останні десятиріччя стали для дослідників найулюбленішим об'єктом вивчення багатьох проблем біології.

1.8. Загальні властивості мікроорганізмів

Головною ознакою, що відображена в самій їх назві, є мала величина особин. Вона не тільки стала причиною відокремлення цих організмів від рослин і тварин, але з нею суттєво пов'язані й особливості морфології мікроорганізмів, активність і пластичність їх метаболізму, поширення в природі, а також зручність роботи в лабораторії.

Розмір особини та співвідношення між поверхнею та об'ємом.

Діаметр більшості бактерій не перевищує тисячної частки міліметра. Ця величина – мікромметр, або мікрон (10^{-3} мм). Дані про тонку структуру клітини наводяться в нанометрах: $1 \text{ нм} = 10^{-3} \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ мм}$. Розмір дрібних ціанобактерій, дріжджів і найпростіших становить близько 10 мкм. Але для таких надзвичайно малих організмів характерне дуже велике співвідношення поверхні до об'єму. Якщо куб з довжиною грані 1 см (об'ємом 1 см^3) розбити на кубики з довжиною грані 1 мкм, то отримаємо 10^{12} кубиків об'ємом по 1 мкм^3 кожний. Сумарна поверхня цих кубиків у 10000 разів перевищує поверхню вихідного кубика. Об'єм 1 мкм^3 є характерним для середньої бактеріальної клітини.

Велике відношення поверхні до об'єму зумовлює інтенсивну взаємодію з навколишнім середовищем. З цим пов'язаний дуже швидкий обмін речовинами між середовищем і клітиною мікроорганізмів.

Правило німецького фізіолога М. Рубнера (1893) стверджує, що енергетичний обмін тварини у спокої пропорційний не масі, а поверхні її тіла. Якщо це правило поширити і на клітини, то слід чекати, що рівні метаболічної активності будуть відрізнятись на кілька порядків. Відповідно високими є і швидкості росту мікроорганізмів. Так, в організмі вола масою 500 кг за добу утворюється приблизно 0,5 кг білка, за такий самий час 500 кг дріжджів можуть синтезувати понад 50 000 кг білка.

Пластичність метаболізму. У вищих рослин і тварин зміни обміну речовин відносно жорстко обмежені набором ферментів. У процесі індивідуального розвитку організму склад ферментів змінюється, але в різних умовах зовнішнього середовища ці зміни незначні. Мікроорганізми характеризуються більшою пластичністю метаболізму. Для бактерій висока здатність до адаптації просто необхідна. Це визначається їх малими розмірами. У бактеріальній клітині розміститься лише кілька сотень тисяч білкових молекул. Тому непотрібні на даний час ферменти не можуть міститися про запас. Деякі ферменти, що необхідні для перероблення поживних речовин, утворюються тільки тоді, коли відповідна речовина з'являється поблизу клітини. Такі *індуцибельні* ферменти можуть складати до 10 % білка, що міститься у клітині. Отже, клітинні регуляторні механізми у мікроорганізмів відіграють суттєвішу роль і проявляються чіткіше, ніж в інших живих істот.

Поширення мікроорганізмів. Малі розміри мікроорганізмів мають велике значення і для їх екології. Багато рослин і тварин зустрічаються лише на певних континентах, а мікроорганізми зустрічаються скрізь. Завдяки своїм малим розмірам вони легко поширюються з повітряними потоками. Як правило, достатньо 1 г садового ґрунту, щоб виділити з нього вид бактерій, який буде рости за рахунок будь-якої природної сполуки. Створюючи в пробірці певні селективні умови, можна з невеликої кількості зразка ґрунту чи мулу одержувати накопичувальні культури, а з них і чисті культури більшості відомих мікроорганізмів.

Малі розміри мікроорганізмів дають можливість одержувати в одній пробірці чи чашці Петрі та досліджувати популяції, які складаються з 10^8 – 10^{10} окремих клітин, і завдяки цьому виявляти такі рідкісні явища, як мутація чи передача набутої ознаки. При цьому немає потреби у використанні складної техніки, наявності великого простору

і часу. Великі успіхи біохімічних та генетичних досліджень досягнуті завдяки простоті роботи з мікроорганізмами.

Питання для самоконтролю

1. Що вивчає наука мікробіологія?
2. Чому перший період розвитку мікробіології називають описовим?
3. Назвіть основні відкриття Л. Пастера.
4. Які методи досліджень були розроблені в лабораторії Р. Коха?
5. Який внесок у розвиток мікробіології зробили вітчизняні вчені?
6. Які досягнення біології у ХХ ст. стали підґрунтям для розвитку біотехнології?
7. Яке місце серед живих організмів займають мікроорганізми?
8. Які мікроорганізми належать до прокариотів та еукариотів?
9. Назвіть принципові відмінності між прокариотами та еукариотами.
10. Якими загальними властивостями характеризуються мікроорганізми?
11. Охарактеризуйте відомі класифікації живих організмів.