НА ДОПОМОГУ СТУДЕНТУ УДФСУ

Чорна Т. М.

МІКРОБІОЛОГІЯ



СЕРІЯ «НА ДОПОМОГУ СТУДЕНТУ УДФСУ»

Серію «На допомогу студенту УДФСУ» засновано 2016 року.

Редакційна колегія:
Пашко П. В., д.е.н. (голова)
Шевчук О. А., д.е.н. (заступник голови)
Топчій В. В., д.ю.н.
Мацелюх Н. П., д.е.н.
Кужелєв М. О., д.е.н.
Швабій К. І., д.е.н.
Горбовий А. Ю., д.т.н.
Чмелюк В. В., к.ю.н.
Малинський І. Й., к.н.фіз.вих.
Шевчук В. А., к.ю.н.

У СЕРІЇ «НА ДОПОМОГУ СТУДЕНТУ УДФСУ» ВИЙШЛИ ДРУКОМ:

2016

«Методичні основи спеціальної фізичної та технічної підготовки студентів за розділом «Легка атлетика»
«Самостійна робота студента як одна з форм впливу на функціональну, фізичну та психологічну підготовленість»
«Організація роботи командира механізованого взводу»
«5.45-мм автомати Калашникова (АК-74, АКС-74, АК-74Н, АКС-74Н) та 5.45-мм ручні кулемети Калашникова (РПК-74, РПКС-74, РПК-74Н, РПКС-74Н)»
«Гранатомет підствольний ГП-25»
«Ручні гранати»
«Кулемети Калашникова – 7.62, ПК, УЖМ, ПКТ»
«Ручний протитанковий гранатомет РПГ-7»
«9-мм пістолет Макарова (ПМ)»

2017

«Вища та прикладна математика»
«Цивільний захист»
«Програмування мовою JAVA : практикум»
«Інформаційні системи і технології в юридичній практиці»
«Дослідження операцій : практикум»
«Чисельні методи»
«English for Students of Finance»
«Основи військової розвідки»

2018

«CASE-технології. Міждисциплінарне інформаційне моделювання»
«Економічна інформатика: практикум»
«Економічна теорія (політекономія, мікроекономіка, макроекономіка). Політекономія»
«Економічна теорія (політекономія, мікроекономіка, макроекономіка). Мікроекономіка»
«Економічна теорія (політекономія, мікроекономіка, макроекономіка). Макроекономіка»
«Охорона праці»
«Економіка і організація діяльності об'єднань підприємств»
«Основи християнської культури»
«Економіка підприємства»
«Фізика»
«Трудове право України»

2019

«Основи тактичної медицини»

«Аудит»

«Збірник задач. Вища та прикладна математика»

«Міжнародні розрахунки та валютні операції»

«Підготовка озброєння механізованого взводу до бойового застосування»

«Контролінг в управлінні підприємством»

«Актуальні питання судової експертизи (у питаннях і відповідях)»

«Інноваційний менеджмент»

«Організація навчальних занять з фізичного виховання за методом колового тренування»

«Теорія судових доказів (у таблицях і схемах)»

«Статистика»

«Фінансовий менеджмент проектів і програм»

«Ручний протитанковий гранатомет РПГ-7 (РПГ-7Д)»

«Організація роботи командира механізованого відділення»

«Психологія управління»

«Deutsch und Wirtschaft»

«Основи тактичної підготовки працівників правоохоронних органів»

«Основи кінології»

«Моделювання систем»

«UML. Уніфікована мова моделювання інформаційних систем»

«Історія держави і права України»

«Економічна теорія»

2020

«Менеджмент»

«Бізнес-аналітика та моделювання»

«Безпека життєдіяльності»

«Статистичний аналіз даних»

«Хімія»

«Мікробіологія»

«Медичне право»

«Бухгалтерський облік в управлінні підприємством»

«Загальна психологія»

«Хортинг в закладах вищої освіти»

«Організація бухгалтерського обліку»

УНІВЕРСИТЕТ ДЕРЖАВНОЇ ФІСКАЛЬНОЇ СЛУЖБИ УКРАЇНИ

СЕРІЯ «НА ДОПОМОГУ СТУДЕНТУ УДФСУ»
Заснована 2016 року

Т. М. Чорна

МІКРОБІОЛОГІЯ

Навчальний посібник

Ірпінь
2020

УДК 579.2(075.8)
ББК 28.4я73
Ч-75

Рекомендовано до друку Вченою радою
Університету державної фіскальної служби України
(протокол № 12 від 28 листопада 2019 року)

Рецензенти:

Шаблій Т. О., доктор технічних наук, професор, професор кафедри екології та технології рослинних полімерів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Качур І. В., кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри товарознавства та техногенно-екологічної безпеки Університету державної фіскальної служби України.

Чорна Т. М.

Ч-75 Мікробіологія : навчальний посібник / Т. М. Чорна ; Університет державної фіскальної служби України. – Ірпінь : УДФСУ, 2020. – 412 с. – (Серія «На допомогу студенту УДФСУ», т. 62).

ISBN 978-966-337-556-4

У навчальному посібнику висвітлено основні питання загальної мікробіології, зокрема історія розвитку науки; місце мікроорганізмів у системі живих істот; морфологія, фізіологія, систематика мікроорганізмів; поширення мікроорганізмів у природі і їх роль у кругообігу речовин і енергії; вплив чинників зовнішнього середовища на життєдіяльність мікроорганізмів. Розглянуто поняття про інфекції, імунітет та властивості патогенних мікроорганізмів. Приділено увагу показникам санітарно-гігієнічної безпеки та основам експертної мікробіологічної оцінки товарів.

Видання рекомендовано для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 076 «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність» Університету ДФС України. Крім того, може бути корисним викладачам та студентам інших закладів вищої освіти, експертам та фахівцям митних органів.

УДК 579.2(075.8)
ББК 28.4я73

© Чорна Т. М., 2020
© Університет державної фіскальної служби України, 2020

ISBN 978-966-337-556-4

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА 6

РОЗДІЛ 1. ПРЕДМЕТ, ЗАВДАННЯ МІКРОБІОЛОГІЇ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК З ТОВАРОЗНАВСТВОМ 8

1.1. Поняття про мікробіологію та мікроорганізми 8

1.2. Становлення та розвиток мікробіології як науки 15

1.3. Місце мікроорганізмів у системі живих істот 25

Запитання для самоконтролю 29

РОЗДІЛ 2. МОРФОЛОГІЯ І КЛАСИФІКАЦІЯ МІКРООРГАНІЗМІВ 30

2.1. Систематика і номенклатура мікроорганізмів 30

2.2. Морфологія, систематика та класифікація бактерій 33

2.3. Морфологія та систематика грибів 51

2.4. Морфологія дріжджів 66

2.5. Актиноміцети 71

2.6. Ультрамікроби: віруси і бактеріофаги 72

Питання для самоконтролю 76

РОЗДІЛ 3. ОСНОВИ ФІЗІОЛОГІЇ МІКРООРГАНІЗМІВ 77

3.1. Поняття про обмін речовин 77

3.2. Хімічний склад мікроорганізмів 79

3.3. Живлення мікроорганізмів 83

3.4. Дихання мікроорганізмів 89

Питання для самоконтролю 93

РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ ЧИННИКІВ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА МІКРООРГАНІЗМИ 94

4.1. Фізичні чинники 94

4.2. Хімічні чинники 110

4.3. Біологічні чинники 116

4.4. Використання факторів зовнішнього середовища для регулювання життєдіяльності мікроорганізмів 124

4.5. Мінливість і спадковість мікроорганізмів 125

Питання для самоконтролю 131

РОЗДІЛ 5. НАЙВАЖЛИВІШІ БІОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ, ЗБУДНИКАМИ ЯКИХ Є МІКРООРГАНІЗМИ, ТА ЇХ ПРОМИСЛОВЕ ВИКОРИСТАННЯ 133
5.1. Класифікація біохімічних процесів, що викликаються мікроорганізмами 133
5.2. Типові бродіння 134
5.3. Аеробні процеси 152
5.4. Розкладання жирів та жирних кислот 156
5.5. Процеси гниття 157
5.6. Роль мікробіологічних процесів у кругообігу речовин у природі 160
Питання для самоконтролю 161
РОЗДІЛ 6. ПОШИРЕННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ У НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ 162
6.1. Мікрофлора ґрунту 162
6.2. Мікрофлора води 173
6.3. Мікрофлора повітря 192
6.4. Мікрофлора тіла здорової людини 200
Питання для самоконтролю 206
РОЗДІЛ 7. ПОНЯТТЯ ПРО ІНФЕКЦІЇ ТА ІМУНІТЕТ 208
7.1. Загальні уявлення про інфекційні процеси та імунітет 208
7.2. Властивості патогенних мікроорганізмів 216
7.3. Специфічна профілактика і терапія інфекційних захворювань 223
7.4. Харчові інфекції 229
7.5. Хвороби, що передаються людині від тварин 236
7.6. Харчові отруєння 245
7.7. Харчові токсикоінфекції 246
7.8. Харчові токсикози (інтоксикації) 256
Питання для самоконтролю 272
РОЗДІЛ 8. ПОКАЗНИКИ САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ОСНОВИ ЕКСПЕРТНОЇ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ТОВАРІВ 274
8.1. Поняття про санітарно-показові мікроорганізми 274
8.2. Критерії вибору санітарно-показових мікроорганізмів 296

8.3. Харчові продукти як об'єкти санітарно-мікробіологічної експертизи 297
8.4. Мікроорганізми, що мають санітарно-показове значення під час експертизи харчових продуктів 304
8.5. Нормативна документація, що регламентує якість харчових продуктів за санітарно-гігієнічними показниками 314
Питання для самоконтролю 318
ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ 320
ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК 364
ДОДАТКИ 389
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 410

ПЕРЕДМОВА

Мікроорганізми містяться скрізь: у ґрунті, воді, повітрі, на предметах, що нас оточують, на продуктах харчування та кормах, рослинах, поверхні тіла та всередині організмів тварин і людини. Їх знаходять у кригах Антарктиди, розпечених гейзерах та пустелях. Мікроорганізми характеризуються фізіологічною різноманітністю метаболічних процесів і гнучкістю обміну речовин з навколишнім середовищем. Завдяки цьому вони можуть розвиватися на різноманітних субстратах: на папері, в ґрунті, на солоних, сухих, концентрованих харчових продуктах тощо, тобто навіть там, де не можуть жити тварини та рослини. Широке розповсюдження мікроорганізмів пояснюється їх винятковою стійкістю до несприятливих умов, здатністю легко пристосовуватися до різних факторів навколишнього середовища, швидким розмноженням і малими розмірами.

Діяльність мікроорганізмів різноманітна, а її наслідки надзвичайно масштабні: вони підтримують глобальний процес кругообігу речовин і енергії на Землі. Вони викликають мінералізацію вуглецю органічних сполук тваринного і рослинного походження до вуглекислого газу, підтримуючи цим рівновагу у природі з процесами фіксації зеленими рослинами вуглекислого газу з атмосфери планети. Їхня космічна роль полягає в тому, що вони виступають об'єднуючою ланкою між живою та неживою природою, і тим самим підтримують дію глобального закону збереження матерії та енергії на Землі. Мікроорганізми обумовлюють родючість ґрунту, беруть участь у формуванні родовищ природного газу, нафти, кам'яного вугілля, торфу. Велике значення мають мікробіологічні процеси у хлібопеченні, виноробстві, виробництві м'яса, молока, чаю, тютюну, органічних кислот, вітамінів, антибіотиків, продуктів щоденного вжитку.

Разом з тим актуальною залишається проблема пошуку ефективних методів боротьби з мікроорганізмами – збудниками захворювань людей, тварин і рослин, шкідниками промислових виробів, харчової, сільськогосподарської продукції та ін. Отже,

спектр проблем, що потребують інтенсивного та глибокого дослідження властивостей мікроорганізмів, досить широкий і вирішити їх можна лише спільними зусиллями фахівців різного профілю.

Таким чином, основна мета вивчення мікробіології полягає у формуванні комплексу знань, які дозволять керувати мікробіологічними процесами в різних сферах життя і діяльності людини.

Зокрема, для фахівців товарознавчого профілю метою опанування курсу «Мікробіологія» є з'ясування ролі мікроорганізмів у виробництві і споживанні різних груп товарів; формування у здобувачів освіти системи знань із загальної мікробіології та спеціальної мікробіології харчових продуктів і непродовольчих товарів, у тому числі щодо ознак і властивостей мікроорганізмів; встановлення перебігу основних біохімічних процесів, спричинених життєдіяльністю мікроорганізмів; способів збереження якості продовольчої сировини, харчових продуктів та непродовольчих споживних товарів шляхом попередження мікробіологічних процесів.

Основними завданнями під час вивчення дисципліни «Мікробіологія» є надання студентам необхідних для їх спеціальності знань, пов'язаних з мікробіологічним забрудненням навколишнього середовища; основ мікробіології виробництва та споживання продукції; принципів та методів мікробіологічної експертизи харчових продуктів; врахування властивостей мікроорганізмів під час транспортування та зберігання різних груп товарів.

РОЗДІЛ 1
ПРЕДМЕТ, ЗАВДАННЯ МІКРОБІОЛОГІЇ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК З ТОВАРОЗНАВСТВОМ

1.1. Поняття про мікробіологію та мікроорганізми

У біосфері практично не існує середовища, в якому б не зустрічалися мікроорганізми. Всюди, де є хоча б якісь джерела енергії, вуглецю й азоту, обов'язково зустрічаються мікроорганізми, які відрізняються між собою за фізіологічними потребами і властивостями. Саме це розмаїття, в основі якого лежить здатність використовувати будь-які, навіть мінімальні можливості для свого існування, історично зумовило всюдисущість мікроорганізмів. Активна життєдіяльність міріад мікроорганізмів, їх гігантська роль у кругообігу речовин у природі мають виняткове значення для підтримки (збереження) динамічної рівноваги всієї біосфери, порушення якої призвело б до катастрофічних наслідків. Розміри їх настільки малі, що у краплі будь-якої рідини можуть бути мільйони мікроорганізмів. Світ мікроорганізмів багатий і різноманітний. Переважно вони є одноклітинними істотами – бактерії, мікроскопічні гриби і водорості, а також організми із неклітинною будовою – віруси, але є і багатоклітинні.

Мікробіологія (від гр. *micros* – малий, *bios* – життя, *logos* – навчання) – одна з фундаментальних біологічних наук, яка вивчає будову, життєдіяльність, біохімічну активність, закономірність і умови розвитку мікроорганізмів.

Таким чином, об'єктом вивчення дисципліни «Мікробіологія» є мікроорганізми, зокрема бактерії, гриби, віруси, водорості і найпростіші.

Предметом вивчення дисципліни є будова, загальні закономірності життєдіяльності всіх груп мікроорганізмів, їхнє поширення в природі, а також роль мікроорганізмів у формуванні споживних властивостей продовольчих товарів.

Вивчення навчальної дисципліни «Мікробіологія» ґрунтується на знаннях з курсів «Біологія», «Хімія», «Фізика» та враховує взаємозв'язок з такими дисциплінами, як «Біохімія», «Товарознавство продовольчих товарів», «Товарознавство непродовольчих товарів», «Управління якістю», «Екологія», «Безпека життєдіяльності».

Мікроорганізми – це найменші живі організми, більшість яких можна побачити тільки за допомогою мікроскопа. Мікроорганізми містяться всюди: у ґрунті, воді, повітрі, продуктах харчування, на всіх предметах, що нас оточують, вони є і в нашому організмі.

Широке розповсюдження, швидке розмноження й особливості метаболізму мікроорганізмів впливають на життя всієї планети. Процеси, у яких беруть участь мікроорганізми, є важливими та необхідними ланками кругообігу таких елементів, як вуглець, азот, сірка, фосфор та інших біогенних елементів. Без мікроорганізмів припинився б кругообіг речовин у природі, і життя на Землі стало б неможливим. Мікроорганізми першими заселяються на материнській гірській породі і забезпечують ґрунтоутворюючі процеси. Утворюючи в результаті своєї життєдіяльності мінеральні й органічні кислоти, мікроорганізми прискорюють розчинення і вивітрювання гірських порід, залучення звільнених мінералів у біологічний кругообіг. Мікроорганізми беруть участь і в утворенні гумусу, що визначає основну властивість ґрунту – родючість. Крім того, тільки у результаті життєдіяльності мікроорганізмів забезпечується доступність гумусу для рослин. Особливу роль у формуванні і підтриманні родючості ґрунту відіграють бактерії, які беруть участь у кругообігу азоту в природі. Це азотфіксуючі бактерії, які здатні перетворювати недоступний для рослин молекулярний азот атмосферного повітря у зв'язаний, збагачуючи тим самим ґрунт сполуками азоту. Важливим етапом кругообігу азоту в природі є надходження мінерального азоту до атмосфери, яке здійснюють денітрифікуючі бактерії у процесі нітратного (анаеробного) дихання. Якби цей цикл не був замкнутий, то окислені форми азоту вимивалися б із ґрунту в моря й океани,

залишаючись недоступними для рослин. Оксиди азоту, що утворюються в процесі денітрифікування, беруть участь у підтримці озонового шару планети.

Багато мікроорганізмів утворюють у процесі метаболізму і виділяють у зовнішнє середовище різні органічні і неорганічні кислоти. Під впливом останніх водонерозчинні солі переходять у розчинну форму та покращують живлення рослин. Мікроорганізми – редуценти – «санітари» природи. Вони розкладають залишки рослинних і тваринних організмів, перетворюючи їх на мінеральні речовини. Мінералізація органічних речовин має велике значення, оскільки при цьому необхідні зеленим рослинам елементи переходять з недоступної форми в доступну. Мікроорганізми здатні здійснювати деградацію окремих штучно синтезованих органічних речовин (ксенобіотиків) – пестицидів, гербіцидів, поверхнево-активних речовин, складових пакувальних матеріалів, нафталіну, толуолу та ін. Якби такі процеси не відбувалися, ксенобіотики безконтрольно накопичувалися б у довкіллі, забруднюючи його.

Мікроорганізми беруть активну участь у біологічному самоочищенні водойм, виконуючи функцію знешкодження та окислення речовин, які забруднюють водойми. Широко використовують мікроорганізми і в системах біологічного очищення стічних вод. Воно відбувається на полях зрошування і полях фільтрації, куди надходять води, що підлягають очищенню. Просочуючись через шари ґрунту, вони піддаються окислювальній дії комплексу ґрунтових мікроорганізмів. Органічні речовини, що виділяються, повністю мінералізуються. Нині у зв'язку з високим рівнем розвитку промисловості та великою кількістю стічних вод створюються спеціальні споруди аеробної біологічної очистки – біотенки, біофільтри й аеротенки.

Людина здавна інтуїтивно використовувала унікальні особливості мікроорганізмів, навіть не підозрюючи про це. Ще у давні часи процеси бродіння застосовували для приготування тіста для хліба, пива, вина, оцту, кисломолочних продуктів, вимочування льону та ін. І тільки через століття стало відомо, що всі ці процеси відбуваються за участі мікроорганізмів.

Вивчення біосинтетичної діяльності мікроорганізмів дозволило виявити їх здатність до синтезу найрізноманітніших сполук, що мають велике народногосподарське значення. Сьогодні за допомогою мікроорганізмів у промислових масштабах отримують мікробний білок, амінокислоти (глутамінову, треонин, лізин, пролін, глутамін), вітаміни (B_{12}, рибофлавін), ферменти (амілази, пектинази, протеази, целюлази, ліпази, ізомерази, трипсини, стрептокинази, діастази), інтерферон, інсулін, гормон росту людини, органічні кислоти (лимонну, молочну, масляну, оцтову, глюконову), етанол, гліцерин, ацетон, бутанол, пропанол, бутандіол, полісахариди (декстрини, ксантани, пуллулан, альгінати), засоби захисту рослин, антибіотики, стероїди, каротиноїди, рибонуклеотиди, кортизон, преднізолон, гідрокортизон та інші корисні продукти.

Досягнення мікробіології знаходять практичне значення і в металургії під час виплавляння різних металів із руд. Наприклад, уже реалізовано спосіб мікробіологічного вилуговування міді з сульфідної руди халькопіриту. У перспективі можливе використання мікроорганізмів для отримання кольорових та рідкісних металів: золота, свинцю, германію, літію та ін. Мікробіологія знайшла своє застосування і в такій небіологічній галузі виробництва, як одержання енергетичної сировини (біогаз метан), видобуток нафти.

Мікроорганізми здатні підвищувати міцність бетону. Встановлено, що під час додавання на тонну бетону декількох кілограмів біомаси мікроорганізмів підвищується міцність і пластичність будівельного матеріалу.

Успіхи у сфері мікробіології відкрили нові можливості в профілактиці і лікуванні багатьох інфекційних захворювань, у боротьбі з якими раніше медицина була безсилою. За порівняно невеликий період часу майже повністю ліквідовані такі захворювання, як чума, віспа, холера, малярія, які у минулому були трагедією людства. Наразі увага мікробіологів зосереджена на проблемі злоякісних пухлин, пташиного грипу і синдромі набутого імунодефіциту. Вивчення властивостей патогенних мікроорганізмів дозволило отримувати в промислових масштабах вакцини, сироватки й інші лікувальні препарати.

Таким чином, мікробіологія вносить істотний вклад у вирішення багатьох практичних завдань, проблем охорони здоров'я і сільського господарства, сприяє розвитку певних галузей промисловості. Варто зазначити, що сьогодні відкриваються нові перспективи із застосування мікроорганізмів – це забезпечення людства продуктами харчування, відновлення енергетичних ресурсів, охорона довкілля.

Поряд з корисними мікроорганізмами зустрічаються шкідливі, які викликають небажані процеси: псування харчових продуктів і непродовольчих товарів, інфекційні (заразні) захворювання у людей і тварин, харчові та кормові отруєння. Інформацію про корисну і шкідливу роль мікроорганізмів узагальнено на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Значення мікроорганізмів у житті людини

Зростання потреб людства стало визначальним фактором у становленні мікробіологічної науки, що сприяло виникненню та розвитку спеціалізованих галузей мікробіології, таких як:

✓ *загальна мікробіологія* – вивчає загальні закономірності життєдіяльності всіх груп мікроорганізмів, їх роль у кругообігу речовин, а тому є обов'язковим розділом усіх інших мікробіологічних дисциплін;

✓ *сільськогосподарська мікробіологія* – досліджує мікробіологічні процеси, що лежать в основі багатьох галузей сільського господарства (роль мікроорганізмів у забезпеченні родючості ґрунту, формуванні його структури, участь мікроорганізмів у кругообігу речовин тощо);

✓ *медична мікробіологія* – вивчає ті види мікроорганізмів, які в процесі еволюції пристосувались до паразитування в організмі людини і тварин та можуть спричинювати інфекційні захворювання;

✓ *технічна мікробіологія* – розробляє наукові основи біохімічної діяльності мікроорганізмів у виробничих процесах. Технічна мікробіологія разом з генетикою та біохімією перебуває в основі сучасної біотехнології (синтез інтерферону кишковою паличкою, синтез інших ліків, виробництво спирту, вина, випікання тіста і силосування кормів, внесення бактеріальних добрив);

✓ *ветеринарна мікробіологія* – вивчає патогенні мікроорганізми, які є причиною захворювання тварин, опрацьовує методи мікробіологічної діагностики та засоби профілактики і лікування цих захворювань;

✓ *санітарна мікробіологія* – необхідна для здійснення постійного контролю за санітарним станом різних об'єктів довкілля з метою виявлення збудників захворювання і вживання відповідних заходів;

✓ *водна мікробіологія* – вивчає мікрофлору водойм, досліджує роль і значення водних мікроорганізмів у кругообігу речовин та трофічних зв'язках, виявляє еколого-географічні закономірності розподілу мікроорганізмів, біологічні способи очищення води;

✓ *геологічна мікробіологія* – вивчає роль мікроорганізмів у геологічних процесах, досліджує мікрофлору корисних копалин, з'ясовує їх роль в утворенні та розкладанні руди, нафти тощо;

✓ *космічна мікробіологія* – досліджує особливості життєдіяльності мікроорганізмів у космічному просторі, впливу космічних факторів на мікрофлору людини; здійснює пошуки форм життя за межами Землі, розробляє метод запобігання заселення земними мікробами інших планет, і навпаки.

Виходячи з об'єктів вивчення, як самостійні дисципліни, виділяють бактеріологію – науку про бактерії; вірусологію – вчення про віруси; мікологію – вчення про гриби; протозоологію – об'єктами є найпростіші одноклітинні організми; імунологію – науку про механізми захисту організму від патогенних і непатогенних агентів.

Знання мікробіології є важливим елементом, що формує професійний рівень спеціалістів у сфері товарознавства й експертизи різних груп товарів. Так, врахування особливостей розвитку та життєдіяльності мікроорганізмів дозволяє грамотно організувати основні процеси під час виробництва, експертизи та зберігання продовольчих і непродовольчих товарів, сировини, а також встановлювати режими, за яких розвиток мікроорганізмів буде зведений до мінімуму.

Для товарознавця найбільш важливими є знання у сфері технічної, товарознавчої та санітарної мікробіології, а саме питань мікробіології харчових продуктів і непродовольчих товарів. Разом з тим вивчення цих питань можливе тільки після засвоєння основ мікробіології. Саме тому в курсі товарознавчої мікробіології поєднані питання основ мікробіології з питаннями мікробіології найважливіших товарів народного споживання, а також з питаннями санітарної мікробіології, що гарантують безпеку споживання цих товарів. Зв'язок мікробіології з товарознавством прослідковується за такими напрямами: забезпечення виробництва високоякісних товарів; процеси товарообігу та зберігання товарів; виявлення хвороб і дефектів товарів; підтримання безпечності товарів; мінімізація втрат товарів на всіх етапах товароруху; здійснення експертизи якості товарів.

1.2. Становлення та розвиток мікробіології як науки

Мікробіологія минула тривалий шлях розвитку, що обчислюється багатьма тисячоліттями. Уже в V–VI тисячоліттях до н.е. людина користувалася плодами діяльності мікроорганізмів, не знаючи про їхнє існування. Виноробство, хлібопечення, сироваріння, вироблення шкір – усі ці процеси відбуваються за участі мікроорганізмів. Гіпотеза про існування невидимих живих організмів інтуїтивно висловлювалась багатьма мислителями давнини.

Видатні лікарі і дослідники природи Гіппократ (460–377 рр. до н.е.), Гален (131–211 рр. н.е.) та інші висловлювали гіпотези про живу природу, причини інфекційних хвороб. Авіценна (980–1037 рр. н.е.) у «Каноні медицини» писав, що причиною чуми, віспи та інших хвороб є невидимі оком найдрібніші живі істоти, що передаються через воду і повітря. Але відкрили мікроорганізми лише в XVII ст., причому це зробив не вчений, а аматор. Першовідкривачем мікробів став голландський комерсант Антоній Левенгук (1632–1723 рр.), який не мав університетської освіти. Це не завадило йому стати одним з найвідоміших натуралістів свого часу.

Таким чином, мікробіологія зародилася задовго до нашої ери. У своєму розвитку вона минула декілька етапів, які розподілені не стільки хронологічно, скільки з урахуванням основних досягнень і відкриттів.

1. Період емпіричних знань (до винаходу мікроскопів і їх застосування для вивчення мікросвіту). Гіппократ вважав, що в повітрі під час епідемій містяться особливі хвороботворні «міазми» – випаровування, які можуть поширюватися на великі відстані. За припущенням Лукреція Кара, кожна інфекція має особливе «насіння». Перші уявлення про заразні хвороби з'явилися лише під час страшної епідемії чуми XIV ст. 1374 року у Венеції був виданий наказ про ізоляцію людей, товарів та кораблів на 40 днів (quarantina) з метою запобігання поширенню чуми. 1546 року Джираломо Фракасторо передбачив живу природу агентів інфекційних захворювань і розробив учення про живих контагій – (contagium vivum).

2. Морфологічний (описовий) період зайняв близько двохсот років. До середини XIX ст. наукові дослідження зводилися в основному до вивчення зовнішньої будови мікроорганізмів.

Світ мікроорганізмів відкрив у XVII ст. (1676 р.) Антоній ван Левенгук (1676–1723 рр.), якого по праву можна назвати піонером мікроскопії. Мікроскоп уперше винайшли голландці Ганс та Захарій Янсени. А. Левенгук значно удосконалив прилад, він виготовив систему лінз, які нагадували мікроскоп зі збільшенням у 160–300 разів, і виявив, що в краплі дощової води, у зубному нальоті, в м'ясному бульйоні, різних настоях є величезна кількість живих дрібних «звіряток». А. Левенгук виявив і описав представників усіх груп мікроорганізмів – найпростіші, мікроскопічні водорості, дріжджі, всі основні морфологічні форми бактерій: коки, паличкоподібні та звиті. Про свої спостереження 1673 р. А. Левенгук повідомив Лондонське Королівське товариство, а 1695 р. описав їх у книзі «Таємниці природи, відкриті Антоніем Левенгуком». Відкриття А. Левенгука стали поштовхом до вивчення мікросвіту.

Італійський вчений Л. Спалансані розробив метод виділення чистої культури бактерій, а також зареєстрував акт поділу бактерій як спосіб розмноження. До морфологічного періоду причетні Д. Самойлович та М. Тереховський – українські вчені, випускники Києво-Могилянської академії. Д. Самойлович (1744–1805 рр.) вперше намагався створити протичумний профілактичний препарат – вакцину. Але лише 1796 р. англійський лікар Е. Дженнер створив першу вакцину, яка мала ефективність. Він помітив, що доярки ніколи не хворіють на натуральну віспу, а коров'ячу переносять у легкій формі. Тому Е. Дженнер прищепив коров'ячу віспу 8-річному хлопчику, а через один місяць заразив його натуральною. Завдяки вакцині дитина не захворіла. Таким чином, наразі віспа (від лат. *vacca* – корова) ліквідована в усьому світі. Хоч Е. Дженнер провів вакцинацію, але остаточно сутності її не зрозумів. Це вдалося французькому вченому Л. Пастеру.

М. Тереховський вивчав вплив зовнішніх факторів на мікроорганізми і довів, що для розвитку більшості мікроорганізмів

потрібен кисень. Помітив, що мікроорганізми перед поділом ростуть і збільшуються. Одним з перших довів несприйнятливість теорії самозародження життя.

У наступні 150 років було відкрито та описано морфологію сотень нових мікроорганізмів. Учені всього світу упродовж кількох століть намагалися вирішити три найважливіші проблеми: походження життя (самозародження мікроорганізмів); природа процесів бродіння і гниття; причини інфекційних захворювань. Пошуки в цих напрямах сприяли подальшому розвитку мікробіології.

3. Еколого-фізіологічний період – епоха Л. Пастера і Р. Коха. Цей етап розвитку мікробіології починається з другої половини XIX ст. науковими відкриттями французького вченого Л. Пастера (1822–1895 рр.), з іменем якого пов'язане зародження мікробіології як науки. Науковий пошук Л. Пастера розпочався з хімічних досліджень. Л. Пастер досліджував причину бродіння, яке вважалося хімічною реакцією. За допомогою мікроскопа Л. Пастер встановив, що спиртове бродіння спричинюється певними видами мікроорганізмів, а скисання вина пов'язане з потраплянням у виноградний сік інших мікроорганізмів, що спричинюють оцтовокисле бродіння. Для боротьби зі скисанням вина Л. Пастер запропонував термічну обробку виноградного соку (нині такий метод зберігання харчових продуктів від скисання називають пастеризацією). Дослідження бродіння також дозволили Л. Пастеру припустити, що інфекційні хвороби людини є результатом «бродіння соків організму», спричиненого мікроорганізмами, наприклад мікроорганізми є винуватцями післяопераційних і післяпологових гнійних ускладнень. Ідеї Л. Пастера дозволили Джозефу Лістеру (1867 р.) запропонувати антисептичний метод у хірургії.

Вивчаючи етіологію сибірської виразки, Л. Пастер експериментальним шляхом, заражаючи тварин виведеною культурою мікроорганізмів, довів, що саме цей мікроорганізм є збудником цього захворювання. Вчений випадково виявив, що введення збудника курячої холери, ослабленого внаслідок довгого зберігання, приводить до розвитку несприйнятливості до цього захворювання. Л. Пастер зумів геніально запропонувати принцип

профілактики інфекційних захворювань шляхом введення атенуйованого (ослабленого) збудника. Л. Пастер розробив принцип атенуації – культивування мікроорганізму в несприятливих умовах, одержав першу науково розроблену вакцину – сибіркову. Вивчав захворювання на сказ і зробив вагомий внесок у запобігання хворобі. У віці 66 років був основоположником та очолив перший інститут мікробіології.

У цей період сформувалась ще одна видатна наукова школа мікробіологів – німецька, на чолі з Р. Кохом (1843–1910 рр.). Р. Кох – один із засновників медичної мікробіології. Його праці були присвячені трьом основним напрямам: доведення мікробної природи інфекційних захворювань, відкриття збудників деяких захворювань і розшифровка їх патогенезу (механізму розвитку хвороб), удосконалення мікробіологічної техніки. Р. Кох відкрив збудника туберкульозу і холери, одержав туберкулін і використав його для діагностики і лікування. 1905 року одержав Нобелівську премію. Винайшов спосіб отримання чистої культури на твердому живильному середовищі. До Р. Коха чисту культуру одержували із суспензії способом розділення клітин і потім розмноженням однієї з них. Р. Кох помітив, що на картоплі розмножуються колонії. Він запропонував вносити їх у тверде живильне середовище (агар-агар). Одним із перших виготовив освітлювач для мікроскопа, розробив спосіб фотографування бактерій, винайшов багато способів дезінфекції.

Використовуючи методи Р. Коха, інші вчені відкрили й описали збудників дифтерії (Клебс і Лєффлєр), черевного тифу (Еберт і Гафкі), правця (Ніколайєр і Кітазато), дизентерії (Григор'єв і Шига), сифілісу (Шаудін), лептоспірозу (Індо, Ідо).

Також було відкрито здатність мікроорганізмів утворювати токсини. Дифтерійний екзотоксин уперше виділили Ру та Йорсен. Ру і Берінг антитоксичну протидифтерійну сироватку.

4. Імунологічний період – нова епоха в мікробіології – створення І. І. Мечниковим вчення про несприйнятливість (імунітет), розроблення теорії фагоцитозу й обґрунтування клітинної теорії імунітету. Між І. І. Мечниковим і П. Ерліхом (прибічником гуморальної теорії, який вважав, що імунітет

забезпечується антитілами) тривалий час йшла дискусія, в результаті якої було розкрито багато механізмів імунітету, і зародилася наука імунологія.

І. І. Мечников першим зрозумів, що теорія фагоцитозу та гуморальна теорія доповнюють одна одну. Надалі було встановлено, що спадковий і набутий імунітет залежить від узгодженої діяльності п'яти основних систем: макрофагів, комплементу, Т- і В-лімфоцитів, інтерферонів, головної системи гістосумісності, – що забезпечують різні форми імунної відповіді. І. І. Мечникову і П. Ерліху 1908 р. була присуджена Нобелівська премія.

І. І. Мечніков вивчив явище антагонізму у мікросвіті, що покладено в основу використання бак препаратів та антибіотиків, зробив значний внесок у вивчення холери, черевного тифу і туберкульозу, створив потужну школу мікробіологів. Його учнями і помічниками були європейські вчені (Ру, Йєрсен, Борде, Жангу, Бюрне, Рамон) та наші співвітчизники (О. М. Безредка, М. Ф. Гамалія, Д. К. Заболотний, Л. А. Тарасевич, І. Г. Савченко, В. А. Хавкін), які стали всесвітньо відомими вченими.

І. І. Мечников є основоположником розвитку наукової мікробіології в Україні.

Розвиток мікробіології на цьому етапі гальмувався відставанням інших наук, зокрема біохімії, генетики, фізики. Наприкінці XIX ст. Д. І. Івановським було відкрито царство вірусів, але ґрунтовне вивчення їх стало можливим лише в другій половині XX ст. після винаходу електронного мікроскопа.

На початку XX ст. розвивалися прикладні аспекти мікробіології. Були сформульовані наукові принципи хіміотерапії (П. Ерліх, Д. Л. Романовський), відкриті та виділені антибіотики (Флемінг, Чейн, Флорі, З. В. Єрмольєва), розроблені методи серодіагностики (Вассерман, Відаль, Райт, Асколі).

5. Молекулярно-генетичний – завдяки появі нових методів досліджень перша половина XX ст. була ознаменована відкриттям надзвичайно різноманітних форм, структури та типів метаболізму мікроорганізмів. У другій половині XX ст. бурхливо розвивалися вірусологія та імунологія.

У 30-ті роки XX ст. голандські вчені А. Я. Клюйвері В. Ван-Ніль провели потужний порівняльний біохімічний аналіз далеких у фізіологічному відношенні організмів і з'ясували, що різноманітність типів їх життєдіяльності поєднується з одноманітністю біохімічних процесів, іншими словами, з біохімічною єдністю живого. Принцип біохімічної єдності живого проявляється в єдності структури основних сполук – білків, жирів, вуглеводів, нуклеїнових кислот; в єдності енергетичних і конструктивних процесів у мікроорганізмів, рослин і тварин.

Видатними досягненнями стало відкриття антибіотиків. У 1928–1929 рр. англійським ученим А. Флемінгом було відкрито пеніцилін, а 1940 р. американці А. Шатц та С. Ваксман відкрили стрептоміцин. На початку 40-х років XX ст. розроблено технологію очищення пеніциліну і запроваджено його промислове виробництво.

Дослідження В. Буткевича (1872–1942 рр.) сприяли розробці мікробіологічного способу одержання цитринової кислоти. Широковідомі його роботи про роль мікроорганізмів в утворенні залізомарганцевих руд.

С. Костичев (1877–1931 рр.) під час вивчення хімізму дихання та бродіння показав зв'язок між цими процесами.

Я. Нікитинський (1878–1941 рр.) займався мікробіологією консервного виробництва і холодильного зберігання швидкопсувних харчових продуктів, розробив курс харчової мікробіології.

У 40-і роки XX ст. розпочато генетичні дослідження на бактеріях. Мікробіологія стала часткою системи генетичних наук після відкриття мутацій у грибів (Г. Бідл і Е. Татум, 1941 р.), після чого гриб *Neurospora* став, як і дрозофіла, важливим об'єктом генетичних досліджень.

У 40–50 рр. XX ст. було виявлено статеву диференціацію бактерій (Д. Ледеберг, Е. Татума та ін.), розроблено теорію направленого росту і розвитку мікроорганізмів (М. Стефенсон, Ж. Моно, А. Новік та ін.). Значна частина відкриттів у галузі молекулярної біології була зроблена у процесі дослідження мікроорганізмів.

Американський учений О. Ейвері з колегами К. Мак-Леод і М. Мак-Карті (1944 р.) довів, що носієм генетичної інформації є

дезоксирибонуклеїнова кислота (далі – ДНК), і започаткував розвиток нової науки – молекулярної біології. Ця наука виникла і розвивалась унаслідок інтеграції мікробіології, генетики і біохімії. Саме мікробіологія зробила фундаментальний внесок у цю важливу подію в біології.

1953 р. англійським біохіміком Ф. Сенгером встановлено повну структуру білка інсуліну, американськими біохіміками Д. Уотсоном та Ф. Криком розшифровано структуру ДНК. На початку 60-х років XX ст. американський біохімік М. Ніренберг здійснив основоположні дослідження з розшифрування генетичного коду, за що разом з Р. У. Холлі та Х. Г. Корана був удостоєний Нобелівської премії (1968 р.).

Важливі в теоретичному та практичному плані дослідження динаміки процесів бродіння були проведені В. Шапошніковим (1884–1968 рр.). Вивчення ним фізіології оцтовокислих, молочнокислих, маслянокислих і ацетонобутилових бактерій дозволили суттєво поліпшити технології одержання продуктів їхньої життєдіяльності. В. Шаповніков видав підручник «Технічна мікробіологія» (1947 р.).

У теорію і практику холодильного зберігання харчових продуктів значний вклад вніс Ф. Чистяков (1898–1959 рр.). Дослідження В. Шапошнікова і Ф. Чистякова дали можливість ще на початку 30-х років XIX ст. за допомогою бактерій організувати у промисловому масштабі виробництво ацетону і бутилового спирту.

М. Красильніков (1896–1973 рр.) вивчав актиноміцети, антагонізм мікробів, створив перший визначник бактерій.

Кінець 60-х років XX ст. ознаменований визначенням амінокислотної послідовності білків; 70-ті роки – визначенням нуклеотидної послідовності нуклеїнових кислот; 80-ті роки – розробкою методу полімеразної ланцюгової реакції (далі – ПЛР) і бурхливим розвитком нових методів досліджень на основі ПЛР.

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

У XXI ст. мікробіологія, вірусологія й імунологія є одним з ключових напрямів сучасної біології і медицини, які інтенсивно

розвиваються і розширюють межі людських знань. Імунологія підійшла до регулювання механізмів самозахисту організму, корекції імунодефіцитів, вирішення проблеми СНІДу, боротьби з онкологічними захворюваннями. Створюються нові генно-інженерні вакцини, з'являються нові дані щодо інфекційних агентів – збудників «соматичних» захворювань (виразкова хвороба шлунку, гастрити, гепатити, інфаркт міокарду, склероз, окремі форми бронхіальної астми, шизофренія тощо).

З'явилося поняття про нові інфекції і такі, що повертаються (*emerging and reemerging infections*). Приклади «старих патогенів» – це мікобактерії туберкульозу, рикетсії групи кліщової плямистої лихоманки і ряд інших збудників інфекцій. Серед нових патогенів – вірус імунодефіциту людини (ВІЛ), легіонелли, бартонелли, эрліхії, хелікобактер, хламідії (*Chlamydia pneumoniae*).

Відкриті віроїди і пріони – нові класи інфекційних агентів. Віроїди – інфекційні агенти, що викликають у рослин ураження, подібні на вірусні, проте ці збудники відрізняються від вірусів рядом ознак: відсутністю білкової оболонки (гола інфекційна РНК), антигенних властивостей, одноланцюговою кільцевою РНК (з вірусів – лише у вірусу гепатиту D), малими розмірами РНК. Пріони (*proteinaceous infectious particle* – білоквмісна інфекційна частинка) являють собою позбавлені РНК білкові структури, що є збудниками деяких повільних інфекцій людини і тварин, які характеризуються летальним ураженням центральної нервової системи за типом губкоподібних энцефалопатій – куру, хвороба Крейтцфельдта-Якоба, синдром Герстманна-Страусслера-Шайнкера, амніотрофічний лейкоспонгіоз, губкоподібна енцефалопатія корів (коров'ячий «сказ»). Передбачається, що пріони можуть мати значення в етіології шизофренії, міопатій. Істотні відмінності від вірусів (відсутність власного генома) не дозволяють досі ще розглядати пріони як представників живої природи.

Таким чином, сучасний період у розвитку мікробіології переважно пов'язаний з бурхливим розвитком вірусології та імунології, внаслідок чого мікробіологія, застосовуючи нові препарати і методи, здобула потужний імпульс свого розвитку. Мікробіологічні об'єкти стають основою для генної інженерії. Так, дріжджі

або кишкова паличка є найкращими мікроорганізмами для отримання штамів-продуцентів необхідних речовин, у тому числі й лікарських.

Особливим досягненням стало створення та активний 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).

Внесок вітчизняних учених у розвиток мікробіології. Центром розвитку мікробіології в Україні стала Одеса, де 1885 року у Новоросійському (Одеському) університеті вперше почали викладати мікробіологію І. І. Мечников і Я. Ю. Бардах.

Видатним мікробіологом І. І. Мечниковим були відкриті нові напрями у розвитку мікробіології. Упродовж багатьох років він працював над вивченням проблеми запалення і несприйнятливості організму до збудників інфекційних захворювань. Учений виявив, що запальна реакція в організмі має захисний характер. Довів, що клітинам з'єднувальної тканини – лейкоцитам і макрофагам – притаманний фагоцитоз: ці клітини здатні поглинати і руйнувати мікробні субстанції, які проникають в організм. Таким чином, була розроблена теорія імунітету, що отримала назву фагоцитарної теорії імунітету.

Ще одним суттєвим внеском І. І. Мечникова в розвиток мікробіології є встановлення антагонізму між молочнокислими та гнійними мікроорганізмами. Саме він вперше запропонував концепцію оздоровлення людини та попередження старіння організму шляхом включення у харчовий раціон кисломолочних продуктів.

Видатні досягнення в галузі загальної та ґрунтової мікробіології належать С. М. Виноградському (1856–1953 рр.), який використав екологічний принцип дослідження мікрофлори ґрунту і розробив метод елективних поживних середовищ. С. М. Виноградський відкрив здатність деяких мікроорганізмів використовувати енергію окиснення неорганічних сполук (явище хемосинтезу), описав процес нітрифікації та денітрифікації, біологічної

фіксації молекулярного азоту атмосфери азотофіксуючими ґрунтовими бактеріями, вивчив збудників анаеробного розкладання пектинових речовин, що дозволило удосконалити процес вимочування волокнистих рослин (льон, конопля та ін.). С. М. Виноградський є засновником екологофізіологічного напряму у мікробіології.

В інституті Пастера були розроблені бактеріальні фільтри, здатні затримувати бактеріальні клітини. Це дало можливість отримувати фільтрати мікробних культур, очищені від бактерій. Вивчаючи тютюнову мозаїку, Д. Й. Івановський (1864–1920 рр.) 1892 р. встановив, що тютюнову мозаїку викликає субмікроскопічна форма мікробів, здатних проходити через бактеріальні фільтри. З того часу встановлено вірусну природу захворювань багатьох рослин, тварин і людей, а віруси стали об'єктом дослідження нової науки – вірусології. Матеріали цих досліджень стали основою докторської дисертації, яку Д. Й. Івановський захистив у Київському університеті.

Автором першого вітчизняного підручника з мікробіології став В. Л. Омелянський (1867–1928 рр.). Він вперше виділив бактерії, які здатні розкладати целюлозу. Здійснював дослідження кругообігу азоту в природі, вивітрювання гірських порід, які стали основою геологічної мікробіології.

Г. А. Надсон (1867–1940 рр.) уперше застосував променисту енергію, заклавши цим основи радіаційної мікробіології.

Основоположником епідеміології став Д. К. Заболотний (1866–1929 рр.). Він розробив вчення про природний осередок чуми, виявив роль диких гризунів як носіїв чумної палички в природі. Його праці присвячені вивченню газової гангрени, дифтерії, тифу. Д. К. Заболотний вивчав біологію холерного вібріона, шляхи поширення холери з епідеміологічних осередків інфекції та її потрапляння до Росії. Керував численними протиепідемічними експедиціями, брав участь у ліквідації чуми та холери в Україні, на Поволжі, Кавказі, в Петербурзі, Індії, Монголії, Шотландії, на Близькому Сході. 1929 р. Д. К. Заболотний заснував в Україні науково-дослідний інститут мікробіології, який нині носить його ім'я.

Оригінальні теорії щодо інфекції та імунітету, дослідження туберкульозу, холери, віспи, чуми, сепсису належать М. Гамалії (1859–1949 рр.). М. Ф. Гамалія вперше використав хімічні вакцини, розробив методику виготовлення вакцини проти віспи. Випробував на собі безпечність вакцини проти сказу. 1898 року він спостерігав явище бактеріофагії задовго до відкриття бактеріофага Д'Ерелем (1917 р.). Після від'їзду І. І. Мечникова до Франції для роботи в Пастерівському інституті М. Ф. Гамалія очолив Одеську школу мікробіологів. Ще 1886 року він у себе на квартирі разом з І. І. Мечниковим відкрив першу в Україні (другу у світі) бактеріологічну лабораторію і Пастерівську станцію, де виготовляли вакцину та робили щеплення проти сказу.

О. М. Безредка вивчав проблеми імунітету та анафілаксії, він запропонував методику введення сироваток з метою профілактики анафілактичного шоку, яку використовують і нині (названа його ім'ям).

І. Г. Савченко встановив стрептококове походження скарлатини. Разом з І. І. Мечниковим вивчив механізм фагоцитозу та проблеми профілактики холери. Проводив досліди самозараження разом з Д. К. Заболотним. Заснував бактеріологічний інститут у Казані.

Великий науковий потенціал наших співвітчизників знайшов свою реалізацію в роботах Київської та Харківської шкіл мікробіологів, які виникли пізніше.

1.3. Місце мікроорганізмів у системі живих істот

До минулого століття основою класифікації живих організмів були відмінності у зовнішньому вигляді та будові тварин і рослин. Під час створення такої класифікації враховувались родинні зв'язки представників таксономічних груп. До відкриття мікроорганізмів і тривалий час після цього біологи поділяли живий світ на два царства: рослин і тварин, які досить чітко були розмежовані доти, доки науковці мали обмежені відомості про мікроорганізми. Відкриті в XVII ст. мікроорганізми відносили до «маленьких живих звіряток». Лише в другій половині XIX ст.

(1866 р.) німецький біолог Е. Геккель (1834–1919 рр.) виділив мікроорганізми в окреме (третє) царство Protista (від грец. *protos* – найпростіший), оскільки вони мали суттєві відмінності і від тварин, і від рослин.

Згодом царство Protista було розділено на вищі і нижчі протисти, оскільки було виявлено два типи клітинної організації – еукаріотний і прокаріотний (терміни запропоновані протозоологом Е. Шаттоном у 30-х роках XX ст.). Враховуючи, що прокаріотна й еукаріотна організації клітин принципово різні, було запропоновано всі клітинні організми підрозділити на прокаріоти й еукаріоти.

У системі розподілу живих істот на п'ять царств використано два критерії – структурний та екологічний. За структурним критерієм живі організми були поділені на три царства: 1) прокаріоти (бактерії); 2) одноклітинні; 3) багатоклітинні еукаріоти. За екологічним критерієм багатоклітинні еукаріоти, у свою чергу, поділені на три царства: рослини (Plantae), гриби (Fungi) і тварини (Animalia), що розрізняються за способом живлення. Так, рослини мають фототрофний тип живлення за рахунок фотосинтезу; гриби – осмотрофний (абсорбційний); тварини – голозойний, що полягає в захопленні і перетравлюванні твердої їжі.

Крім того, об'єктами вивчення мікробіології є віруси, які є найбільшими молекулами і разом з тим найменшими формами живої матерії. Вірусологи розглядають їх як інформаційні макромолекули, які самі по собі не є організмами. Вперше спостерігати віруси і з'ясувати їх структуру вдалося лише після винаходу електронного мікроскопа. Віруси займають місце між найдрібнішими бактеріальними клітинами і найбільшими органічними молекулами.

Існує декілька класифікацій живих організмів. Серед мікробіологів найбільшу популярність здобула класифікація живих організмів, наведена в підручнику Г. Шлегеля, відповідно до якої існує три царства живих організмів: рослини, тварини та протисти. Царство протист охоплює організми, які відрізняються від рослин і тварин низьким морфологічним диференціюванням. Це в основному одноклітинні форми. Під час вивчення

мікроорганізмів виявилося, що серед них є надзвичайно прості та складні за будовою істоти. Це стало основою для поділу протистів на вищих і нижчих. До *вищих протистів*, або еукаріот, віднесено мікроскопічні тваринні об'єкти (найпростіші), мікроскопічні водорості (крім синьо-зелених) та мікроскопічні гриби (дріжджі, пліснява). До *нижчих протистів*, або прокаріот, віднесено бактерії й синьо-зелені водорості (ціанобактерії). 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.), усі живі організми поділяються на прокаріоти (бактерії) та еукаріоти (найпростіші, гриби, мікроскопічні водорості, рослини та тварини). 1979 р. В. Балч запропонував виділити архебактерії в окреме царство, і відповідно до запропонованої класифікації живі організми належать до трьох царств: еукаріоти, архебактерії та еубактерії.

За Р. Уіттейкером (1969 р.), існує п'ять царств живих організмів: прокаріоти (бактерії), протисти (найпростіші), рослини, тварини, гриби. Виділення грибів в окреме царство живих організмів вважається одним з найбільш важливих досягнень мікології XX ст.

Наприкінці 90-х років XX ст. запропоновано ще одну класифікацію, відповідно до якої живі організми поділяють на три надцарства: акаріоти (безядерні); прокаріоти (доядерні); еукаріоти (ядерні). До надцартсва акаріотів належить царство вірусів; до надцарства прокаріотів – царства архебактерій, ціанобактерій та еубактерій; до надцарства еукаріотів – царства рослин, тварин і грибів.

Запропонувати єдину класифікацію для всіх мікроорганізмів досі ще не вдається. У зв'язку з цим були розроблені класифікації для окремих їх груп, зокрема бактерій і грибів.

Мікроорганізми у таксономічному відношенні – досить різноманітна група, представники якої відрізняються один від одного морфологією, будовою, фізіологією, типами конструктивного й енергетичного метаболізму, а також особливостями живлення

клітини, але загальною їх ознакою є малі розміри особин. Саме з цією характеристикою пов'язані особливості морфології мікроорганізмів, активність і пластичність їх метаболізму, поширення в природі, а також зручність роботи в лабораторії.

Діаметр більшості бактерій не перевищує тисячної частки міліметра (мікрометр, або мікрон). Дані про тонку структуру клітини наводяться в нанометрах (1 мкм = 1 мікрон = 1 000 нм = 10^{-6} мм). Розмір дрібних ціанобактерій, дріжджів і найпростіших становить близько 10 мкм.

Для таких надзвичайно малих організмів характерним є досить велике співвідношення поверхні до обсягу, що зумовлює інтенсивну взаємодію з навколишнім середовищем. З цим пов'язаний швидкий обмін речовин між середовищем і клітинами мікроорганізмів. Відповідно, високою є і швидкість росту мікроорганізмів.

Характерною особливістю мікроорганізмів є також пластичність їх метаболізму. Для бактерій висока здатність до адаптації є просто необхідною. Це визначається їх малими розмірами. У бактеріальній клітині може розміститись лише декілька сотень тисяч білкових молекул. Тому непотрібні на цей момент ферменти не можуть міститися про запас. Деякі ферменти, необхідні для перероблення поживних речовин, утворюються лише тоді, коли відповідна речовина з'являється поблизу клітини. Такі індуцибельні ферменти можуть становити до 10 % білка, що міститься в клітині. Таким чином, клітинні регуляторні механізми у мікроорганізмів відіграють більш суттєву роль і проявляються чіткіше, ніж в інших живих істотах.

Малі розміри мікроорганізмів мають важливе значення і для їхнього поширення в навколишньому середовищі. На відміну від багатьох рослин і тварин, які існують лише на певних континентах, мікроорганізми є скрізь. Маючи малу масу, вони легко поширюються, наприклад з повітряними потоками. І тільки довкілля визначає, які форми будуть у цьому місці активно розмножуватися. Створюючи в пробірці селективні умови, можна з невеликої кількості ґрунту, харчових продуктів отримати накопичувальні культури, а з них – чисті культури більшості відомих

мікроорганізмів. Вагому роль відіграють мікроорганізми у природних процесах: вони розкладають трупи тварин; залишки коренів, стебел і листя, перетворюють мертву органічну речовину в родючий ґрунтовий гумус тощо.

Запитання 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 XX ст. стали підґрунтям для розвитку біотехнології?
7. Яке місце серед живих організмів займають мікроорганізми?
8. Назвіть принципові відмінності між прокаріотами та еукаріотами.
9. Якими загальними властивостями характеризуються мікроорганізми?
10. Охарактеризуйте відомі класифікації живих організмів.
11. Яку роль відіграють мікроорганізми у житті людини? Використання мікроорганізмів у народному господарстві.
12. Розкрийте взаємозв'язок мікробіології з товарознавством.

РОЗДІЛ 2
МОРФОЛОГІЯ І КЛАСИФІКАЦІЯ МІКРООРГАНІЗМІВ

2.1. Систематика і номенклатура мікроорганізмів

Усі живі істоти, що існують у природі, мають певну спорідненість між собою. Чим ближча спорідненість, тим більше спільних ознак вони мають. Групуванням живих істот, зокрема мікроорганізмів, займається спеціальна галузь біології – систематика.

Систематика (від грец. *systematikos* – упорядкований) – розділ біології, основним завданням якого є всебічний опис видів тварин, рослин і мікроорганізмів, дослідження родинних зв'язків, об'єднання їх у взаємопов'язані та взаємопідпорядковані категорії (таксони): вид, рід, родина, порядок, клас, відділ; виявлення шляхів утворення видів та складання природної системи організмів.

Процес встановлення належності живих істот до певної групи (таксону) називають класифікацією.

Класифікація – система супідрядних понять (класів, об'єктів) у будь-якій галузі, що складена на основі врахування загальних ознак об'єктів і закономірних зв'язків між ними. Класифікація дозволяє орієнтуватись у різноманітності об'єктів і виступає джерелом знань про них.

Основною одиницею класифікації є **вид** *(species)* – це категорія, що обмежує генотипові пов'язані групи штамів, які мають високий ступінь подібності за незалежними ознаками, визначеними за певних стандартних умов.

До одного виду можуть належати декілька штамів. **Штам** (від грець. *stammen* – чинитися, виникати) – культура генетично однорідних мікроорганізмів або вірусів цього виду, яка виділена з певного джерела (організму хворої тварини або людини, ґрунту тощо) та має особливі фізико-біохімічні властивості. Види об'єднуються у **роди** (*genus*, у множині – *genera*), роди – у

родини (латинські назви родин закінчуються на – *aceae*). Родини об'єднуються в порядки (латинські назви порядків закінчуються на ales), порядки – у **класи**; класи об'єднуються у **відділи**.

У мікробіології також застосовують термін **клон** (від грецьк. *klon* – гілка, пагін) – культура мікроорганізмів, яка отримана з однієї материнської клітини, тобто є її генетично однорідним нащадком.

Номенклатура (від латин. *nomenclatura* – розпис імен) – сукупність або перелік назв, термінів, які використовуються у будь-якій галузі науки і техніки.

Для позначення мікроорганізмів прийнята **подвійна (бінарна) номенклатура**: родова та видова назви, що записуються в латинській транскрипції. Перша вказує на родову належність (пишеться з великої букви), друга – на назву видову (пишеться з малої букви). Видова назва, як правило, вказує на певну характерну ознаку чи властивість цього виду. Наприклад, *Vibrio cholera* – холерний вібріон, *Sarcina flava* – сарцина жовта, *Streptococcus lactis* – стрептокок молочнокислий.

Ідентифікація (від латин. *identificare* – ототожнювати) – порівняння невідомих (досліджуваних) організмів з уже класифікованими для встановлення їхньої ідентичності й найменування, тобто для віднесення досліджуваного об'єкта до певного таксона.

Для ідентифікації й систематизації мікроорганізмів використовують різні критерії, що базуються на особливостях їхньої фізіології, морфології, антигенних та інших властивостях.

Основними компонентами живої клітини є нуклеїнові кислоти – дезоксирибонуклеїнова та рибонуклеїнові (РНК), білки, ліпіди та вуглеводи. Вивчення будови деяких типів клітин дозволило виявити принципові відмінності між ними. Відповідно, клітини поділено на дві групи – прокаріоти й еукаріоти. Причому прокаріоти розглядаються як реліктові форми, що збереглися з найдавніших часів еволюції, а поява еукаріотичних форм, що виникли з прокаріот, – як досить важливий крок в історії життя. Ключові відмінності між зазначеними типами клітин наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Характерні ознаки клітини еукаріот і прокаріот

Показник	Прокаріоти	Еукаріоти
Зовнішня клітинна мембрана	+	+
Ядро, вкрите ядерною мембраною	–	+
Генетичний апарат	одноланцюгова ДНК, зазвичай кільцева	парні хромосоми, які складаються з комплексу ДНК і білка
Ендоплазматична сітка	–	+
Рибосоми	+	+
Клітинний центр	–	є в більшості тварин і деяких рослин
Мітохондрії	–	+
Комплекс Гольджі	–	+
Лізосоми	–	+
Джгутики	є в деяких видах	є в деяких видах
Поділ	простий, якому передує реплікація ДНК	мітоз (непрямий) або мейоз

Еукаріоти мають істинне ядро, в якому міститься переважна частина геному еукаріотичної клітини. Геном представлений набором хромосом, які у процесі мітозу подвоюються і розподіляються між дочірніми клітинами. В еукаріотичній клітині є інші органели, що містять ДНК – мітохондрії і хлоропласти (у рослин), але в них міститься незначна частина клітинного геному.

Прокаріоти не мають ядра, відокремленого ядерною оболонкою. ДНК у вигляді замкненої кільцевої молекули вільно розміщена у цитоплазмі. Ця бактеріальна хромосома містить усю необхідну для розмноження клітини інформацію.

Запропонувати єдину класифікацію для всіх мікроорганізмів досі ще не вдається. У зв'язку з цим були розроблені класифікації для окремих їхніх груп, зокрема бактерій і грибів.

2.2. Морфологія, систематика та класифікація бактерій

Під назвою «*бактерії*» об'єднана велика група найменших одноклітинних організмів, які можуть розмножуватися виключно поділом клітин.

Будова бактеріальної клітини. Бактеріальна клітина має досить складну гетерогенну і разом з тим чітко впорядковану структуру. У загальних рисах будова бактеріальної клітини не відрізняється від будови клітини вищих організмів.

Клітина як універсальна одиниця життя виявилася настільки досконалою формою організації живої матерії, що в процесі еволюції від одноклітинних до вищих багатоклітинних організмів вона зберегла всі основні риси своєї будови, а отже, і функції (рис. 2.1).

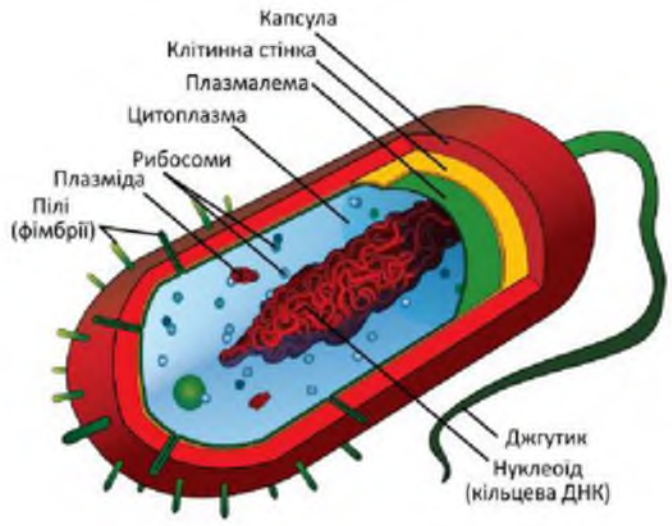


Рис. 2.1. Клітинна структура прокаріотів

У складі будь-якої стабільної бактеріальної клітини вирізняють поверхневі структури, клітинну стінку і цитоплазму. До основних поверхневих структур бактеріальної клітини відносять капсулу, джгутики, фімбрії та пілі.

Їх наявність є стабільною ознакою, що використовується для ідентифікації бактерій. ***Капсула*** розміщена поверх клітинної стінки. За хімічним складом вона може бути полісахаридної природи (моно- або гетерополісахарид) або складається з поліпептидів і полісахаридів. Хімічний склад капсули залежить від виду мікроорганізмів і поживного середовища. Капсула є пристосувальним утворенням у сапрофітних бактерій. У патогенних бактерій полісахариди капсули можуть

сприяти вірулентності. Капсула утримується на поверхні клітинної стінки іонними та ковалентними зв'язками.

Окремі бактерії утворюють капсули тільки в організмі людини або тварини. Утворенню капсул сприяє вирощування мікроорганізмів на поживних середовищах, що містять багато вуглеводів, культивування їх за низьких температур. У деяких бактерій спостерігається утворення загальної капсули для багатьох особин. Такі скупчення мікробів в одній капсулі називають *зооглеями.* Капсула може бути тонкою, ледь помітною або досить значною, а іноді і більшою за бактеріальну клітину.

Капсула захищає клітину від механічних пошкоджень, є захисним осмотичним бар'єром проти висушування і притоку великої кількості води, запобігає проникненню фатів і антитіл, солей важких металів, іноді є джерелом запасних поживних речовин. Бактерії часто виділяють велику кількість слизу, який утворює навколо них товстий пухкий шар. З капсульних слизових речовин бактерій виготовляють замінники плазми крові та інші цінні препарати. Бактерії, що утворюють капсули, можуть бути причиною псування продуктів, яким надають слизувату та в'язку консистенцію.

Капсули клітин бактерій можна спостерігати у світловому мікроскопі під час обробки тушшю або фарбування Конго червоним.

Джгутики – орган руху грамнегативних прокаріотів та більшості архей. Їхня кількість і розташування – характерна ознака, що має таксономічне значення. Так, монотрихи мають один джгутик, який розміщується на полюсі клітини (холерний вібріон); лофотрихи мають пучок джгутиків, який розміщується на одному кінці (синьогнійна паличка); амфітрихи мають пучок джгутиків, що розміщується на обох кінцях (спірили), і, нарешті, перитрихи – їхні джгутики розміщуються на всій поверхні клітини (сальмонели, ешерихії тощо). Джгутики складаються зі спіральної нитки, «гачка» і базального тільця, закріпленого у плазматичній мембрані та клітинній стінці. Спіральнопорожниста нитка утворена субодиницями білка флагеліну і має у різних клітин будь-яку товщину та довжину. Рушійною силою

обертання джгутика слугує протонний або натрієвий градієнт між периплазмою та цитоплазмою.

Фімбрії (від латин. *fimbria* – бахрома) – короткі тонкі волоски в кількості від 10 до кількох тисяч, які мають товщину в межах 3–25 нм. До складу фімбрій входять лектини – вуглеводзв'язувальні білки, молекулярна маса яких становить 16 000–25 000. За участі фімбрій бактерії здійснюють реакції розпізнавання та прикріплення.

F-пілі (від англ. *fertility* – плодючість + латин. *pilus* – волосина) – жорсткі циліндричні утворення, які беруть участь у кон'югації (передача генетичного матеріалу) бактерій. F-пілі забезпечують контакт між клітиною-донором і клітиною-реципієнтом, а також передання спадкової інформації, що є у плазмідах.

У більшості бактерій ***клітинна оболонка*** складається з клітинної стінки і цитоплазматичної мембрани. Клітинна станка еластична, пружна і є механічним бар'єром між зовнішнім середовищем та протопластом, захищає клітину від несприятливих факторів оточуючого середовища, підтримує її форму, бере активну участь в обміні речовин, рості та поділі клітини. У клітинних оболонках бактерій відбувається багато хімічних реакцій, у тому числі синтез полісахаридів і, можливо, навіть білків.

Грамнегативні бактерії мають зовнішню мембрану – глікокалікс (від грецьк. *glykys* солодкий + *kalyx* – раковина) – покриття, яке утворено переплетінням полісахаридних волокон (декстрани і левани) й основна функція якого – адгезія до різних субстратів.

Клітинна стінка – важливий і обов'язковий структурний елемент бактеріальної клітини, на неї припадає від 5 до 50 % сухих речовин клітини. Клітинна стінка бере участь у рості та поділі клітини, захищає внутрішній вміст клітини від дії механічних і осмотичних сил зовнішнього середовища. Є фактором патогенності і визначає антигенну структуру мікроорганізмів. Клітинна стінка грампозитивних бактерій немає зовнішньої мембрани. Клітинна стінка архей побудована з псевдомуреїну, полісахаридів, білків та глікопротеїнів, що формують поверхневий шар, або чохлик.

Здатність (або, навпаки, нездатність) забарвлюватися, за І. Грамом, пов'язана з різницею в хімічному складі клітинних

стінок бактерій і основним чином – за рахунок різниці в кількості пептидоглікану. У грампозитивних бактерій клітинна стінка більш товста, аморфна, багатошарова, у ній міститься багато муреїну (50–90 % сухої маси клітинної стінки), тейхоєві кислоти, мало білків, полісахаридів, часто зустрічається лізин. У грамнегативних бактерій клітинна стінка тонка, слоїста, одношарова, в ній міститься багато ліпідів у сполуках з протеїдами, сахаридами і фосфатами, мало муреїну (5–10 %), відсутні тейхоєві кислоти.

Пептидоглікан (муреїн) – гетерополімер, який складається з почергових залишків N-ацетилу, N-глюкозаміну і N-ацетилмурамової кислоти, що сполучені β-1,4-зв'язками. До молекули N-ацетилмурамової кислоти приєднуються олігопептиди, що утворюють бічні ланцюги.

Цитоплазматична мембрана прилягає до внутрішньої поверхні клітинної стінки і складається з трьох шарів – ліпідного, протеїнового та полісахаридного. Вона є фізичним, осмотичним і метаболічним бар'єром між внутрішнім вмістом бактеріальної клітини та зовнішнім середовищем. Через цитоплазматичну мембрану здійснюється активне транспортування різних речовин та іонів. У ній локалізовані рецептори, за допомогою яких приймаються різні сигнали, що надходять з навколишнього середовища. На поверхні мембрани містяться ферментні системи (пермеази), які беруть участь у синтезі нуклеїнових кислот, білків, ферментів.

У грампозитивних бактерій мембранні утворення більш складні за рахунок формування структурних ділянок – ***мезосом.*** Саме вони є ділянками проникнення в клітину трансформувальної ДНК, прікріплення плазмід і синтезу екзоферментів. Мезосоми беруть свій початок від цитоплазматичної мембрани і зберігають з нею зв'язок. Вони утворюються шляхом відгалуження і випинання (інвагінації) у клітину цитоплазматичної мембрани в бік цитоплазми. Ззовні мезосоми вкриті тонкою мембраною, а всередині мають ряд пластинок. Мезосоми виконують різні функції. У них і в пов'язаній з ними цитоплазматичній мембрані розташовані ферменти, які беруть участь в енергетичних процесах. У пластинах мезосом є дихальні ферменти, які транспортують електрони. Мезосоми мають важливе

значення у процесі поділу клітини, в утворенні клітинних стінок.

Протопласт – це сукупність речовин, з яких складається вміст бактеріальної клітини, без клітинної оболонки. У протопласті розрізняють цитоплазму та ядерну речовину.

Цитоплазма бактерій являє собою складну колоїдну систему, що містить ДНК, рибосоми і запасні речовини. Решту становить колоїдна фаза, в якій містяться розчинені ферменти і РНК (мРНК і тРНК). Крім того, у бактерій може бути наявною додаткова ДНК у вигляді включень – ***плазмідів,*** що несуть деякі гени, які кодують додаткові властивості бактерій.

Рибосоми – структури у вигляді дрібних гранул діаметром 10–20 нм, розсіяних у цитоплазмі. У їх складі 60 % рибонуклеїнової кислоти (РНК) і 40 % протеїну. У бактеріальній клітині міститься від 5 до 50 тис. рибосом, які є основним місцем синтезу білка в клітині.

У цитоплазмі клітин прокаріот розташований ***нуклеоїд*** – бактеріальне «ядро». На відміну від ядра еукаріотів, нуклеоїд не має оболонки і ДНК перебуває у безпосередньому контакті з цитоплазмою. Поділ на хромосоми, мітоз та мейоз відсутній. Аналогом хромосом еукаріотів є згорнута в кільце гігантська ланцюгова ДНК, молекулярна маса якої 10^9 Да. У клітинах прокаріотів може бути кілька нуклеоїдів і копій хромосом. На частку ДНК припадає приблизно 1–3 % сухої маси клітин. Суттєвих змін у стані нуклеоїду прокаріот у процесі клітинного циклу не спостерігається.

У цитоплазмі містяться також гранули із запасними речовинами, наявність і кількість яких змінюється залежно від виду бактерій та їх метаболічної активності.

У вигляді гранул можуть запасатися полісахариди (крохмаль, глікоген, гранульоза), жири (триацилгліцероли, що подібні із жирами вищих тварин, запасаються у дріжджів роду *Candida*), воски – у мікобактерій і нокардій, полімери β-оксимасляної кислоти, поліфосфати (волютин) – у *Spirillum volutans,* сульфур – бактерій, що окиснюють сульфіди, кристалізовані білки (протоксин) – *Bacillus thuringiensis.*

Гранульоза та глікоген – це вуглеводи, які під час гідролізу розпадаються на глюкозу і використовуються як джерела вуглецю та енергії.

Волютин – азотиста сполука, до складу якої входять поліфосфати та РНК. Вперше його було виявлено у *Spirillum volutans,* звідки й походить назва. Волютин використовується як джерело фосфору й енергії.

Ліпіди містяться в клітинах у вигляді гранул і крапель. Вони є суттєвим джерелом вуглецю й енергії.

У клітинах сіркобактерій відкладається молекулярна сірка.

У цитоплазмі деяких видів бактерій є ***пігменти*** – включення, які надають колоніям відповідного забарвлення. Пігменти бактерій належать до різних класів органічних сполук: каротиноїдів, азахінонів, антоціанів, піролів, феназинових барвників тощо. Пігментоутворення генетично детерміновано і тому використовується під час ідентифікації бактерій. Порівняно з пігментованими бактеріями непігментовані гинуть на світлі швидше. Деякі пігменти, зокрема каротиноїди, використовуються як барвники у харчовій промисловості.

Вакуолі – це утворення, що містяться у цитоплазмі, заповнені клітинним соком, який є водним розчином різних мінеральних та органічних речовин. Вакуолі оточені мембраною (тонопласт) ліпопротеїдного походження. Біологічна функція вакуолів остаточно не з'ясована. Одні вчені вважають, що у вакуолях нагромаджуються шкідливі продукти метаболізму, інші – що вони виникають при надлишку у клітині води. Можливо, вакуолі виконують функцію додаткових ферментів дихання. Кількість вакуолів у клітинах коливається від 6 до 20. Вакуолі добре помітні у цитоплазмі бактерій старих культур.

Розміри та форма бактерій. Форма та розміри бактерій мають вагоме таксономічне значення і є важливими критеріями під час їхньої ідентифікації. Розміри бактерій вимірюються мікронами і коливаються від десятих часток мікрона до декількох мікронів. Середній розмір бактерій становить 1–5 мкм. Проте серед них зустрічаються бактерії як гігантських розмірів, так і надзвичайно малі.

Форма клітин більшості бактерій є сталою видовою ознакою. Переважна більшість відомих бактерій має форму сфери (кулясті), циліндра (паличкоподібні) або спіралі. Зустрічаються також ниткоподібні (рис. 2.2).

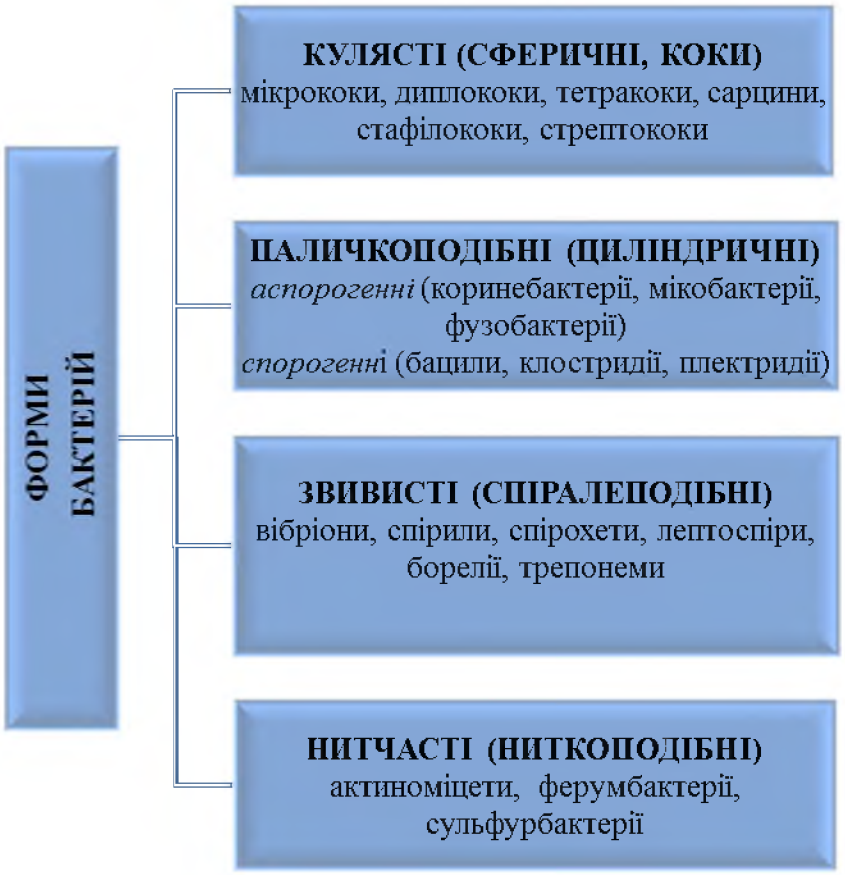


Рис. 2.2. Поділ бактерій за морфологічними ознаками

Кулясті бактерії бувають округлими, сферичними, еліпсоподібними, ланцетоподібними, богоподібними. За розміщенням у просторі, характером ділення і біологічними властивостями кулясті бактерії бувають поодинокими (коки, мікрококи), з'єднаними по дві клітини (диплококки), чотири клітини (тетракокки), в довгі ланцюжки (стрептококи), у пакети (сарцини), у вигляді скупчень неправильної форми, переважно у вигляді виноградного грона (стафілококи) (рис. 2.3).

Паличкоподібні бактерії розрізняються за величиною співвідношення довжини клітини до її поперечного розміру. У коротких паличок це співвідношення настільки незначне, що їх важко відрізнити від коків. Паличкоподібні бактерії мають циліндричну

форму. Також паличкоподібні бактерії відрізняються між собою формою кінця палички – він може бути загостреним, заокругленим, тупо зрізаним або увігнутим. Зустрічаються бактерії з бульбоподібними потовщеннями на кінцях або розгалуженнями у вигляді бокових виростів.

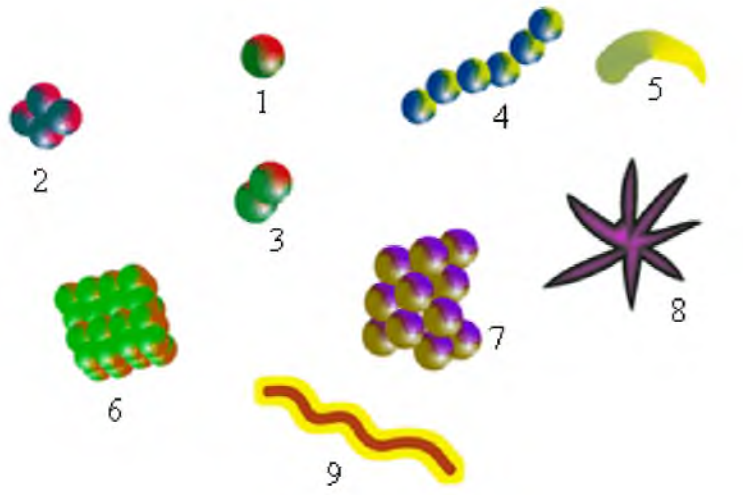


Рис. 2.3. Форми бактеріальних клітин: 1 – монокок; 2 – тетракоки; 3 – диплокок; 4 – стрептокок; 5 – вібріон; 6 – сарцина; 7 – стафілокок; 8 – бактерія з виростами-простеками; 9 – спірохета

Паличкоподібні бактерії поділяють на просто бактерії, які не утворюють спор, бацили, які утворюють спори, та клостридії, які переважно утворюють спори, але можуть і не утворювати їх.

Паличкоподібні бактерії можуть бути розміщені поодиноко без певної системи (більшість бактерій), сполученими попарно по довжині (диплобактерії та диплобацили) та розміщеними у вигляді ланцюжка по три-чотири і більше клітин (стрептобактерії та стрептобацили).

Звивисті бактерії відрізняються між собою ступенем звивистості, довжиною і товщиною клітин. Бактерії спіральної форми характеризуються різною кількістю витків: спірили мають від одного до декількох витків спіралі у вигляді штопора; вібріони виглядають як вигнуті палички або коми, їх можна розглядати як повний виток; спірохети – довгі, тонкі палички з чисельними закрутками.

Ниткоподібні форми являють собою довгі нитки діаметром від 1 до 7 мкм, які складаються зі щеплених коротких паличкоподібних клітин. Нитки покриті тонкою слизовою оболонкою.

З розвитком мікроскопічної техніки та удосконаленням методів підготовки препаратів відкриті інші екзотичні форми бактерій. Деякі бактерії мають вигляд зімкнутого або розімкнутого

кільця, у деяких видно клітинні вирости (простеки), кількість яких коливається від 1 до 8 і більше, виявлені бактерії незвичайної форми, подібні кристалам тощо.

Тинкторіальні властивості – здатність забарвлюватися барвниками. У мікробіології найбільш поширеним є забарвлення за методом Грама, який ґрунтується на здатності сприймати й утримувати всередині клітини комплекс генціанового фіолетового з йодом або втрачати його після оброблення етанолом. За цією властивістю бактерії поділяють на:

✓ грампозитивні – добре утримують комплекс генціанового фіолетового з йодом і стійкі до знебарвлення етанолом; після оброблення фуксином вони забарвлюються у фіолетово-пурпуровий колір;

✓ грамнегативні – знебарвлюються етанолом, тобто втрачають комплекс генціанового фіолетового з йодом і добре поглинають фуксин; у мазках вони забарвлюються в малиново-червоний колір.

Існують бактерії, клітинна стінка яких містить багато ліпідів, що робить їх стійкими до наступного після фарбування знебарвлення кислотами, лугами або етанолом. Такі бактерії називають кислотостійкими, їх важко забарвлювати за Грамом (хоча їх відносять до грампозитивних) і використовують для цього інші методи (наприклад, метод Циля-Нільсена).

Залежно від фізіологічної активності бактерії поділяють за способом живлення, типом отримання енергії (дихання, бродіння, фотосинтез), відношенням до pH середовища із зазначенням меж стійкості й оптимуму росту тощо. Найважливішим критерієм вважають потребу в оксигені. За цією ознакою бактерії поділяють на:

✓ аеробні – бактерії цього типу використовують молекулярний оксисен як кінцевий акцептор електронів під час дихання і мають пов'язану з мембраною цитохром-с-оксидазу, яка виконує основну роль в електронотранспортному ланцюгу;

✓ анаеробні – бактерії, що нездатні утилізувати молекулярний оксисен як кінцевий акцептор електронів; вони отримують енергію або під час бродіння, за якого кінцевими акцепторами електронів є органічні сполуки, або за анаеробного дихання,

використовуючи інші акцептори електронів (наприклад, SO_4^{2-}, NO_3^- або Fe^{3+});

✓ мікроаерофільні – бактерії, що розвиваються за низьких концентрацій оксисену; енергію отримують шляхом бродіння; мають анаеробні й аеробні дегідрогенази, але не мають цитохром-с-оксидази та каталази.

Рухливість – спосіб пересування, що є важливою ознакою бактерій. Рухливість зумовлена наявністю джгутиків, за розміщенням яких бактерії поділяють на монотрихи, перитрихи, лофотрихи й амфітрихи (рис. 2.4). Нитки джгутиків можуть мати різну довжину чи товщину, але обов'язково містять специфічний білок флагелін, який часто порівнюють зі скорочувальним білком міозином.

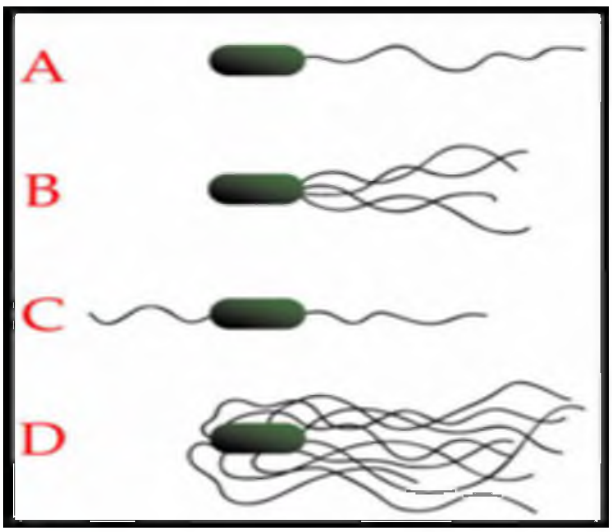


Рис. 2.4. Типи розташування джгутиків:
A – монотрихи; B – лофотрихи; C – амфітрихи; D – перитрихи

Спрямованість руху бактерій визначається розташуванням джгутиків. Монтрихи і лофотрихи рухаються прямолінійно, перитрихи під час прямолінійного руху можуть безладно перекидатися. Залежно від зовнішніх факторів, під впливом яких відбувається пересування, у рухливих бактерій розрізнять спрямовані рухи (таксиси): хемотаксис, темотаксис, аеротаксис, фототаксис, магнітотаксис, віскозотаксис.

Швидкість пересування бактерій досить велика. За секунду клітина з джгутиками може подолати відстань у 20–30 разів більшу за довжину власного тіла. Найбільш рухливими є монотрихи, які розвивають швидкість 60 мкм/с. Характер руху бактерій залежить від джгутиків, віку і властивостей культури, температури, наявності хімічних речовин та інших факторів. Більшість бактерій мають джгутики на ранній стадії розвитку. Пізніше під впливом різних факторів (спороутворення, механічні пошкодження, дія антисептиків, старіння клітини) вони можуть втратити їх.

Рухатися без джгутиків можуть ковзаючі бактерії (міксобактерії, ціанобактерії) та спірохети. Крім активної рухливості за допомогою джгутиків і скорочень тіла, для багатьох бактерій характерним є молекулярний, пасивний або броунівський рух, який є результатом теплового руху молекул навколишнього середовища і проявляється коливанням клітин на одному місці.

Ріст і розмноження бактерій. Для мікроорганізмів, як і для інших живих істот, характерним є ріст і розмноження. Під терміном «ріст» розуміють необоротне збільшення кількості живої речовини (наприклад, білка, ДНК, РНК), яке зазвичай пов'язане зі збільшенням розмірів і маси клітин. Ріст мікробної клітини небезмежний, і за досягнення певної величини клітина припиняє ріст і починає розмноження.

Мікроорганізми розмножуються переважно ***бінарним поділом***, коли з однієї клітини утворюється дві, кожна з яких знову ділиться. Процесу поділу завжди передує подвоєння (реплікація) ДНК. Існує два типи поділу – перетяжкою і за допомогою поперечної перегородки.

Поділ перетяжкою (констрикція) супроводжується звуженням клітини в місці її поділу, і в цьому процесі беруть участь усі шари клітинних оболонок. Інвагінація оболонок з обох боків у середину клітини ще більше її звужує і, нарешті, ділить на частини. Поділ перетяжкою характерний для грамнегативних бактерій.

Поділ з утворенням поперечної перегородки притаманний грампозитивним бактеріям.

Поділ паличкоподібних бактерій може відбуватися лише в одній площині, а сферичних – у різних площинах. Так, якщо виникає одна перегородка, то клітина ділиться в одній площині й утворюються мікрококи, диплококи, стрептококи. Дві перегородки розміщуються у двох взаємно перпендикулярних площинах, і тоді під час поділу утворюються тетракоки. Під час розміщення перегородок у трьох взаємно перпендикулярних площинах утворюються скупчення клітин у вигляді сарцин. У процесі поділу поперечною перегородкою цитоплазматична мембрана разом з клітинною стінкою вростає всередину клітини, інвагінати зближуються, з'єднуються і перегородка розщеплюється.

Розрізняють три типи поділу клітин бактерій:

✓ синхронний поділ, під час якого розділення і поділ нуклеоїда супроводжується утворенням одноклітинних мікроорганізмів;

✓ коли поділ випереджає розділення клітин, що спричинює утворення «багатоклітинних» форм;

✓ коли поділ нуклеоїда випереджає поділ клітини, що зумовлює утворення багатонуклеоїдних бактерій.

Бактерії можуть розмножуватися також брунькуванням, яке є різновидом бінарного поділу. Під час цього процесу на одному з полюсів материнської клітини утворюється невеличкий виріст (брунька), який збільшується під час росту. Коли брунька досягає розмірів материнської клітини, вона відокремлюється. У результаті утворюються нерівноцінні клітини. Цей спосіб притаманний бактеріям родів *Hyphomicrobium, Rhodomicrobium, Nitrobacter,* які мають ди- та поліморфні клітинні цикли.

Період від поділу до поділу бактеріальної клітини називають клітинним циклом. У бактерій розрізняють кілька типів вегетативного клітинного циклу:

✓ мономорфний, за якого в нормальних умовах утворюється тільки один морфологічний тип клітин (бацили, кишкова паличка);

✓ диморфний – коли виникають дві клітини, що відрізняються між собою за формою, розмірами або мають інші ознаки й відмінності (бактерії роду *Caulobacter*);

✓ поліморфний – коли утворюється кілька морфологічно різних типів клітин (актиноміцети, артробактерії).

У лабораторних умовах мікроорганізми (культура) вирощують (культивують) на живильних середовищах, сприятливих для їх росту. Для цього використовують певну популяцію. ***Популяція*** – це сукупність бактерій одного виду (чиста культура) або різних видів (змішані культури, асоціації), що розвиваються в обмеженому просторі (наприклад, поживне середовище).

Швидкість розмноження бактерій у популяції різна. Вона залежить від багатьох чинників: виду культури, живильного середовища, температури, концентрації вуглекислоти та багатьох інших факторів.

Ознаками росту бактерій на рідкому живильному середовищі можуть бути помутніння бульйону, утворення плівки або осаду. На щільних живильних середовищах бактерії утворюють характерні для цього виду колонії, які відрізняються формою, розміром, будовою, консистенцією та кольором.

Розмноження бактерій відбувається за визначеними закономірностями. Розрізняють культури періодичні, безперервні та синхронні. Періодичні культури характеризуються вираженою циклічністю у своєму розвитку.

Ріст популяції клітин в обмеженому життєвому просторі (періодична культура) може бути розділений щонайменше на чотири фази (рис. 2.5).

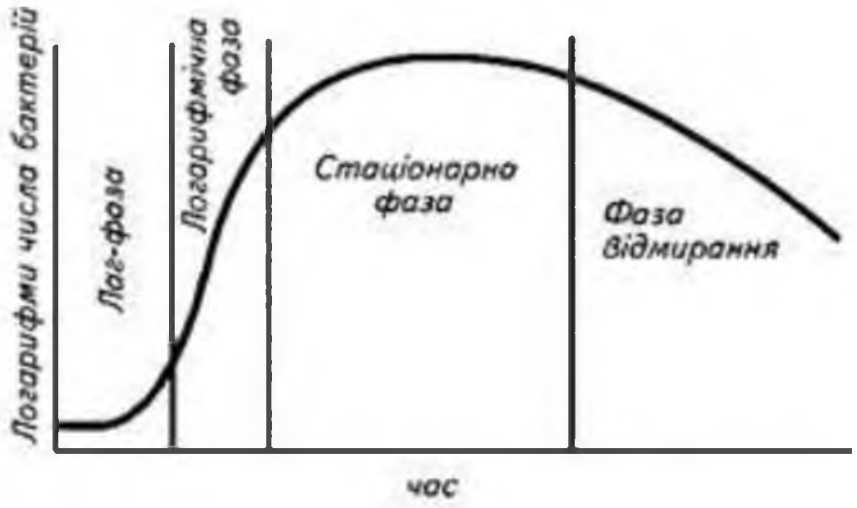


Рис. 2.5. Фази росту бактеріальної культури

1. Лаг-фаза починається з моменту посіву бактерій у свіже поживне середовище і відповідає періоду фізіологічного пристосування, який включає індукцію ферментів, синтез і складання рибосом. Тривалість лаг-фази залежить від віку посівного матеріалу (інокуляту) бактерій, попередніх умов культивування та того, наскільки придатним для росту є це середовище.

2. Експоненційна фаза (фаза логарифмічного інкубаційного росту) характеризується максимальною швидкістю клітинного поділу. У цій фазі процеси росту відбуваються збалансовано: подвоєння біомаси супроводжується подвоєнням кількості білка, ДНК, РРНК та інших метаболітів (наприклад, токсинів, бактеріоцинів).

Оскільки в цій фазі швидкість поділу клітин є величиною відносно сталою, вона є зручною для визначення швидкості поділу та росту клітин. Крім того, вплив факторів зовнішнього середовища на ріст бактерій визначають, спостерігаючи за показником біомаси чи кількістю клітин саме під час експоненційного росту.

3. Стаціонарна фаза настає тоді, коли кількість клітин перестає збільшуватись, установлюється рівновага між клітинним ростом і поділом та процесом відмирання клітин. У стаціонарній фазі спостерігається максимальна біомаса і максимальна сумарна кількість клітин.

4. Фаза відмирання (спаду, лізису) включає період зменшення швидкості розмноження бактерій, який переходить у період логарифмічної загибелі. Іноді клітини лізуються під дією власних ферментів (автоліз). Такий стан бактеріальної популяції зумовлюється зміною фізико-хімічних властивостей поживного середовища та іншими несприятливими чинниками.

Описана циклічність розвитку мікробної культури може бути зміщена, якщо застосувати ***метод безперервного культивування.*** Метод полягає в тому, що в ємність (культиватор), у якій вирощуються бактерії, безперервно надходить свіже поживне середовище і водночас з такою самою швидкістю відводиться культуральна рідина, яка містить бактеріальні клітини та продукти їх метаболізму. За такого культивування створюються умови для тривалого перебування культури у фазі експоненційного росту за постійної концентрації субстрату і незмінних інших умов.

Для вивчення синтезу окремих компонентів бактеріальної клітини під час її поділу, а також проведення цитогенетичних і генетичних досліджень використовують ***синхронні культури.*** Це культури, в яких певний час усі клітини діляться одночасно (синхронно) за рахунок однакової готовності до росту та поділу. Синхронізація культури досягається фізичними (температурний вплив, диференційне центрифугування, диференційне фільтрування, чергування світлових і темнових режимів у фотосинтезуючих бактерій) та хіміко-біологічними методами – вирощування бактерій на неповноцінних поживних середовищах з наступним

перенесенням їх у повноцінні середовища, вимушене голодування бактерій.

Форми спокою у прокаріот. У разі потрапляння у несприятливі умови (пі час нестачі поживних речовин або вологи, зміни температурних умов, pH середовища, аерації, нагромадження у середовищі шкідливих продуктів обміну) частина мікроорганізмів здатна утворювати спори, цисти та міксоцисти. Є спори, що утворюються всередині бактеріальної клітини (ендоспори). При цьому спостерігається споживання запасних речовин, нагромадження білка й ущільнення нуклеоїду.

Спори утворюють в основному паличкоподібні бактерії (бацили та клостридії) і досить рідко кулясті та звивисті форми. Формування спор – це одна із стадій розвитку мікроорганізмів, вироблена у процесі еволюції за збереження виду. Утворення спор відбувається у зовнішньому середовищі і не спостерігається в організмі людей і тварин.

В одній бактеріальній клітині може утворюватися тільки одна спора.

Спороутворення є складним процесом диференціації бактеріальної клітини, який супроводжується утворенням дипіколінової кислоти (у вегетативних клітинах не міститься). У процесі формування спори спостерігається інвагінація цитоплазматичної мембрани материнської клітини і відокремлення частини протопласта, яка містить лише один геном. Цей протопласт оточується плазматичною мембраною материнської клітини, яка синтезує спрямований усередину кортекс (кору спори). Спори вивільняються під час автолізу материнських клітин (після дозрівання спори материнська клітина відмирає). Процес спороутворення триває 18–20 год. Завдяки тому, що вміст води в спорах не перевищує 15 %, вони досить стійкі до хімічних агентів, випромінювання та дії високих температур.

Спори розрізняються за розміром, формою та положенням у материнський клітині. За бацилярного положення спори не змінюють форми клітин і можуть розташовуватися центрально, ексцентрально чи термінально. За клостридіального спороутворення клітина набуває веретеноподібної форми, а спора розташовується

в центральній частині. За плектридіального розміщення спора локалізується термінально, а клітина набуває форми ракетки. Спори можуть бути круглими або овальними. Поверхня спор буває гладенькою, хвилястою, остеопобідною тощо.

Екзоспори утворюються брункуванням материнської клітини і не містять дипіколінової кислоти. Цей тип утворення спор притаманний представникам роду *Methylosinus* (метанокислювальні) та *Rhodomicrobium* (фототрофні пурпурові).

Деякі мікроорганізми, наприклад представники роду *Azotobacter*, в несприятливих умовах утворюють кулеподібні товстостінні клітини – цисти. Вони містять цитоплазму з нуклеоїдом і оточені двома оболонками. Міксобактерії утворюють міксоцисти, які є стадією їх життєвого циклу і загалом мало відрізняються від вегетативних клітин.

Усі форми спокою мікроорганізмів здатні тривалий час зберігатися в життєздатному стані. Потрапляючи у сприятливі умови, спори поглинають вологу, набрякають і перетворюються на звичайні вегетативні клітини, які здатні до росту і розмноження. Швидкість проростання спор залежить від умов зовнішнього середовища. За сприятливих умов спора може прорости за кілька годин. Є декілька типів проростання спор. Переважно спори проростають полярно, тобто на одному кінці, але може відбуватися й екваторіальне проростання, тобто проросток виходить через отвір у серединній частині спори перпендикулярно довгої осі.

Здатність мікроорганізмів до спороутворення використовують у їх систематиці під час вибору методів знезаражування предметів, приміщень, харчових продуктів, різних виробів.

Систематика і класифікація бактерій. Єдиної класифікації бактерій, яка б віддзеркалювала еволюційний розвиток окремих видів, наразі не існує. Сучасна систематика бактерій є штучною і відіграє роль діагностичних ключів або визначників, які використовуються для їх ідентифікації.

У процесі класифікації бактерій враховують морфологічні (форма, розміри та угрупування бактерій, наявність джгутиків, капсул, фарбування за Грамом), культуральні (особливості росту на твердих і рідких поживних середовищах), фізіологічні (відношення

до кисню, способи одержання енергії, залежність від температури і pH середовища, потреба у факторах росту), біохімічні (хімічний склад клітинної стінки, капсул, пігментів, запасних речовин, нагромадження продуктів метаболізму та ін.).

Загальновизнаною та найбільш поширеною є класифікація бактерій Д. Берджі (Bergey's Manual of Systematic Bacteriology). Згідно з цим визначником бактерії поділяють за формою, будовою клітинної стінки і забарвленням за Грамом на такі основні групи (табл. 2.2.).

Таблиця 2.2

Поділ мікроорганізмів за будовою клітинної стінки та забарвленням за Грамом

7.5.1. Gracilicutes	**7.5.2. Firmicutes**	**7.5.3. Tenericutes**	**7.5.4. Mendosicutes**
(лат. gracilis – вишуканий + cutis – шкіра) грамнегативні (тонкошкірі)	*(лат. firmus – міцний + cutis – шкіра)* грампозитивні (товстошкірі)	*(лат. tener – ніжний + cutis – шкіра)* мікоплазми (не мають клітинної стінки)	*(лат. mendosus – помилковий + cutis – шкіра)* архебактерії (не мають пептидоглікану
Класи	**Класи**	**Класи**	
1. Scotobacteria 2. Anoxyphotobacteria 3. Oxyphotobacteria	1. Firmsbacteria 2. Thallobacteria	1. Mollicutes	

Бактерії належать до царства прокаріот *(Procaryotae)*. У систематиці прокаріот є декілька сучасних напрямів, які ґрунтуються за різними типами подібності (чи спорідненості) мікроорганізмів:

✓ фенотипова – подібність, що оцінюється за морфолого-фізіологічними ознаками;

✓ хемотаксономічна – за особливостями хімічного складу клітинних стінок (моносахаридний, амінокислотний, ліпідний склад тощо);

✓ ієрархічна (генеалогічна) – спорідненість, що визначається за походженням організмів;

✓ філогенетична (еволюційна) – спорідненість, що визначається за походженням організмів і накладається на часову шкалу;

✓ генотипова – подібність, що оцінюється за генетичним матеріалом.

Ці системи є результатом застосування не лише різних методів, а насамперед різної методології. Нижче наведено спрощену класифікацію та систематику бактерій, під час складання якої враховано «Міжнародний кодекс номенклатури бактерій». За цією системою класифікації бактерії поділяють на родини, роди та види. В основі поділу на родини полягає форма бактерій, на роди – морфологічні ознаки (сполучення клітин, ступінь звивистості та здатність до спороутворення). Відповідно, усі бактерії поділяють на 5 родин:

1. Родина *Coccaceae* – родина кулястих бактерій. Вона поділяється на три роди: рід *Streptococcus* (стрептококи); рід *Sarcina* (сарцини); рід *Micrococcus* (мікрококи).

2. Родина *Bacteriaceae* – родина паличкоподібних. Вона поділяється на два роди: рід *Bacterium* (бактерії, що не здатні до спороутворення); рід *Bacillus* (бацили – спороутворювальні палички).

3. Родина *Spirillaceae* – родина звивистих бактерій. Поділяється на два роди: рід *Vibrio* – вібріони, зігнуті у вигляді коми; рід *Spirillum* – спіралі, звивисті з одним чи кількома завитками.

4. Родина *Spirochaetaceae* (спірохети) – звивисті, з численними завитками. Ця родина має тільки один рід.

5. Родина *Desmobacteriaceae* – родина ниткоподібних бактерій.

Кожен рід бактерій має безліч різних видів, що відрізняються між собою особливостями життєдіяльності. Для того щоб визначити родину та рід бактерій, варто вивчити морфологічні ознаки невідомої культури за допомогою мікроскопа. Для визначення виду бактерій необхідно ще вивчити фізіологічні та культуральні ознаки (відношення бактерій до різних джерел харчування шляхом висівів на різні поживні середовища та характер росту бактерій на них).

2.3. Морфологія та систематика грибів

Гриби *(Fungi)* – нижчі еукаріотні одноклітинні і міцеліальні хемоорганотрофні організми. Це велика група мікроорганізмів, що нараховує близько 100 000 видів. Гриби виділені в окреме царство, оскільки ця древня група організмів існувала ще до розділення рослин і тварин.

Гриби займають проміжне положення між тваринами і рослинами, оскільки характеризуються рядом ознак, що роблять їх подібними, з одного боку, до тварин (в оболонці є хітин, запас поживних речовин у вигляді глікогену, в результаті обміну речовин утворюється сечовина), а з іншого – до рослин (необмежений ріст, адсорбтивний тип живлення, тобто всмоктування). Гриби-сапрофіти живляться органічними речовинами відмерлих організмів, а гриби-паразити можуть жити на рослинах, тваринах і людині й також живляться органічними речовинами.

Більшість грибів за способом живлення є сапрофітами (розвиваються на різних неживих органічних субстратах). Поселяючись на харчових продуктах, гриби можуть викликати їхнє псування. Розвиваючись на промислових матеріалах і виробах, шкірі, деревині, вони спричинюють їхнє руйнування. Деякі гриби використовують під час виробництва спирту, вина, пива, сирів, хліба, ковбасних виробів, лимонної кислоти, для отримання антибіотиків, ферментних препаратів та ін.

Гриби-паразити розвиваються на живих організмах і викликають захворювання людей, тварин, уражають рослини, завдаючи шкоди сільському господарству і лісовим насадженням.

Особливості харчування поклали істотний відбиток на морфологію і фізіологію грибів.

Будова грибів. Вегетативне тіло *(талом)* гриба представлено міцелієм, або грибницею, складається з досить розгалужених ниток – гіф *(трубочок)*. Така будова дозволяє грибам максимально окупувати субстрат та всмоктувати з нього поживні речовини. Гіфи грибів бувають одноклітинними з великою кількістю ядер, що є однією гігантською клітиною, і багатоклітинними, або септованими, тобто розділеними перегородками *(септами)* на окремі

клітини, містять від одного до безлічі ядер. Клітинна перетинка має центральну пору, через яку з однієї клітини до іншої можуть мігрувати поживні речовини, віруси і навіть ядра.

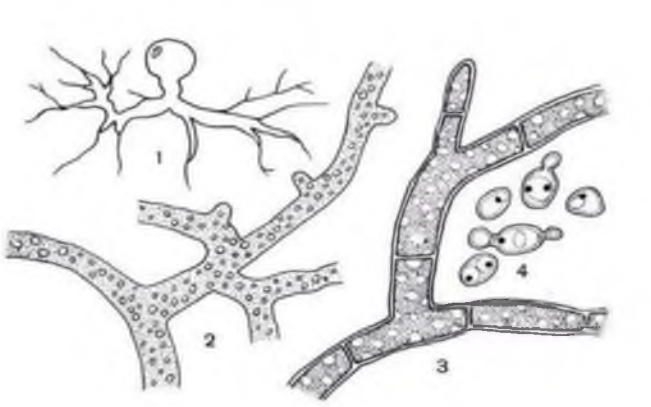


Рис. 2.6. Вегетативне тіло гриба: 1 – ризоміцелій; 2 – несептований міцелій; 3 – клітинний (септований) міцелій; 4 – дріжджі

Гіфи мають довжину до 10 см і більше, діаметр їх коливається від 1 до 25 мкм. Поверхня гіфів є гладкою, волокнистою, місцями складчастою, з шипами або сітчастою. Гіфи можуть бути прямими, зігнутими, спіралеподібними, із здуттям і заглибленнями, потовщеннями, короткими відростками-корінцями. Гіфи ростуть апікально, тобто верхівкою.

Осмотрофний тип харчування змушує все вегетативне тіло гриба максимально зануритися в субстрат – субстратний міцелій, а частина міцелію розташовується і на поверхні субстрату, утворюючи поверхневий, або повітряний, міцелій у вигляді пухнастих, паутино- або ватоподібних нальотів чи плівок різноманітного забарвлення. На повітряному міцелії зазвичай утворюються органи розмноження – спори. Гіфи деяких грибів можуть щільно переплітатись і навіть зростатися між собою. Із щільно переплетених гіфів утворюються плодові тіла, в яких містяться органи розмноження.

Пліснява розвивається лише за наявності повітря, тому цвіллю покривається тільки поверхня продуктів. Всередині продукту пліснява з'являється лише в тих випадках, коли в ньому є пустоти, заповнені повітрям.

Будова клітини у грибів подібна до рослинних організмів, але у них відсутні пластиди. Клітина грибів складається з достатньо вираженої клітинної стінки товщиною близько 0,2 мкм і цитоплазми з мембранними структурами (рис. 2.7).

Клітинна стінка визначає стійку форму гіфи. Вона являє собою щільну пружну полімерну структуру, що виконує опорно-

механічну функцію, захищає клітини від впливу зовнішніх факторів, має вибіркову проникність для речовин різної хімічної природи.

Клітинна стінка у грибів на 80–90 % складається з полісахаридів, азотовмісних (хітин) і безазотистих сполук. У клітинній стінці також містяться білки, ліпіди, поліфосфати, нуклеїнові кислоти. Зовнішні шари оболонки часто містять пігменти, які надають клітинам різноманітного забарвлення.



Рис. 2.7. Будова грибної клітини

Внутрішній вміст клітини становить ***цитоплазма*** – колоїдна фаза з різним ступенем в'язкості. Через цитоплазму здійснюється безпосередній зв'язок між органелами клітини. У цитоплазмі розташовуються ядра, мембранні структури, рибосоми, лізосоми, мітохондрії, вакуолі.

У грибній клітині, залежно від виду грибів, може бути одне, два або кілька ядер. ***Ядро*** – основна структура будь-якого еукаріотного організму. Воно здійснює генетичну і метаболічну функції, контролюючи диференціацію клітини, синтез білка та інших з'єднань, обмінні процеси, розмноження, синтез клітинних структур. Ядро грибів має чіткі межі, визначені подвійною мембраною, містить ядерце і хромосоми. Ядерна мембрана має пори, через які відбувається перенесення макромолекул з ядра в цитоплазму. Ядро є носієм спадкових властивостей гриба і контролює процеси життєдіяльності цитоплазми за допомогою генів, дезоксирибонуклеїнової (ДНК) і рибонуклеїнової (РНК) кислот.

Розміри ядер перебувають у межах 1–3 мкм, але у деяких грибів їх розміри досягають 20–25 мкм. У вегетативному міцелії за мірою росту і ділення клітин переважно здійснюється мітотичний поділ ядра (усі стадії мітотичного ділення ядра добре описані цитологічно); під час утворення гамет і проростанні зиготи здійснюється мейоз. У разі мітотичного поділу ядра йде подвоєння

хромосом, утворюється диплоїдне ядро, у разі мейозу – зменшення хромосом і утворення гаплоїдного ядра.

У міцелії грибів можуть бути одночасно ядра диплоїдні і гаплоїдні. Це так званий гетерокаріоз грибів.

Мембранні структури представлені цитоплазматичною мембраною, цитоплазматичним ретикулюмом і апаратом Гольджі.

Цитоплазматична мембрана, яка розміщена під клітинною стінкою, тришарова, складається з білків і ліпідів, регулює надходження речовин з навколишнього середовища у клітину, відокремлює цитоплазму від клітинної стінки.

Ендоплазматична сітка (цитоплазматичний ретикулюм) є системою білково-ліпоїдних трубочок, які пронизують цитоплазму, зв'язана з цитоплазматичною мембраною і мембраною ядра, виконує циркуляційну і синтетичну функції.

Апарат Гольджі являє собою групу дисковидних пластинок з одинарною мембраною. Апарат Гольджі морфологічно пов'язаний з ядерною мембраною й іншими мембранами ендоплазматичного ретикулюма. Роль апарату Гольджі багатогранна – це транспортна структура, а на його окремих елементах відбувається синтез нових мембран. Апарат Гольджі бере участь у процесі видалення з клітини продуктів обміну.

Одними з найважливіших органел клітини є ***мітохондрії***. Вони заповнені стромою й оточені двошаровою білково-ліпоїдною мембраною. Зовнішня поверхня мітохондрій гладка, внутрішня – утворює вгинання, які називають кристами. Кристи збільшують активну поверхню мітохондрій. На поверхні кристи і у стромі мітохондрій розміщено багато ферментів, зокрема ферменти окисного фосфорилювання, ланцюга переносу електронів тощо, які забезпечують біологічне окиснення органічних речовин. При цьому виділяється енергія, яка частково запасається в макрозв'язках АТФ. У мітохондріях відбувається біосинтез білків, вуглеводів, ліпідів.

Мітохондрії мають власну ДНК, локалізовану у визначених зонах, які можна назвати мітохондріальними «нуклеотидами». Тому мітохондрії є саморепродукуючими структурами, а не виникають у клітині заново.

Форма і кількість мітохондрій залежать від фізіологічного стану клітини та умов культивування гриба.

Рибосоми – дрібні кулясті тільця, що складаються з матричної РНК і білків. Вони утворюються в ядерці, потім виходять з нього і розташовуються в ядрі, цитоплазмі, мітохондріях, на поверхні ендоплазматичної сітки. Беруть участь у синтезі білка.

Похідними апарату Гольджі є ***лізосоми*** – дрібні органоїди клітини, різноманітні за формою. Вони відшаровуються від апарату Гольджі у вигляді бульбашок і розподіляються по клітині, виконуючи різні функції: розщеплюють білки; в них відкладаються і розщеплюються всі речовини, що підлягають видаленню з клітини.

Ломасоми – утворення у вигляді бульбашок, що виникають між клітинною стінкою і цитоплазматичною мембраною в результаті відшарування мембрани від стінки. У ломасоми надходять ферменти лізису і синтезу клітинної стінки.

Вакуолі – похідні або ендоплазматичного ретикулюма, або апарату Гольджі, які містяться в цитоплазмі. Якщо вакуолі є похідними ендоплазматичного ретикулюма, вони містять запасні поживні речовини: волютин, ліпіди, глікоген. Глікоген рівномірно розміщується по всій цитоплазмі дрібними гранулами; поліфосфати – перебувають у колоїдному стані у вакуолях; ліпоїди і жирові речовини мають вигляд крапельок.

Якщо ж вакуолі є похідними апарату Гольджі, то вони акумулюють продукти обміну, які стали токсичними.

Розмноження грибів. Особливістю грибів є різноманітність способів і органів розмноження. Один і той самий гриб може мати декілька форм розмноження. Гриби мають три способи розмноження:

- ✓ вегетативне;
- ✓ безстатеве;
- ✓ статеве.

Способи безстатевого і статевого розмножень грибів надзвичайно різноманітні і є основою для класифікації цих організмів.

Вегетативне розмноження. Вегетативне розмноження – це розмноження без утворення спеціалізованих структур розмноження. Існують два шляхи вегетативного розмноження. Розмноження може відбуватися окремими ділянками міцелію, для чого шматочки міцелію переносять з одного середовища на інше. Можна також з плодового тіла в стерильних умовах вирізати шматочок і помістити на поживне середовище.

Безстатеве розмноження. Безстатевим називається розмноження з утворенням спеціалізованих структур розмноження, утворенню яких не передує попереднє злиття клітин або об'єднання ядер. Нестатевий цикл у грибів зазвичай повторюється чимало разів.

Безстатевим способом деякі багатоклітинні гриби розмножуються за допомогою *оїдій (артроспор)* – окремих овальних клітин міцелію, які відокремлюються з кінця гіфів (рис. 2.8). Кожна така клітина є початком нового міцелію.

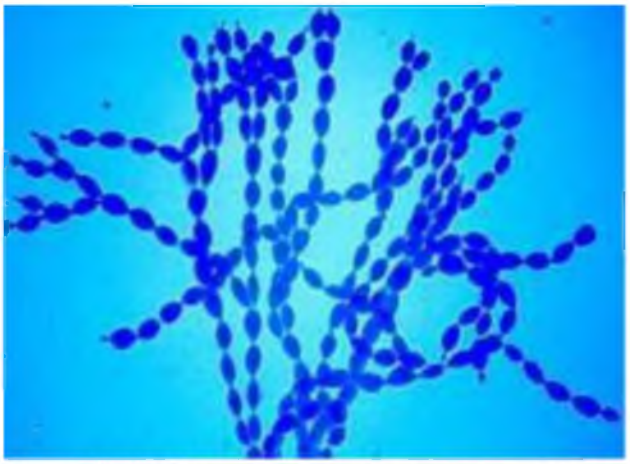


Рис. 2.8. Зовнішній вигляд оїдії

Безстатеві спори в одних грибів утворюються в спеціальних місткостях (ендогенно), а в інших – відкрито (екзогенно). Безстатеві спори, що утворюються в спорангіях, називаються *спорангієспорами.* Вони можуть бути рухомими та нерухомими. Спорангії утворюються на спеціальних гіфах, які називаються *спорангієносцями* (рис. 2.9). Спорангієносій із спорангієм піднімається над субстратом. Таке розташування спорангіїв сприяє поширенню спор потоками повітря після їх вивільнення.

Безстатеві спори, що утворюються екзогенно, називаються *конідіями.* Вони завжди нерухомі, утворюються на спеціальних гіфах – *конідієносіях* (рис. 2.10). Конідії і конідієносці досить різноманітні. Наприклад, конідії бувають пофарбовані у всі кольори, варіюють у розмірах, можуть бути круглі, овальні, циліндричні,

голкоподібні, зірчасті тощо; мають різну кількість клітин – від однієї до безлічі.

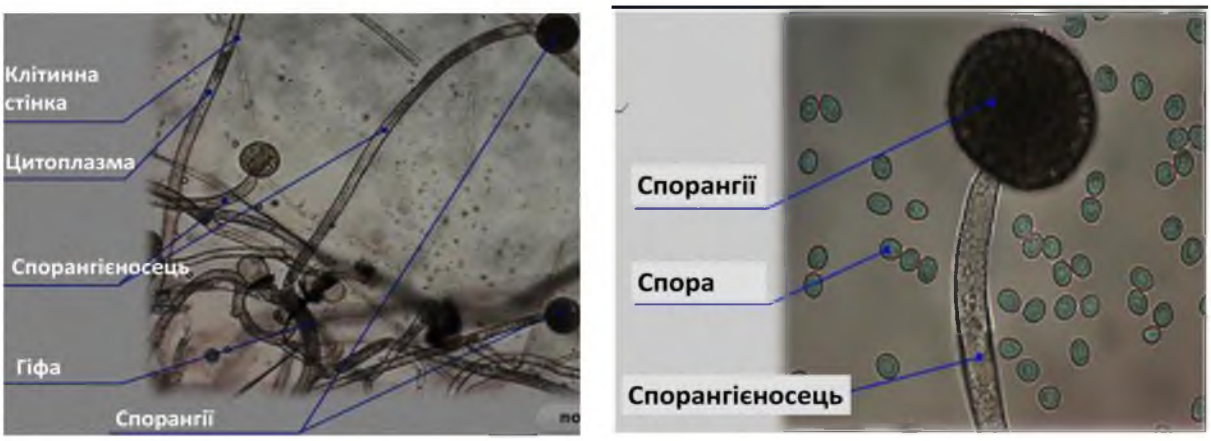


Рис. 2.9. Утворення спор у спорангіях

Розміщуватися конідії можуть поодиноко, групами, ланцюжками, у вигляді булави, китиці. Після дозрівання конідії осипаються, а коли потрапляють на живильне середовище, проростають у новий міцелій гриба. Перегородки в спорах можуть розташовуватися поперечно і вздовж.



Рис. 2.10. Утворення спор у конідіях

Спорангії та конідії мають завжди певне забарвлення, завдяки чому весь гриб здається забарвленим у зелений, чорний, брунатний чи інший колір. Міцелій гриба завжди безбарвний, тому молодий гриб, який ще не почав плодоносити, здається білим.

Статеве розмноження. Статевому розмноженню обов'язково передує злиття спеціальних клітин і подальше об'єднання

або злиття ядер. Продукт злиття клітин – зигота, або зигоспора. Кінцевий результат статевого процесу – утворення спеціальних спор, за допомогою яких і здійснюється подальше розмноження особи – *зиготи, або зигоспори.*

До стадій статевого процесу належать плазмогамія, каріогамія і мейоз. *Плазмогамія* – злиття клітин і об'єднання двох протопластів, які приносять два різних ядра в одну клітину. *Каріогамія* – злиття ядер в одне диплоїдне ядро – ядро зиготи. *Мейоз* – поділ диплоїдного ядра з редукцією кількості хромосом і відновлення в ядрах гаплоїдної кількості хромосом. Плазмогамія і каріогамія можуть іти послідовно й одразу, а можуть бути розділені в часі і просторі. Статеві структури грибів називаються гаметангіями. Вони можуть утворювати статеві клітини – *гамети.*

У деяких вищих багатоклітинних грибів під час статевого процесу як орган розмноження утворюються базидії зі спорами, в інших – сумки (аскуси) зі спорами (рис. 2.11). *Базидії* – це вирости (зазвичай чотири), на яких утворюється по одній спорі. Такі спори називаються базидіоспорами. *Аскуси* мають вигляд циліндричних клітин, всередині яких містяться спори (зазвичай вісім), які називають аскоспорами.

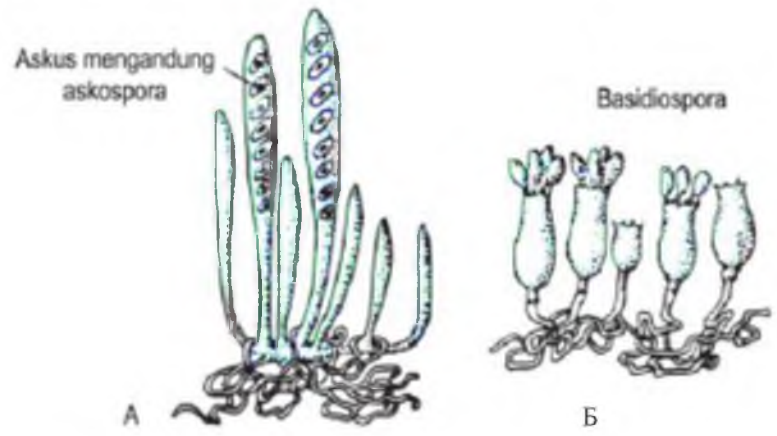


Рис. 2.11. Зовнішній вигляд аскусів (а) та базидій (б)

У циклі розвитку деяких грибів спостерігається утворення хламідоспор і склероній. Хламідоспори являють собою ущільнені, покриті грубою оболонкою окремі ділянки гіф. Склерони мають вигляд твердих утворень із щільно переплетених гіф різної форми і розмірів.

Систематика грибів. Природна систематика грибів належить до найбільш складних теоретичних проблем мікології. Дотепер усе ще немає єдиної загальноприйнятої системи.

Гриби виділені у самостійний відділ нижчих рослин *Fungi,* царство *Mycota,* яке поділяють на два відділи: слизові гриби *(Myxomycota)* і, власне, істинні, справжні гриби *(Eumycota).*

Слизові гриби об'єднують своєрідну групу, яка не має клітинної будови. Вегетативне тіло їх є голою цитоплазмою з численними ядрами. У циклі розвитку спостерігається утворення плодових тіл зі спорами.

Справжні гриби, залежно від характеру і способу розмноження, морфологічних і біологічних особливостей, поділяють на шість класів: *хітридіоміцети, ооміцети, зигоміцети, базидіоміцети, аскоміцети і дейтероміцетпи.* Класи, у свою чергу, поділяються на порядки, родини, роди і види.

Клас Хітридіоміцети (*Chitridiomycetes)* – найпримітивніші гриби, у яких досить слабо розвинений міцелій. Розмножуються вони безстатево – одноджгутиковими зооспорами. Їх нараховується близько 300 видів. Більшість грибів цього класу є внутрішньоклітинними паразитами нижчих та вищих рослин. У пошкоджених органах та клітинах рослин вони утворюють особливі спори-цисти зі щільними та товстими оболонками.

Одним із представників цього класу є гриб сінхітріум *(Synchitrium endobioticum*), який викликає рак картоплі. На пошкоджених бульбах біля вічок утворюються м'ясисті нарости (пухлини) різного розміру з нерівною горбкуватою поверхнею. У цих наростах міститься значна кількість спор гриба – цист із товстою тришаровою оболонкою золотистого кольору. Під час руйнування наростів цисти потрапляють у ґрунт і там перезимовують. Навесні вони проростають і утворюють рухомі зооспори, які й заражають молоді рослини.

Гриб альпідіум *(Olpidium brassicae)* є збудником чорної ніжки капусти. Цей внутрішньоклітинний паразит поселяється у кореневій шийці рослин і зумовлює їхнього відмирання. Вегетативне тіло гриба на певному етапі розвитку покривається оболонкою, перетворюючись в один або декілька зооспорангіїв.

Зооспори, що виходять із зооспорангіїв, прискорюють зараження рослин.

Клас Ооміцети *(Oomycetes)* об'єднує гриби з добре розвиненим міцелієм. Розмножуються гриби цього класу конідіями, а також зооспорами, які мають два джгутики. Статеве розмноження – за типом утворення ооспор.

Типовими представниками ооміцетів є плазмопара і фітофтора. Плазмопара *(Plasmopara viticola)* – збудник мільдью (несправжньої борошнистої роси) винограду. Гриб уражає листя та ягоди. У місцях ураження рослини виникають хлорозні, бурувати або сіруваті плями. Під час загального ураження спостерігається деформація окремих органів або всієї рослини. Міцелій гриба розвивається всередині клітини, а на поверхню листків виходять конідієносці з конідіями, що утворюють павутинний наліт. У другій половині літа у тканинах рослини виникають ооспори паразита, що зимують у рослинних залишках, а навесні проростають.

Фітофтора *(Phytophthora infestans)*, або картопляний гриб, пошкоджує бульби і бадилля картоплі. Міцелій гриба викликає відмирання клітин рослини. На поверхні уражених ділянок з'являється білуватий пушок, який складається із маси спорангієносців. Спорангії мають овальну, яйцевидну або лимоноподібну форму. У вологому середовищі утворюють зооспори, у сухому спорангій безпосередньо проростає у гіфу. Фітофтора є причиною масового псування картоплі під час зберігання. Вона не передається на здорові бульби, але є причиною зниження імунітету (стійкості) картоплі до інших захворювань.

Клас Зигоміцети *(Zigomycetes)* об'єднує гриби, які мають добре розвинений одноклітинний міцелій. Нестатево вони розмножуються за допомогою нерухомих спорангієспор, статево – зигоспорами. Зигоміцети є збудниками псування харчових продуктів, фруктів, овочів, зустрічаються на стінах сирих приміщень, у людей і тварин викликають ураження очей, легенів та інших органів.

До цього класу відносять широко розповсюджені у природі гриби роду мукор, різопус і тамнідіум.

Гриби роду мукор (*Mucor*) утворюють великі спорангії на одиничних простих або розгалужених спорангієносцях. Види цього роду відрізняються між собою розмірами, формою і забарвленням спорангієспор.

Мукорові гриби найчастіше пошкоджують продукти, багаті на крохмаль, зволожені текстильні товари, шкіру, шпалери, спричиняючи їх пліснявіння. Деякі мукорові гриби продукують органічні кислоти, ферменти, збродживають цукор в етиловий спирт і мають практичне значення, зустрічаються мукорові гриби-паразити, які є збудниками хвороб людей і тварин.

Гриби роду різопус *(Rhizopus)* утворюють міцелій, від якого відходять гіфи (столони), які стеляться та нагадують вуса суниці. За допомогою столонів гриб прикріплюється до субстрату товстими коренеподібними утвореннями – ризоїдами.

Під час їх розвитку формується вузол, від якого відходять спорангієносці, подібні до кущика. Спорангії великі, темно-бурого кольору, мають вигляд чорних головок. Різопус розповсюджується досить швидко, уражає фрукти, овочі, ягоди, спричинює повний розклад тканин.

Плісеневі гриби роду тамнідіум (*Thamnidium*) формують спорангії двох видів. На верхівці спорангієносця утворюється великий багатоспоровий спорангій, а на бокових гілках розвиваються дрібні спорангії (спорангіоли) з відносно невеликою кількістю спор.

Клас Аскоміцети (*Ascomycetes*), або сумчасті гриби, нараховує більше 30 тис. видів. Ці гриби мають добре розвинений багатоклітинний міцелій. У деяких видів вегетативне тіло представлене міцелієм, що брунькує. У сумчастих грибів, за винятком голосумчастих, під час розмноження безстатевим шляхом утворюються конідії, іноді вегетативно – оїдії та хламідоспори. Загальною ознакою всього класу є наявність сумок, всередині яких у результаті статевого процесу утворюються аскоспори.

Залежно від місця розташування сумок і характеру їх утворення клас аскоміцети поділяють на голосумчасті, у яких відсутні плодові тіла і сумки розташовуються поодиноко або шарами безпосередньо на міцелії, та плодосумчасті, у яких сумки утворюються в справжніх плодових тілах.

Представниками голосумчастих грибів є гриби роду ендоміцес *(Endomyces)*. Міцелій їх часто розпадається на окремі клітини, які розмножуються брунькуванням. Гриб еремотеціум Ешбі *(Eremothecium ashby*) використовують для промислового отримання рибофлавіну (вітаміну B_2). Важливими представниками неміцеліальних голосумчастих грибів є дріжджі.

До плодосумчастих грибів належать широко розповсюджені гриби родів аспергилус (*Aspergillus)* і пеніциліум (*Penicillium*).

Гриби роду *Aspergillus* утворюють переважно безколірний міцелій. Розмножуються вони конідіями, які мають кулясту форму і сіро-зелене, жовто-зелене, сіро-буре, жовто-коричневе або інше забарвлення. Молоді конідії світло-зелені, а потім темніють. Аспергил часто зустрічається на зерні, борошні, хлібі. Він є збудником псування різних харчових продуктів, паперу, текстилю, промислових виробів, тари.

Деякі види грибів аспергилус використовують у промисловості, зокрема *Asp. oryzae* і *Asp. awamori* – для одержання ферментних препаратів (амілаз, пектиназ, глюкооксидаз), *Asp. niger* – під час виробництва лимонної та глюконової кислот, *Asp. terreu* – ітакової кислоти. Зустрічаються аспергили, які продукують афлатоксини – отруйні речовини, що сприяють утворенню пухлин. Окремі аспергили є збудником аспергильозів у людей і тварин, при яких уражаються дихальні шляхи, шкіра, слизові порожнини рота, носа тощо.

Гриби роду *Penicillium* утворюють багатоклітинний безколірний розгалужений міцелій. На верхівках гіф розміщені стеригми з ланцюжками конідій, сіро-зеленого, сіро-бурого, зеленого, жовто-зеленого, блакитного забарвлення або безколірні, які нагадують пензлик. Пеніцилові гриби, розвиваючись на харчових продуктах та інших товарах, викликають їх пліснявіння, особливо в умовах з високою вологістю.

Важливе значення мають гриби *Pen. notatum* та *Pen. Chrysogenum,* які є продуцентами антибіотика пеніциліну, *Pen. griseofulvum* – грізеофульвіну. Плісені *Pen. rogueforti* та *Pen. camamberti* використовують у виробництві специфічних сирів рокфор і камамбер.

До аскоміцетів належить також спорињья *(Claviceps purpurea)*. Цей гриб паразитує на злаках, особливо на житі. Тверді, подібні до ріжок тіла темно-фіолетового кольору, що трапляються на колосках серед звичайних зерен, є щільними переплетеннями гіф, так званими склероціями цього гриба. Опалі на землю склероції зимують у полі, а навесні проростають і утворюють спори. Останні переносяться вітром на квітки злаків. Тут вони проростають у міцелій і руйнують квітки. Комахи, перелітаючи з однієї квітки на іншу, переносять конідії та заражають інші колоски. Ріжки значно знижують урожай, а борошно із зерна з домішкою ріжок – отруйне, оскільки містить токсичні алкалоїди.

Розповсюдженим і небезпечним є гриб склеротинія (*Sclerotinia*) – збудник білої гнилі фруктів і овочів під час зберігання та вентурія *(Venturia)* – збудник парші яблук і груш.

До плодосумчастих грибів належать трюфелі й сморчки, плодові тіла яких споживають, а також строчки, які є умовно їстівними.

Клас Базидіоміцети (*Basidiomycetes*) є численною групою багатоклітинних грибів, яка нараховує біля 30 тис. видів. Нестатеве розмноження конідіями у них спостерігається рідко. Статево базидіоміцети розмножуються базидіоспорами, які утворюються у базидіях. Базидії за будовою є одноклітинні та багатоклітинні.

Базидіальні гриби з одноклітинними базидіями утворюють на коротких виростах (стеригмах) чотири базидіоспори. Базидії розташовані на великих плодових тілах шарами. До цієї групи базидіоміцетів належать шапкові та домові гриби і трутовики.

Шапкові гриби складаються з плодового тіла і міцелію, який розвивається у ґрунті. Плодове тіло має шапку і ніжку. За будовою шапкові гриби поділяють на пластинчасті (сироїжка, опеньок) та трубчасті (білий гриб, моховик, підберезник). На бокових поверхнях пластинок і на внутрішніх стінках трубочок містяться базидії зі спорами.

Домові гриби є шкідниками дерев'яних частин будівель. На поверхні ураженої деревини утворюється білий ватоподібний міцелій з жовтуватими або рожевими плямами і краплями водянистої рідини. Домові гриби утворюють щільні тяжі із зрослих

гіф довжиною декілька метрів. Плодові тіла утворюються рідко і мають м'ясисто-плівчасту структуру. Порожня деревина стає м'якою і загниває.

Трутовики – гриби, які уражають деревину. На стовбурах дерев вони утворюють плодові тіла різної форми, величини, консистенції та забарвлення. Міцелій гриба живе у стовбурі дерев, утворює в них пустоти і тріщини.

Базидіальні гриби з багатоклітинними базидіями переважно не мають плодових тіл, утворюють чотири витягнуті клітини, на яких містяться по одній базидіоспорі. До них відносять головневі та іржасті гриби.

Головневі гриби уражають пшеницю, жито, кукурудзу. Міцелій заражає рослину під час проростання зерна або утворення молодих пагонів. Уражені частини злакових рослин виглядають обвугленими або попеченими через наявність у них великої маси темних хламідоспор.

Іржасті гриби уражають культурні рослини і характеризуються різноманітністю форм спороношення. На окремих частинах рослин з'являються іржаві плями, які обумовлені наявністю у міцелію і спорах цих грибів крапель олії помаранчевого забарвлення.

Клас Дейтероміцети або недосконалі гриби *(Deuteromyces, Fungi imperfecti)* нараховує близько 25 тис. видів. Ці гриби утворюють багатоклітинний септований міцелій. Недосконалими їх називають тому, що розмножуються вони тільки вегетативно конідіями і шляхом поділу міцелію.

Недосконалі гриби паразитують на культурних рослинах, є збудниками псування харчових продуктів, пліснявіння бавовняних тканин, вовни, паперу тощо, деякі викликають захворювання шкіри (дерматомікози) у людей.

Альтернарія (Alternaria) викликає чорну гниль фруктів, овочів, поражає м'ясо, молочні продукти у вигляді чорних плям. Гриб утворює великі багатоклітинні, темного кольору конідії грушоподібної або загострено витягнутої форми, які розміщені поодиноко або короткими ланцюжками на бокових гілках вегетативних гіф, які виконують функцію конідієносців.

Ботритис (Botritis) уражає плоди, ягоди, овочі у вигляді пухнастого сірого нальоту, при цьому їхні тканини стають водянистими, м'якими і буріють. Гриб утворює деревоподібні розгалужені конідієносці, які на кінцях несуть велику кількість одноклітинних конідій. На міцелії часом утворюються чорні склероції.

Кладоспоріум (Cladosporium) має слабо розвинений міцелій, на повітряних гіфах якого формуються великі округлі або овальні оливково-зелені конідії у вигляді гроноподібних скупчень. Пліснява уражає м'ясо, м'ясні вироби, сири, масло, бавовняне волокно у вигляді чорних плям.

Катенулярія (Catenularia) – шоколадно-коричнева пліснява, яка утворює дрібні блискучі коричневі конідії, які відходять від кінцевих ниток повітряного міцелію у вигляді довгих ланцюжків. Деякі види є збудниками псування вершкового масла.

Монілія (Monilia) – гриб, який не має справжніх конідієносців, конідії розташовані на коротких відростках міцелію і сполучені у прості або розгалужені ланцюжки. Його вважають перехідною формою від одноклітинних грибів, що брунькуються, до багатоклітинних. Монілія є активним збудником псування фруктів.

Оїдіум (Oidium) утворює розгалужений білий міцелій, гіфи якого розпадаються на оїдії. Один з видів цього гриба *Oidium lactis* утворює пухнасту плівку на кисломолочних продуктах, сирі, квашених овочах, яка надає їм неприємного запаху і смаку.

Гриб *Фома* (*Phoma*) є збудником псування різних харчових продуктів і рослин. Він утворює безколірні одноклітинні конідії різної форми.

Фузаріум (*Fusarium)* утворює міцелій білий, жовтуватий або біло-рожевий та серповидно вигнуті багатоклітинні конідії на коротких розгалужених конідієносцях. Фузаріуми уражають злакові культури, фрукти, овочі і викликають їх захворювання під назвою «фузаріози». Деякі види розкладають волокна бавовни і вовни.

2.4. Морфологія дріжджів

У класифікації грибів особливе місце займають ***дріжджі*** – одноклітинні гриби, що належать до класу аскоміцетів *(Ascomycetes)*. Клітини дріжджів нерухомі, іноді утворюють так званий псевдоміцелій. Дріжджі широко поширені в природі (у ґрунті, на поверхні рослин, плодів, ягід і овочів, різноманітних субстратах, що містять цукор) і використовуються людиною з давніх часів у харчовій промисловості, виноробстві, пивоварінні, хлібопеченні та інших виробництвах, пов'язаних з бродінням, тобто з перетворенням цукру в етиловий спирт і діоксид вуглецю під впливом життєдіяльності дріжджів. Однак спонтанний розвиток дріжджів у харчових продуктах, що містять цукор, викликає їх псування: продукт спучується, відбувається зміна його запаху і смаку.

Форма і будова дріжджової клітини. Дріжджі – одноклітинні нерухомі організми, широко розповсюджені у природі. Клітини дріжджів мають найрізноманітнішу форму: округлу, овальну, овально-яйцеподібну, еліптичну, циліндричну, лимоноподібну, серпоподібну тощо. Дріжджові клітини значно більші, ніж бактеріальні, їх довжина становить 5–12 мкм, ширина – 2–6 мкм. Форма і розміри дріжджів можуть змінюватися залежно від умов розвитку і віку. Більш постійну форму мають молоді культури дріжджів.

Дріжджі є еукаріотами, будова клітини дріжджів подібна будові клітини грибів. До складу клітинної стінки дріжджів входять геміцеллюлози (60...70 % сухої маси), невеликі кількості білків, ліпідів і хітин. У цитоплазмі клітини дріжджів розташовані ядро з ядерною мембраною, є ендоплазматична сітка, апарат Гольджі, лізосоми, рибосоми, мітохондрії і вакуолі із запасними поживними речовинами, які можуть бути крапельками жиру, волютину, глікогену (рис. 2.12).

У процесі розвитку на рідких середовищах клітинні стінки деяких дріжджів можуть ослизнюватися і склеюватися одна з одною, утворюючи пластівці, що осідають на дно. Такі дріжджі називають пластівцевими. Дріжджі, клітинні стінки яких не ослизнюються і у рідинах перебувають у суспензійному стані, називаються пиловидними.



Рис. 2.12. Дріжджі, що брунькуються, та зображення клітини на початку брунькування

Під клітинною стінкою розміщена ***цитоплазматична мембрана,*** яка переходить у середині клітини в ***ендоплазматичну сітку.*** Вона відіграє важливу роль в обміні речовин між клітиною і середовищем і у біохімічних процесах усередині клітини.

Дріжджова клітина заповнена цитоплазмою, в якій містяться ядро, мітохондрії, рибосоми і вакуолі.

Ядро диференційоване, оточене подвійною мембраною, пронизане порами. Ядро регулює і направляє хімічні процеси, процеси обміну речовин, передає спадкові ознаки. У ядрі міститься ядерце.

Мітохондрії – це дрібні краплеподібні утворення діаметром біля 0,2 мкм. Зверху вони оточені пористою оболонкою з двох білкових шарів і жироподібної речовини. Всередині мітохондрії розділені перегородками на безліч комірок, заповнених напіврідкою крупчастою масою. У мітохондріях зосереджені енергетичні процеси, синтезується АТФ.

Рибосоми є центрами синтезу білка.

Вакуолі – це порожнини, заповнені клітинним соком, який містить розчинені у воді електроліти, білки, жири, вуглеводи і ферменти. Характерною особливістю вакуолів дріжджових клітин є наявність у них волютину (метахроматину) як запасної поживної речовини. У клітинах дріжджів виявлені краплі жиру і зерна глікогену. У голодуючих клітинах дріжджів швидко зменшується кількість волютину, глікогену і жиру. Деякі дріжджі містять пігменти.

Розмноження дріжджів. Дріжджі розмножуються як вегетативним, так і статевим шляхом. Найбільш поширеним способом вегетативного розмноження є ***брунькування;*** деякі види дріжджів розмножуються ***бінарним діленням клітини.*** У процесі брунькування на поверхні дріжджової клітини з'являється брунька, яка поступово збільшується в розмірах до материнської клітини. Перед брунькуванням відбувається поділ ядра клітини, одна частина якого разом з цитоплазмою і клітинними мікроструктурами переходить у молоду бруньку. У процесі росту бруньки в місці її з'єднання з материнською клітиною утворюється перетинка, що відмежовує бруньку, яка відокремлюється, залишивши на материнській клітині шрам.

На одній материнській клітині може утворюватися 8–10 бруньок. Процес брунькування за сприятливих умов триває 2 год. Дріжджові клітини, що брунькуються, можуть утворювати не одну, а кілька бруньок, які теж можуть почати утворення бруньок. На поверхні рідких середовищ такі дріжджові клітини утворюють тонку плівку, що легко руйнується під час збовтування рідини. Такі плівчасті дріжджі викликають псування квашених овочів, вина, пива.

Поряд з брунькуванням деякі дріжджі, особливо ті, що мають циліндричну форму, розмножуються шляхом поділу (подібно до бактерій).

Багато дріжджів розмножуються за допомогою спор. Такі дріжджі називають ***справжніми (типовими).*** Дріжджі, які не здатні до спороутворення, називають ***аспорогенними (несправжніми, нетиповими).***

Спори у дріжджів можуть утворюватися статевим і нестатевим шляхами. У разі нестатевого розмноження ядро клітини ділиться на стільки частин, скільки утворюється спор. Навколо кожного нового ядра формується оболонка з ущільненої цитоплазми і спора. Кількість спор у клітинах різних видів дріжджів є різною (2, 4, 8, 12). Спори містяться всередині клітини, як у сумці. За сприятливих умов спори дозрівають, розривають материнську клітину, висипаються назовні та проростають, утворюючи нову клітину, яка далі може розмножуватися брунькуванням.

Спори більшості дріжджів округлі або овальні, у деяких вони голкоподібні, шапкоподібні та ін. На спорах дріжджів можуть бути утворення у вигляді виростів, бородавок.

Під час статевого спороутворення відбувається попередньо злиття двох вегетативних клітин з утворенням зиготи, в якій утворюються спори, що проростають у вегетативні клітини. Далі вони розмножуються брунькуванням. У деяких дріжджів утворенню спор статевим шляхом передує злиття двох пророслих спор.

Спороутворення у дріжджів є одночасно способом самозахисту і розмноження, тоді як у бактерій тільки способом самозахисту.

Класифікація дріжджів. Систематичний розподіл дріжджів на сімейства, роди і види заснований на особливостях їх розмноження, фізіологічних, біохімічних, морфологічних і генетичних ознаках.

Дріжджі поділяють на культурні та дикі. ***Культурні*** дріжджі спеціально культивують і використовують у різних галузях промисловості. Технічне використання дріжджів засновано на їх здатності перетворювати цукор у спирт і вуглекислий газ. Дріжджі, що містять багато білка і вітамінів, використовують для харчових і кормових цілей. ***Дикими*** називають дріжджі, які не характерні діям цього виробництва, потрапили туди випадково і наносять йому шкоду.

Усі дріжджі за здатністю утворювати спори поділяють на дві родини:

- ✓ сахароміцети *(Saccharomycetaceae);*
- ✓ несахароміцети *(Non-saccharomycetaceae).*

До родини ***сахароміцетів*** (цукристих грибків) належать усі справжні дріжджі, які викликають процес спиртового бродіння і можуть утворювати спори.

До родини несахароміцетів належать несправжні дріжджі, тобто дріжджі, які не здатні до спороутворення (аспорогенні форми).

Родина сахароміцетів *(Saccharomycetaceae)*, залежно від способів розмноження, поділяється на 3 роди:

- ✓ *Saccharomyces;*

- ✓ *Schizosaccharomyces;*
- ✓ *Zigosaccharomyces.*

Рід *Saccharomyces* об'єднує дріжджі, які не здатні до статевого розмноження. Вони розмножуються тільки брунькуванням або утворенням спор вегетативним шляхом. Дріжджі цього роду використовують у виробництві етилового спирту, пива, квасу, хліба.

Найбільше промислове значення мають два види дріжджів роду *Saccharomyces: S. cerevisiae* і *S. ellipsoideus*, або *S. vini.*

Усі види дріжджів роду сахароміцес і деякі природні дріжджі у разі спонтанного розвитку на харчових продуктах, що містять цукор, викликають їхнє псування: бродіння і прокисання.

Рід *Schizosaccharomyces* об'єднує дріжджі, що розмножуються діленням та брунькуванням. Такі дріжджі в промислових масштабах використовують тільки в країнах зі спекотним кліматом. Дріжджі виду *Schizosacch. pombe* застосовують для виготовлення пива в Африці. *Schizosacch. malacai* використовують для виробництва рому із патоки. Інші види цього роду промислового значення не мають.

Рід *Zigosaccharomyces* об'єднує дріжджі, що розмножуються брунькуванням та утворенням спор, але останнє відбувається тільки після злиття двох клітин, тобто статевим шляхом. Вегетативним способом такі дріжджі цього роду спор не утворюють. Деякі види дріжджів цього роду розвиваються в середовищах з високою концентрацією цукру. Так, наприклад, *Zigosacch. priorianus* є найбільш поширеним збудником бродіння варення та меду, що часто призводить до значних втрат продуктів. У складі цих продуктів біля 70 % цукру, а за такої концентрації інші види дріжджів не можуть розмножуватися (їх розвиток припиняється у разі концентрації цукру 30 %).

Родина ***несахароміцетів*** *(Non-saccharomycetaceae)* об'єднує дріжджі, які не здатні утворювати спори і розмножуються тільки брунькуванням. Родина складається з декількох родів, з яких найбільш поширеними є *Torula* і *Candida.*

Дріжджі роду *Торулопсис (Torulopsis)* дрібні, мають кулясту форму, не здатні утворювати псевдоміцелій, вуглеводи зброджують

слабо. Вони є збудниками спиртового бродіння і нагромаджують не більше 3 % спирту. Один із видів цього роду – *T. kefiri* – використовують для виготовлення кефіру та кумису. Деякі види *T. utilis* знаходять застосування у виробництві харчових і кормових дріжджів.

Окремі види роду *Торулопсис* викликають дефекти молочних продуктів.

Дріжджі роду *Kandida (Candida)* мають клітини витягнутої, циліндричної форми, не здатні до спиртового бродіння, можуть утворювати примітивний міцелій. Дріжджі виду *C. mycoderma* окислюють цукор і етиловий спирт в органічні кислоти або вуглекислий газ і воду. Вони є шкідниками у виробництві пива, вина, хлібопекарських дріжджів. Розвиваючись на спиртових напоях, *C. mycoderma* утворює на їх поверхні щільні зморшкуваті плівки і надає напоям неприємного смаку і запаху. Ці дріжджі є також збудниками псування квашених огірків і капусти, безалкогольних напоїв та інших продуктів.

Автолізати та гідролізати дріжджів *Candida utilis* використовують як харчові приправи. Дріжджову біомасу, вирощену на парафіні нафти *(Candida maltosa),* метанолі *(Candida boidinii),* використовують як кормову білково-вітамінну добавку у тваринництві.

Дріжджі роду *Candida* мають також ж патогенні форми, викликають кандидози слизової оболонки порожнини рота, особливо часто у дітей.

2.5. Актиноміцети

Актиноміцети – особлива група мікроорганізмів з морфологічними ознаками бактерій і грибів. Будова і біохімічні властивості актиноміцетів аналогічні бактеріям, а характер розмноження, здатність утворювати гіфи і міцелій такі, як у грибів. Актиноміцети не мають диференційованого ядра (прокаріоти), розмножуються спорами. Деякі види не мають міцелію і розмножуються шляхом прямого поділу.

Актиноміцети беруть участь у перетворенні органічних і мінеральних речовин, продукують амінокислоти, вітаміни, антибіотики, інші біологічно активні речовини. *Actinomyces rimosus* використовують для отримання тераміцину, *Actinomyces fradie* – неоміцину, *Actinomyces streptomycini* – стрептоміцину, *Actinomyces auerofaciens* – ауероміцину.

Більшість актиноміцетів – сапрофіти, хоча деякі види можуть бути причиною різних захворювань людей і тварин.

2.6. Ультрамікроби: віруси і бактеріофаги

Крім бактерій, у природі існують ще більш дрібні організми, що мають назву ультрамікробів. Вони не мають клітинної будови, розмір коливається в межах від 10 до 300 мкм.

За ультрамікробами можна спостерігати тільки за допомогою електронного мікроскопа. Вони проходять через спеціальні дрібнопористі бактеріологічні фільтри, що не пропускають звичайних бактерій.

Усі ультрамікроби живуть виключно за рахунок живих організмів. Їх поділяють на віруси і бактеріофаги.

Віруси *(Virus)* – найменші за розміром об'єкти, що не мають клітинної будови та систем, які синтезують білок та енергію. Вони мають власний геном, який складається з однієї нуклеїнової кислоти (ДНК або РНК) і оточений білковою оболонкою.

Усі віруси існують у двох формах:

✓ позаклітинна форма – *віріон,* що включає в себе всі складові елементи (капсид, нуклеїнову кислоту, структурні білки, ферменти тощо);

✓ внутрішньоклітинна форма – це вірус, який може бути представлений лише однією молекулою нуклеїнової кислоти, оскільки у разі потрапляння у клітину віріон розпадається на складові елементи.

Важливо звернути увагу на характерні особливості вірусів, що вирізняють їх серед інших мікроорганізмів:

✓ не мають клітинної будови;

✓ нездатні до росту і бінарного поділу;

✓ не мають власних метаболічних систем;

✓ використовують білок-синтезуючу систему клітини-господаря для утворення власних білків;

✓ не розмножуються на штучних поживних середовищах і можуть існувати лише в організмі господаря, де відбувається їхня репродукція.

За морфологічною будовою розрізняють віруси паличкоподібні (збудник лихоманки Ебола), кулеподібні (вірус сказу), сферичні (герпес-віруси), овальні (вірус віспи); складнішу будову мають віруси бактерій (бактеріофаги).

Основною класифікаційною ознакою вірусів є тип нуклеїнової кислоти, що входить до їх складу, відповідно до чого віруси поділяють на дві групи: ДНК- та РНК-вмісні (ДНК- та РНК-геномні). Кожну з цих груп послідовно поділяють на родини *(-viridae),* підродини *(-virinae),* роди і види вірусів *(-virus).*

Основними критеріями поділу вірусів на родини є особливості структури нуклеїнових кислот (одно- і дволанцюгові, повні – недобудовані, цілісні – фрагментовані), їхні конфігурації (лінійні – кільцеві), геномної функції («плюс-мінус», нитчасті), а також наявність або відсутність зовнішньої оболонки. Додатковими критеріями, що дають змогу в межах родини виокремити підродини, роди і види, є коло господарів, антигенна специфічність, розміри та морфологія вібріонів, тип симетрії та кількість капсомерів у капсиді, органо-тканинних тропізм вірусів, способи передачі, поширення, прояву вірусних захворювань тощо.

Віроїди (від *virus* та грец. *eidos* – подібність) – позбавлені оболонки, ковалентно замкнені кільцеві надспіралізовані одноланцюгові молекули РНК, які складаються з майже 360 нуклеотидів. Характерним для всіх віроїдів є те, що вони здатні набувати палицеподібної вторинної структури з великою кількістю коротких спарених нуклеотидів, які чергуються з однолагцюговими петлями. РНК віроїдів реплікується ферментами клітини-носія, не кодує білків, не транслюється. Віроїди є найдрібнішими збудниками хвороб у рослин (картоплі, хмелю, огірків, хризантем тощо).

Пріони (від англ. *proteinaceous infectious particle* – протеїноподібна інфекційна частинка) – це простий низькомолекулярний білок (змінена форма білка господаря), який кодується геномом клітини господаря, не маючи генетичного матеріалу (нуклеїнової кислоти). Легко проникає через мембрани клітини, зумовлюючи високу інфекційність.

Пріони – єдина форма збудників, які не спричинюють імунних реакцій; конфірмаційна ізоформа пріонового білка є єдиним відомим на сьогодні суто білковим інфекційним агентом, що зумовлює послідовність незворотних і летальних нейрогенеративних процесів, об'єднаних у групу підгострих трансмісивних губчастих енцефалопатій.

Бактеріофаги – це «пожирачі» (віруси) бактерій. Проникнувши у бактеріальну клітину, вони репродукуються (розмножуються) у ній і викликають її розпад.

За допомогою електронного мікроскопа встановлено, що фаг складається з головки, комірця і відростка (хвоста) (рис. 2.13).

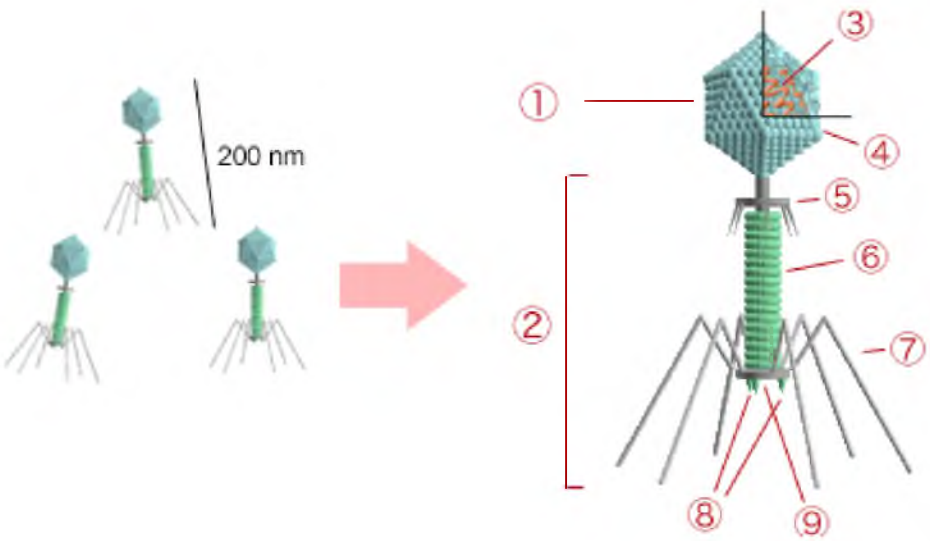


Рис. 2.13. Типова схема будови фага:
1 – головка; 2 – хвіст; 3 – нуклеїнова кислота; 4 – капсид; 5 – «комірець»; 6 – білковий чохол хвоста; 7 – фібрила хвоста; 8 – шипи; 9 – базальна пластинка

Головку фага утворюють білкові капсомери. Головка фага має дві оболонки: зовнішню стінку і тонку внутрішню мембрану,

у якій міститься нуклеїнова кислота. Відросток фага складається з порожнистого стрижня, оточеного білковим скоротливим чохлом, комірця і базальної пластинки з шипами і нитками. За будовою фаги поділяють на групи:

✓ ниткоподібні – довгі гнучкі палички, що складаються з трубкоподібного капсида зі спіральним типом симетрії та містять одноланцюгову ДНК;

✓ дрібні сферичні фаги, що мають форму правильного багатогранника без диференційованого відростка, містять одноланцюгову ДНК або РНК;

✓ булавоподібні фаги з довгим відростком, чохол якого не скорочується, нагадує гофровану трубку, містить дволанцюгову ДНК;

✓ фаги з довгим відростком, чохол якого скорочується;

✓ фаги із суто вираженим коротким хвостовим відростком з базальною пластинкою або без неї.

Фаги складаються в основному з білка і нуклеїнової кислоти: ДНК або РНК. Найчастіше зустрічаються дволанцюгова ДНК і одноланцюгова РНК. У деяких фагів знайдено невелику кількість ліпідів і сліди вуглеводів.

Фаги стійкі до висушування, низьких температур, радіації, зберігають активність за pH 2,5–8,5, витримують тиск до 6 000 атм. Багато фагів переносять нагрівання до 70–80 °С. Фаги швидко гинуть під час кип'ятіння, дії ультрафіолетових променів, кислот, хімічних дезінфікуючих речовин.

Бактеріофаги характеризуються специфічністю дії, тобто кожний фаг впливає тільки на визначений вид бактерій або на групу споріднених видів.

Фаги значно поширені в природі. Їх можна знайти у ґрунті, воді, стічних водах, організмі людей, птахів, тварин, у ракових пухлинах рослин. Життєдіяльність фагів має важливе практичне значення. Вони можуть змінювати патогенні властивості мікробів, знижувати їх вірулентність, здатність до токсиноутворення.

У медичній практиці їх часто використовують з профілактичною та лікувальною метою у разі дизентерії, черевного тифу, холери, чуми та інших хвороб.

Поряд з цим фаги можуть завдати великої шкоди, зокрема, під час виробництва молочнокислих продуктів, бактеріальних добрив, антибіотиків, пригнічуючи розвиток корисних мікроорганізмів. У ґрунті азот, фіксуючи бактерії, може заражатися фагами, що призводить до затримки їх розвитку, а отже, погіршує процес зв'язування молекулярного азоту і, як результат, негативно впливає на урожай.

Питання для самоконтролю

1. Основи систематики і номенклатури мікроорганізмів.
2. Розміри, форми та будова бактеріальної клітини.
3. Особливості руху бактерій.
4. Класифікація бактерій.
5. Дріжджі: розміри, форма, будова, розмноження, класифікація.
6. Гриби: будова, розмноження.
7. Особливості спороутворення бактерій, дріжджів та грибів.
8. Систематика та класифікація грибів.
9. Характеристика окремих класів грибів та їх представників.
10. Віруси: будова, хімічний склад, характеристика окремих видів.
11. Бактеріофаги: будова, хімічний склад, дія на бактеріальну клітину.

РОЗДІЛ 3
ОСНОВИ ФІЗІОЛОГІЇ МІКРООРГАНІЗМІВ

3.1. Поняття про обмін речовин

Спосіб життя мікроорганізмів полягає у постійному відтворенні своєї біомаси. Сукупність процесів, що протікають у клітині та забезпечують відтворення її біомаси, називають обміном речовин або метаболізмом.

Обмін речовин між живою клітиною та навколишнім середовищем властивий усім організмам, що живуть на Землі. Процеси росту, розвитку, розмноження організму потребують надходження харчових речовин, що використовуються клітиною як будівельний матеріал або джерело енергії. При цьому організм виділяє в навколишнє середовище різноманітні продукти своєї життєдіяльності.

Клітинний метаболізм складається з двох основних процесів: конструктивного та енергетичного обмінів.

Конструктивний обмін – це потік біохімічних реакцій, у результаті яких будується речовина клітини з компонентів, що надходять із зовнішнього середовища.

Конструктивний обмін забезпечується живленням – процесом надходження поживи з навколишнього середовища і засвоєнням її клітиною. Поживні речовини, що надійшли до клітини, спочатку розщеплюються на більш прості, а потім з цих низькомолекулярних сполук синтезуються складні, властиві цьому організму клітинні речовини (тобто здійснюються процеси ***асиміляції***). Конструктивний обмін відбувається з поглинанням вільної енергії.

Енергетичний обмін – це потік біохімічних реакцій, у результаті яких з речовин, що надійшли в клітину ззовні, виділяється енергія, яка необхідна для життєдіяльності, й запасається у клітині в спеціальних сполуках, що витрачаються клітиною у процесах біосинтезу. Енергетичний обмін забезпечується за рахунок так званого дихання – процесу розщеплення речовин ***(дисиміляція),*** що супроводжуються виділенням вільної енергії.

Таким чином, речовини, що надійшли у клітину, витрачаються у двох напрямах: одна частина їх використовується у біосинтезі речовин клітини, а друга витрачається у процесах, що забезпечують організм енергією.

Конструктивні та енергетичні процеси відбуваються у клітині одночасно. Одна і та сама речовина може слугувати джерелом енергії й будівельним матеріалом, але нерідко у реакціях конструктивного та енергетичного обміну використовуються різні речовини. Ці прямо протилежні процеси – процеси асиміляції та дисиміляції, є суцільним комплексом різноманітних перетворень речовин та енергії, що перебувають у тісній взаємодії. Вони необхідні один одному, бо зумовлюють ріст і розвиток організму.

Основні процеси мікробного метаболізму підпорядковуються тим самим закономірностям, що й метаболізм вищих організмів. Однак мікроорганізмам притаманні деякі особливості:

✓ метаболізм різних видів мікробів відрізняється надзвичайною різноманітністю, що пояснюється їх здатністю використовувати як джерело енергії й вихідних субстратів для побудови речовин свого тіла незвичайно широкий набір органічних та неорганічних сполук;

✓ метаболізм одного й того самого виду мікроорганізмів також відрізняється різноманітністю, зумовленою різними шляхами метаболізму вихідних субстратів, тобто один і той самий субстрат може метаболізуватися різними шляхами залежно від умов (наприклад, окиснення дріжджами глюкози до етилового спирту у кислому середовищі і до гліцерину – у лужному);

✓ метаболізм мікроорганізмів характеризується високою активністю: за добу одна клітина здатна споживати масу їжі у 30–40 разів більшу маси свого тіла (основна частина їжі витрачається на енергетичний обмін, і у зовнішнє середовище виділяється значна кількість продуктів обміну). Ця особливість мікроорганізмів використовується під час переробки рослинної і тваринної харчової та нехарчової сировини, а також пояснює багато процесів псування харчових продуктів;

✓ особливістю обміну речовин мікроорганізмів є висока здатність пристосовуватись (адаптуватись) до умов зовнішнього середовища.

Адаптація властива усім живим істотам. У мікроорганізмів ця здатність є особливо сильною і проявляється у зміні характеру обміну залежно від умов середовища. Мікроби здатні виробляти нові для виду так звані пристосовані ферменти як відповідь на появу у середовищі нових несприятливих для росту речовин. Процесом пристосування пояснюється велика різноманітність у мікроорганізмів типів живлення та дихання, а також поява у процесі еволюції мікробів-паразитів, патогенних тільки для одного виду (наприклад, патогенні тільки для людини вірус грипу, дизентерійна та черевнотифозна паличка тощо).

3.2. Хімічний склад мікроорганізмів

Хімічний склад мікроорганізмів подібний до хімічного складу клітин інших живих організмів. Компонентами мікробної клітини є вода, мінеральні речовини та органічні сполуки: білки, нуклеїнові кислоти, вуглеводи та ліпіди.

Клітини мікроорганізмів складаються з води (75–85 %) і сухого залишку. Переважаючими хімічними елементами у мікробній клітині є азот, вуглець, водень та кисень (90–97 % сухого залишку). Їх називають ***органогенами,*** оскільки вони утворюють органічні сполуки і під час спалювання виділяються у вигляді газоподібних речовин.

Азот становить 8–15 % сухого залишку, вуглець – 40–45 %, кисень – 30 %, водень – 6–8 %. Решту елементів, які входять до складу мікробної клітини, називають ***мінеральними*** або ***зольними*** (3–10 % сухого залишку) у зв'язку з тим, що вони під час спалювання утворюють золу.

З різних компонентів, що надходять у клітину в процесі живлення, мікроорганізми синтезують білки, нуклеопротеїди вуглеводи, ліпіди, ферменти, вітаміни тощо. Варто зазначити, що співвідношення у клітині окремих хімічних речовин може помітно коливатися залежно від виду мікроорганізму та умов його росту.

Клітинна вода. Вода становить 75–90 % маси вегетативної клітини. Вміст води у спорах значно нижчий. Нормальний метаболізм і розмноження мікроорганізмів можливі тільки у водному середовищі. Вода є розчинником органічних і мінеральних речовин, дисперсійним середовищем для колоїдів, джерелом протонів і гідроксильних іонів, а також джерелом водню та кисню в процесах метаболізму бактерій.

Вода перебуває в клітині у двох станах: вільна та зв'язана. ***Вільна вода*** є дисперсним середовищем для колоїдів та розчинником для кристалічних речовин, джерелом гідроксильних та водневих іонів, бере участь у хімічних реакціях. Наприклад, гідролітичні процеси розщеплення білків, вуглеводів та ліпідів відбуваються у результаті приєднання до них вільної води. Кількість вільної води у клітині може значно змінюватися залежно від умов зовнішнього середовища та її фізичного стану. Так, у спорах бактерій кількість вільної води становить 40–50 %. Однак подальша втрата води до рівня нижче 25 % для бактерій і нижче 14 % – для мікроскопічних грибів призводить до зміни в обміні речовин. У результаті клітина переходить до стану ***анабіозу*** (прихованого життя), потім гине.

Зв'язана вода – структурний елемент білків, вуглеводів та інших речовин. У разі втрати зв'язаної води структура клітини порушується і клітина гине. Тому кількість зв'язаної води у живій клітині відносно постійна.

Елементний склад клітини. Вміст мінеральних речовин у мікробній клітині незначний (3–10 % сухого залишку), проте вони відіграють суттєву роль у її житті. Більшість з них входять до складу органічних речовин. До найважливіших мінеральних елементів відносять фосфор, сірку, калій, натрій, залізо, такі мікроелементи, як кобальт, цинк, нікель, марганець. Кожний елемент має специфічну дію на життєві процеси.

Частка основних елементів клітини (відсоток до маси сухої речовини) становить: вуглець – 50; кисень – 20; азот – 10–14; водень – 8; фосфор – 3; сірка, калій, натрій – 1; кальцій, магній, хлор – 0,5; залізо – 0,2.

Вуглець, кисень, водень та азот є основними компонентами органічних сполук, з яких побудована клітина. Сірка необхідна

для синтезу амінокислот цистеїну та метіоніну, а також деяких коферментів, бере участь у регулюванні окисно-відновного потенціалу цитоплазми. Фосфор входить до складу нуклеїнових кислот, фосфоліпідів, тейхоєвих кислот і таких нуклеотидів, як АТФ, ГТФ, НАД та ФАД. Іони калію, магнію, кальцію та заліза є кофакторами ферментів і компонентами металокомплексів. Залізо входить до складу дихальних ферментів та каталізує окиснювальні процеси. Магній активізує реакції, які пов'язані з перенесенням фосфорної кислоти від одних органічних сполук до інших, входить до складу пігментів, більшість біологічно активних фосфорних ефірів міститься у клітинах у вигляді комплексів із магнієм. Солі натрію та калію відіграють значну роль у регуляції внутрішньоклітинного осмотичного тиску. Багато з мікроелементів беруть участь у синтезі ферментів, активізують їх.

Білки становлять 40–80 % маси бактеріальної клітини і представлені простими білками (протеїнами) і складними (протеїдами). Протеїни складаються тільки з амінокислот, протеїди – з амінокислот і речовин небілкової природи. До складу бактеріальних білків входять ті самі 20 найважливіших амінокислот, що і до складу білків рослин і тварин. Амінокислотний склад білків різних видів бактерій кількісно та якісно відрізняється. Більшість бактерій самі синтезують усі необхідні їх амінокислоти. Але деякі не мають такої здатності і потребують готових амінокислот, які вносять у поживне середовище. Це так звані ауксотрофи. Мікроорганізми можуть бути ауксотрофами не тільки за амінокислотами, а й за вітамінами, нуклеотидами тощо. За біологічними функціями білки є ферментами, токсинами, антигенами, транспортними білками.

Оскільки деякі види мікроорганізмів багаті на білки (наприклад, дріжджі містять до 60 % білка), їх використовують у сільському господарстві як кормову білкову добавку. Так, в Україні кормові білкові добавки виробляють у вигляді кормових дріжджів, деяких бактерій, водоростей хлорели і використовують у тваринництві та птахівництві.

Нуклеїнові кислоти – біополімери, що складаються зі значної кількості (1 500 – 5 000 000) мононуклеотидів. Мононуклеотиди

побудовані з азотистої основи (аденін, урацил, тимін, цитозин), рибози або дезоксирибози, залишку фосфорної кислоти. До кожного залишку рибози (дезоксирибози) приєднується одна з азотистих основ. Сполука азотистої основи з цукром називається нуклеозидом. Окремі нуклеозиди зшиваються між собою за допомогою залишків фосфорної кислоти. Нуклеозид із залишком фосфорної кислоти називається нуклеотидом. Мононуклеотиди ковалентно зв'язуються між собою фосфоднефірними зв'язками. Так утворюються полінуклеотиди – нуклеїнові кислоти. Існують два типи нуклеїнових кислот: рибонуклеїнова, що складається з рибонуклеотидів, і дезоксирибонуклеїнова – з дезоксирибонуклеотидів.

Вуглеводи. У бактеріальній клітині міститься 12–30 % вуглеводів від її сухої маси. Однак зустрічаються види грибів, що містять до 60 % вуглеводів. Представлені вуглеводи моно- та полісахаридами.

Полісахариди мікроорганізмів – різноманітна група біополімерів, серед яких є сполуки, характерні як для прокаріот, так і для еукаріот (глікоген, глюкоза). Але у бактерій виявлені полісахариди, які не зустрічаються в інших організмах (тейхоєві кислоти, пептидоглікани, ліпополісахариди).

Полісахариди мікроорганізмів поділяються на внутрішньо- (ендо-) та позаклітинні (екзо-). Ендополісахариди виконують функції запасних речовин, єструктурними компонентами (входять до складу клітинної стінки, цитоплазматичної мембрани), ендотоксинами тощо. Екзополісахариди утворюють капсулу або виділяються в культуральну рідину. Це речовини з молекулярною масою до 1 000 000, гідрофільні, з негативним зарядом. В основному представлені гетеро полісахаридами, але є і гомо полісахариди, наприклад глюкани (складаються тільки з глюкози), левани (до складу входить тільки фруктоза).

Ліпіди представлені у бактерій вищими жирними кислотами, фосфоліпідами, нейтральними жирами, восками. Містяться у мікробній клітині, як правило, у незначних кількостях (до 10 % сухого залишку). Деякі мікроорганізми накопичують жир у вигляді особливих включень. Кількість ліпідів у клітинах таких

мікроорганізмів може досягати 40 % сухої маси (туберкульозна паличка, деякі раси дріжджів).

У клітині ліпіди перебувають у вільному стані (включення) як резерв живлення або зв'язані у вигляді комплексів з білками чи вуглеводами. Такі комплекси зосереджені основним чином у цитоплазматичній мембрані.

Ліпіди мікроорганізмів більш різноманітні, ніж ліпіди вищих організмів. Вони виконують різні функції: є запасними речовинами, структурними компонентами клітини, беруть участь у метаболізмі вуглеводів, в енергетичному обміні, входять до складу антигенів, зумовлюють кислотостійкість бактерій. Деякі пігменти відіграють важливу роль у процесах дихання. У деяких бактерій барвники беруть участь в асиміляції вуглекислого газу.

Пігменти синтезуються бактеріями залежно від умов вирощування: складу середовища, природи джерела вуглецю, кількості кисню, наявності освітлення тощо. Мікробні пігменти поділяють на дві групи: нерозчинні, зв'язані з клітинними компонентами, які зумовлюють забарвлення колоній, але не середовища (пігменти жовтої сарцини, золотистого стафілокока); розчинні в поживному середовищі, яке забарвлюється під час культивування бактерій. За хімічним складом, пігменти надзвичайно різноманітні: каротиноїди, меланіни, хінони, бактеріохлорофіли, піроли.

3.3. Живлення мікроорганізмів

Звичайно, мікроорганізми, як і всі живі істоти, потребують для свого розвитку певних поживних речовин – розчинних у воді сполук, з яких мікроорганізми будують свою клітину й одержують енергію.

Потребу в поживних речовинах мікроорганізми можуть задовольнити або безпосередньо їх засвоюючи, або попередньо змінюючи їх до форм, які можуть бути спожиті. Загалом відомо два способи живлення живих істот – голозойний і голофітний. За ***голозойного*** (грецьк. *holos* – повноцінний + *zoikos* – належить до тварин) способу живлення, організм захоплює або заковтує тверді

частинки їжі, які потім перетравлюються. Цей спосіб живлення характерний для тварин (від найпростіших до вищих). За ***голофітного*** (грецьк. *holos* – повноцінний + *phytikos* – належить до рослин) способу живлення істот, що не мають спеціальних органів для заковтування і травлення, використовують поживні речовини, усмоктуючи їх як відносно невеликі молекули з водного розчину після розщеплення макромолекул екзоферментами, що продукуються клітинами мікроорганізмів (позаклітинне травлення). Цей спосіб живлення властивий також рослинам.

Надходження води і розчинених у ній поживних речовин з навколишнього середовища всередину мікробної клітини, так само як і вихід продуктів обміну, відбувається через клітинну стінку, цитоплазматичну мембрану, капсулу та слизові шари.

Розрізняють чотири різних механізми, за допомогою яких з навколишнього середовища надходять поживні речовини:

- ✓ пасивна дифузія;
- ✓ полегшена дифузія;
- ✓ активний транспорт;
- ✓ транслокація груп (радикалів).

Пасивна дифузія – перенесення речовин та іонів з місць з більшим значенням електрохімічного потенціалу до місць із його меншим значенням; транспорт речовин через мембрану, що не потребує енергії.

Полегшена дифузія – рух молекул через мембрану за участі компонентів мембрани (канали і/або білки-переносники) за градієнтом концентрації (без витрат енергії). Саме трансмембранне перенесення однієї речовини в одному напрямі за допомогою канальних або транспортних білків називають ***уніпортом*** (рис. 3.1). Інші мембранні транспортні білки функціонують як ***котранспортні системи,*** в яких перенесення однієї речовини залежить від одночасного або послідовного перенесення іншої, або в тому самому ***(симпорт)*** напрямку, або в протилежному ***(антипорт).*** Наприклад, транспортування вуглеводів всередину багатьох бактерій відбувається шляхом спрямованого в клітину симпорту протонів і молекул вуглеводів, тоді як (Na^+-K^+)- насос (Na^+-K^+-АТФаза) в еукаріотичних плазматичних мембранах працює за

принципом антипорту, качаючи Na^+ з клітини, а K^+ – усередину клітини.

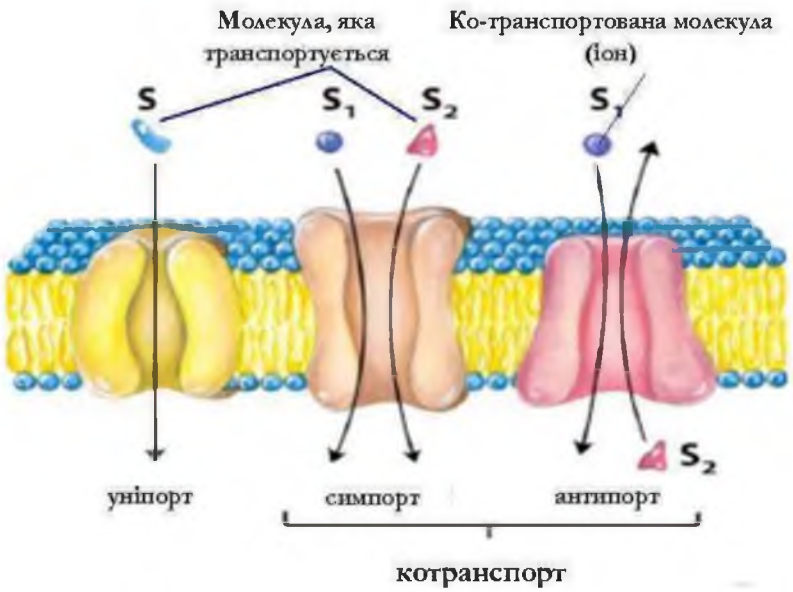


Рис. 3.1. Основні типи полегшеного транспорту речовин через мембрану

Активний транспорт – трансмембранний процес перенесення речовин (іонів чи нейтральних молекул) проти градієнта їх концентрацій (від низької концентрації речовини до вищої), який потребує витрат енергії у формі АТФ або електрохімічного потенціалу певних іонів (H^+, Na^+ тощо) на поверхні мембрани.

Транслокація груп (перенесення радикалів) – транспорт речовин через мембрану шляхом попередньої внутрішньомембранної модифікації певного субстрату; реакція потребує енергії макроергічних сполук.

Організми, що використовують як джерело енергії електромагнітні промені (світло), називають ***фототрофними*** (фотосинтезуючими); якщо отримання енергії відбувається за рахунок окисно-відновних реакцій, у яких беруть участь поживні речовини, то такі організми називають ***хемотрофними*** (хемосинтезуючими). Організми, які виявляють здатність використовувати неорганічні донори електронів (H_2, NH_3, H_2S, Fe^{2+}та ін.), називають ***літотрофними***, а ті, що асимілюють як донор електронів органічні сполуки, – ***органотрофними.*** І нарешті, якщо для синтезу необхідних сполук використовується як джерело карбону

діоксид карбону або карбонати, такі організми називають ***автотрофними.*** Інші організми нездатні повністю забезпечити свій метаболізм за рахунок синтетичних можливостей і для побудови власних молекул і біоструктур використовують карбон як складні біоорганічні сполуки – це вуглеводи, ліпіди, білки, багатоатомні спирти, амінокислоти. Такі організми називають ***гетеротрофними.*** Джерелами енергії для процесів життєдіяльності у гетеротрофів слугують реакції біологічного окиснення метаболітів, які утворюються під час катаболізму біоорганічних сполук. Гетеротрофні організми поділяють на сапрофіти і паразити. ***Сапрофіти*** (від грецьк. *sapros* – гнилий + *phyton* – рослина) – організми, які добувають поживні речовини з мертвого органічного матеріалу, що розкладається; до них належить більшість видів бактерій, які населяють нашу планету. ***Паразити*** (грецьк. *parasitos* – нахлібник, дармоїд) – це організми, які живуть на поверхні (екзопаразити) або всередині (ендопаразити) іншого організму (господаря) і живляться за його рахунок.

Комбінації всіх цих термінів дають змогу описати більшість типів живлення в різних фізіологічних групах мікроорганізмів (табл. 3.1).

Найбільш дослідженим типом живлення є органогетеротрофія. У цьому разі карбонова сполука використовується мікроорганізмом як єдине джерело карбону, енергії та електронів.

Усі поживні речовини та будь-які елементи, що піддаються взаємодіям і перетворенням за участі бактерій, вступають у реакції за участі ферментів. Ферменти, які виробляються мікроорганізмами, забезпечують певну швидкість їх метаболізму та адаптацію. Ферментний склад будь-якого мікроорганізму визначається його геномом і є достатньо постійною ознакою. Тому виявлення дії ферментів має важливе значення для ідентифікації різних мікроорганізмів.

Відповідно до чинної класифікації ферменти поділяють на шість основних класів:

✓ оксидоредуктази – каталізують окисно-відновні реакції, що відбуваються між двома субстратами, один з яких (донор) відновлює другий (акцептор);

✓ трансферази – каталізують міжмолекулярне перенесення атомів та хімічних груп від однієї сполуки (донор) до іншої (акцептор);

✓ гідролази – каталізують реакції гідролітичного розщеплення внутрішньомолекулярних зв'язків, у яких розщеплення субстратів відбувається за участі молекул води;

✓ ліази – каналізують відщеплення від субстратів певної хімічної групи не гідролітичним шляхом, а здебільшого утворенням подвійного зв'язку або приєднанням групи за місцем його розщеплення;

✓ ізомерази – каталізують реакції ізомеризації, тобто реакції, в яких відбуваються геометричні або структурні зміни в межах однієї молекули;

✓ лігази – каталізують реакції з'єднання двох молекул, яке є спряженим із розривом пірофосфатного зв'язку в молекулі АТФ або інших нуклеозидтрифосфатів.

Таблиця 3.1

Типи живлення мікроорганізмів

Мікроорганізми	Ростові субстрати			Тип живлення
	джерело енергії	джерело електронів	джерело карбону	
Ціанобактерії та зелені бактерії	Світло	H_2O, H_2S, H_2, $S_2O_3^{2-}$, S^0	CO_2	Фотолітоавтотрофія
Пурпурові бактерії	Світло	H_2S, $S_2O_3^{2-}$, H_2, органічні сполуки	CO_2	Фотолітогетеротрофія
Водневі, метаноутворювальні й ацетогенні бактерії	H_2	H_2	CO_2	Хемолітоавтотрофія
Нітрифікуючі бактерії	Nh_3	NH_3	CO_2	Хемолітоавтотрофія
Ферумбактерії	Fe^{2+}		CO_2	Хемолітоавтотрофія
Сульфатредукуючі бактерії	H_2	H_2	Органічні сполуки	Хемолітогетеротрофія
Мікроорганізми, які використовують тільки органічні субстрати	Органічні сполуки	Органічні сполуки	Органічні сполуки	Хемоорганогетеротрофія

Бактерії здатні синтезувати всі ферменти, які необхідні для утилізації широкого спектра поживних субстратів. За локалізацією розрізняють екзо- та ендоферменти. ***Екзоферменти*** виділяються в навколишнє середовище, зокрема й в організм людини. ***Ендоферменти*** локалізуються в цитоплазмі, цитоплазматичній мембрані та периплазматичному просторі бактерій.

Певний субстрат у середовищі викликає синтез ферментів, які забезпечують його катаболізм. У цьому разі йдеться про індукцію катаболічних ферментів індукуючим субстратом ***(індуцибельні ферменти)***. Утворення анаболічних ферментів у процесах біосинтезу регулюється шляхом репресії кінцевим продуктом ***(репресибельні ферменти)***. Якщо в середовищі містяться два субстрати, то бактерія використовує субстрат, який забезпечує швидший ріст. Синтез ферментів для розкладання другого субстрату репресується; такий варіант відомий як ***катаболітна репресія***. Ферменти, що синтезуються незалежно від умов середовища, називаються ***конститутивними ферментами***.

Для вирощування мікроорганізмів у лабораторних і виробничих умовах використовують поживні середовища, які мають містити всі елементи, з яких будується клітина, причому в доступній для засвоєння організмом формі. Такими основними компонентами поживного середовища повинні бути: джерело карбону та енергії, джерела мінеральних сполук (нітроген, фосфор, сульфур, калій, магній, ферум та мікроелементи), а також (за потреби) і фактори росту.

За походженням сировини поживні середовища бувають:

✓ натуральні – середовища, що складаються з продуктів рослинного чи тваринного походження (молоко, яйця, кров, сироватка, буряк);

✓ синтетичні – суміш хімічно чистих органічних і мінеральних речовин;

✓ органомінеральні – середовища, що складаються з органічних (іноді натуральних) та мінеральних сполук.

За фізичним станом розрізняють рідкі, напіврідкі, тверді та сипкі середовища. Прикладом сипких середовищ є розварене

пшоно, висівки, кварцовий пісок, насичені поживним розчином. Для виготовлення щільних середовищ до рідких поживних розчинів додають речовини, що надають їм желеподібної консистенції (агар, силікагель).

За складом, поживні середовища бувають:

✓ прості – м'ясопептонний бульйон (далі – МПБ), м'ясопептонний агар (далі – МПА);

✓ складні – до простих додають кров, сироватку, вуглеводи, молоко тощо.

За призначенням, розрізняють такі поживні речовини:

✓ основні – МПА, МПБ, пептонна вода;

✓ спеціальні – для виділення мікроорганізмів, які не ростуть на простих поживних середовищах;

✓ диференційно-діагностичні для виявлення мікроорганізмів певної групи або виду з притаманними їм властивостями. Прикладом такого середовища є середовище Ендо для виявлення бактерій групи кишкової палички;

✓ елективні – забезпечують переважний розвиток одного виду або групи мікроорганізмів і менш придатні (чи зовсім непридатні) для розвитку інших;

✓ середовища нагромадження – рідкі елективні середовища.

3.4. Дихання мікроорганізмів

Поживні речовини, що надійшли в мікробну клітину, зазнають у ній складних перетворень. На ці перетворення витрачається певна кількість енергії. Енергія витрачається також для забезпечення росту і розмноження мікроорганізмів. Необхідну для цих цілей енергію мікробна клітина отримує в процесі дихання. Сутність зазначеного процесу полягає в тому, що складні органічні речовини окислюються до більш простих з виділенням енергії.

Для окислення органічних речовин з метою отримання енергії одні мікроорганізми використовують кисень повітря, інші здатні обходитися при цьому без кисню, а для третіх кисень повітря є навіть шкідливим.

За типом дихання або ставленням до кисню повітря всі мікроорганізми поділяються на такі групи:

- ✓ облігатні аероби;
- ✓ мікроаерофіли;
- ✓ факультативні анаероби;
- ✓ облігатні анаероби.

Облігатні аероби добре розвиваються, якщо в атмосфері міститься близько 20 % кисню (сарцини, сінна паличка, туберкульозні палички, холерні вібріони та ін.).

Мікроаерофіли потребують для свого розвитку значно менше кисню, оскільки висока концентрація його хоч і не вбиває, але пригнічує їх ріст (молочнокислі бактерії, актиноміцети, лептоспіри тощо).

Факультативні анаероби можуть жити як в аеробних, так і анаеробних умовах, тобто за наявності й відсутності молекулярного кисню (більшість сапрофітних і патогенних мікробів).

Облігатні анаероби за присутності молекулярного кисню повітря розвиватися не можуть.

До групи аеробних мікроорганізмів належать гриби і багато бактерій, наприклад оцтовокислі. Аеробні мікроорганізми в процесі дихання окислюють органічні речовини зазвичай повністю до утворення як кінцевих продуктів вуглекислого газу і води.

Кисень у живій клітині перетворюється на пероксид водню (H_2O_2), який є токсичним для облігатних анаеробів, оскільки вони не мають каталазної активності. Облігатні анаероби витримують концентрацію H_2O_2 лише 0,003 %, тоді як аероби нормально виживають під час концентрації пероксиду 0,015 % всередині клітини. Природними середовищами для облігатних анаеробів є безкисневі болота, насичені водою ґрунти, травні системи тварин. До цієї групи належать збудники маслянокислого бродіння, клостридії правця, ботулізму та ін.

Аеробне дихання мікроорганізмів. Дихання, під час якого відбувається окислення органічних речовин за допомогою кисню повітря, називається аеробним. Аеробні мікроорганізми (як і тварини або вищі рослини) в процесі дихання можуть окислювати

різні органічні сполуки: вуглеводи, жири, білки, органічні кислоти тощо.

Аеробне дихання – найбільш досконалий спосіб одержання енергії організмом. У бактерій воно має багато спільних ознак з аеробним диханням вищих організмів. Хімізм аеробного дихання мікроорганізмів складається з двох фаз. Перша включає серію послідовних реакцій, завдяки яким органічні сполуки окислюються до CO_2, а атоми водню, які звільняються внаслідок цих реакцій, переміщуються до відповідних акцепторів. У першій фазі здійснюється цикл реакцій трикарбонових кислот, який отримав назву циклу Кребса.

Піровиноградна кислота, що утворилася під час розщеплення глюкози під впливом складної мультиферментної системи піруватдегідрогенази, піддається окислювальному декарбоксилюванню і перетворюється на активовану оцтову кислоту, або скорочено – ацетил-КоА. Цей активний ацетат далі вступає в цикл трикарбонових кислот.

Сутність реакцій, які входять до циклу, полягає в тому, що ацетил-КоА конденсується із щавелевооцтовою кислотою. Далі перетворення йде через ряд ди-і трикарбонових кислот. У процесі циклу приєднуються три молекули H_2O, виділяються дві молекули CO_2 і чотири пари водню, які відновлюють відповідні кофер-менти (ФАД і НАД). Сумарну реакцію циклу можна показати таким рівнянням:

$$CH_3CO - SKoA + 3H_2O \rightarrow 2CO_2 + 4H_2 + HS - KoA.$$

Друга фаза аеробного дихання мікроорганізмів складається з реакцій окислення атомів водню, які звільнилися в циклі трикарбонових кислот, киснем повітря з утворенням АТФ.

У мікробів (як і у вищих організмів) є особливий апарат – електронно-транспортний ланцюг, за допомогою якого водень (електрони і протони) переноситься від НАД • Н + Н+ через ряд етапів аж до кінцевого акцептора – кисню повітря.

Рушійною силою транспорту водню в дихальному ланцюзі є різниця потенціалів.

Саме в процесі передачі електронно транспортним ланцюгом електронів енергія частково нагромаджується в АТФ. Процес нагромадження енергії окислення в АТФ під час руху електронів ланцюгом переносників (якими переважно є ферменти з класу оксидоредуктаз) дістав назву окислювального фосфорилювання.

Анаеробне дихання. Окислення органічних субстратів, а також деяких неорганічних речовин може відбуватися за анаеробних умов. При цьому електрони і протони, які відщеплюються від енергетичних субстратів, потрапляють у дихальний ланцюг. Кінцевими акцепторами можуть бути нітрати, карбонати, сульфати. Залежно від цього розрізняють нітратне, карбонатне, сульфатне дихання. Наприклад, динітрифікуючі бактерії можуть окислювати органічні речовини з відновленням азотонітратів до N_2. На кожному етапі відновлення бере участь H_2, який переноситься дегідрогеназами від органічних субстратів:

$$C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 12NADP^+ = 6CO_2 + 12NADPH + H^+$$
$$4NO_3 + 12NADP + H^+ = 12H_2O + 2N_2 + 12NADP^+$$
$$C_6H_{12}O_6 + 4NO_3 = 6CO_2 + 6H_2O + 2N_2.$$

Деякі види мікроорганізмів, наприклад тіобаціли, можуть використовувати в процесі денітрифікації енергію неорганічних сполук. Наприклад, відновлюючи нітрати до $2N_2$, вони паралельно окислюють сірку до сульфату:

$$5S + 6NO_3^- + H_2O = 3N_2 + 4HSO_4^- + SO_4^{2-}.$$

В анаеробних умовах мікроорганізми можуть отримувати енергію за рахунок окислення спиртів і кислот та паралельного окислення молекулярного водню. При цьому, як акцептор електронів, використовується CO_2, який відновлюється до метану. Таким чином, функціонують метаноутворюючі бактерії:

$$2CH_3CH_2OH + CO_2 = 2CH_3COOH + CH_4$$
$$4H_4 + CO_2 = CH_4 + 2H_2O.$$

Питання для самоконтролю

1. Поняття про конструктивний обмін.
2. Поняття про енергетичний обмін.
3. Характерні особливості метаболізму у мікроорганізмів.
4. Хімічний склад мікроорганізмів.
5. Роль води в клітині мікроорганізмів.
6. Вуглеводи в клітині мікроорганізмів.
7. Білки і нуклеїнові кислоти в клітині мікроорганізмів.
8. Ліпіди і пігменти в клітині мікроорганізмів.
9. Особливості живлення мікроорганізмів.
10. Ферменти мікроорганізмів.
11. Класифікація поживних середовищ для культивування мікроорганізмів.
12. Дихання мікроорганізмів: аеробне й анаеробне.

РОЗДІЛ 4
ВПЛИВ ЧИННИКІВ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА МІКРООРГАНІЗМИ

4.1. Фізичні чинники

Температура. Нормальна життєдіяльність мікроорганізмів проходить у певних температурних межах, від яких залежить швидкість їх розмноження, інтенсивність протікання процесів обміну речовин у клітинах.

Вивчаючи вплив температури на ріст мікроорганізмів, можна виділити три основні точки: мінімальну (температура, нижче якої мікроорганізм не може рости), оптимальну (сприяє найбільш інтенсивному та швидкому росту мікроорганізму) та максимальну (температура, вище якої ріст мікроорганізму неможливий). Характерно, що оптимальна температура завжди ближча до максимальної, ніж до мінімальної.

Мікроорганізми, які мають широкі температурні межі, називаються ***евритермними.*** Вони, як правило, живуть в умовах, де температура значно змінюється (ґрунти, вода, повітряне середовище). Мікроорганізми другої групи – ***стенотермні*** – мають вузькі температурні межі існування і живуть у зонах з відносно постійною температурою (гарячі джерела, льодовики).

Відповідно до дії температури мікроорганізми поділяють на три групи:

- ✓ термофіли;
- ✓ психрофіли;
- ✓ мезофіли.

Термофіли – це найбільш теплолюбні мікроорганізми. Температурний максимум для них становить 70–85°С, оптимум – 50–60°С, мінімум – 30°С. Із гарячих джерел виділено бактерії, що живуть за температури 105°С (екстремальні термофіли). Здатність термофільних мікроорганізмів розвиватися за відносно високих температур пояснюється низьким вмістом у їхніх клітинах вільної та зв'язаної води, підвищеною кількістю іонів кальцію та

калію, стабільністю ферментів за високих температур, високою механічною стійкістю клітинної мембрани, що містить ліпіди, багаті насиченими жирними кислотами. Варто зазначити, що бактерії є найбільш термостійкими організмами на Землі.

Психрофіли – це холодолюбні мікроорганізми, для яких характерні температурний максимум близько 30°С, оптимум у межах 10–15°С і мінімум 0–10°С. У цих мікроорганізмів ферменти мають низький рівень активації, у клітинних мембранах переважають ненасичені жирні кислоти, внаслідок чого вони залишаються напіврідкими і не замерзають. До цієї групи належать мешканці холодних морів, океанів, глибоких озер, льодовиків і ґрунтів Крайньої Півночі. Незважаючи на здатність деяких мікроорганізмів до росту за низьких температур, існує точка, нижче якої розмноження мікроорганізмів неможливе. Клітинний ріст припиняється за –30°С, хоча ферментативні реакції можуть проходити (зазвичай досить повільно) і у разі цієї температури. Нижньою межею біохімічних реакцій у водних системах вважають температуру –140°С. Саме тому заморожування не є причиною загибелі мікроорганізмів, а тільки перешкоджає їх росту та розмноженню. Заморожування широко використовується в лабораторній практиці для зберігання мікробних культур.

Мезофіли найкраще розвиваються за температури 20–40°С. Температурний максимум для них становить 40–50°С, оптимум – 35°С, мінімум – 5–10°С. Ця найбільш численна група мікроорганізмів об'єднує сапрофітні та паразитні форми, мешканців ґрунтів, води, повітря, організму тварини і людини.

Багато мікроорганізмів можуть проявляти стійкість до тих значень температури, при яких їхній ріст проходити не може. Кардинальні температурні точки одних і тих самих мікроорганізмів можуть бути різними залежно від їхнього фізіологічного стану.

Високі температури є згубними для мікроорганізмів, оскільки вони викликають денатурацію білків та руйнування ферментів. Більшість безспорових бактерій гине за 60°С через 30 хв, за 100°С – через 1–2 хв. Плісняві гриби і дріжджі гинуть за 60°С. Найбільш термостійкими є спори бактерій, особливо термофільних.

Вони витримують нагрівання до 100 °С і вище впродовж кількох годин.

У вологому середовищі спори бактерій гинуть за 120…130°С, у сухому стані – за 160...170°С через 1–2 год. Спори більшості плісеневих грибів і дріжджів менш стійкі до нагрівання, порівняно зі спорами бактерій, і гинуть за 65...80°С. Так, спори деяких видів плісняви витримують нагрівання до 100°С. Їхня висока термостійкість обумовлена низьким вмістом у них вільної води, наявністю діпіколінової кислоти і кальцію.

Згубну дію високих температур на мікроорганізми широко використовують у різних галузях для боротьби з ними (стерилізація, пастеризація, тривале кип'ятіння, автоклавування, фламбування, тиндалізація тощо).

Широкого застосування (особливо в харчовій промисловості) набули такі методи боротьби з мікроорганізмами, як пастеризація і стерилізація.

Пастеризація – термічна обробка продукту за температури, нижчої за 100°С (найчастіше – 65–80°С). Іноді пастеризацію проводять нагріванням до 90–100°С упродовж кількох секунд. Під час пастеризації гинуть не всі мікроорганізми. Деякі термофільні бактерії і спори можуть залишитися живими. У зв'язку з цим пастеризовані продукти варто зберігати на холоді, щоб затримати проростання спор і розвиток вегетативних клітин.

Стерилізація – термічна обробка за температури, вищої за 100°С упродовж години, яка необхідна для знищення всієї мікрофлори, тобто вегетативних клітин і спор. Стерилізацію консервів здійснюють переважно в автоклаві за температури 112–125°С упродовж 20–40 хв. Підвищення тиску пари в автоклаві на 0,5 атм відповідає температурі 110,8°С, на 1 атм – 120,6°С, на 2 атм – 132,2°С.

Ефективність пастеризації чи стерилізації залежить від кількісного та якісного складу мікрофлори продукту, його хімічного складу, термостійкості мікробів, умов проведення (температури, тиску, тривалості) тощо. Наприклад, чим більше солі у продукті і вища його кислотність, тим швидше гинуть мікроорганізми.

Низькі температури мікроорганізми переносять краще, ніж високі. Деякі бактерії і дріжджі можуть рости за температури –5°С, плісняві гриби – за –8°С. Бактерії черевного тифу зберігають життєздатність упродовж двох годин за –252°С, кишкової палички – 20 год за –172…–190°С, туберкульозу – 8 днів за –180°С. Більшість мікроорганізмів не здатні розвиватися за температури нижче нуля. Деякі молочнокислі бактерії вже не ростуть за 10°С.

Причиною загибелі мікроорганізмів за низьких температур є порушення обміну речовин у клітинах, інактивація ферментів, підвищення осмотичного тиску середовища в результаті вимерзання з нього води. Зустрічаються мікроорганізми, які за температури, нижчої за мінімальну, переходять упродовж тривалого часу у стан «прихованого життя». За підвищеної температури вони знову активно розмножуються.

Низькі температури широко використовують для зберігання продовольчих товарів, особливо тих, що швидко псуються. Харчові продукти зберігають в охолодженому стані за 10…–2°С і у замороженому за –12…–30°С. В охолоджених продуктах краще зберігаються їхні натуральні властивості, але ріст мікроорганізмів не припиняється, а тільки сповільнюється. У зв'язку з цим терміни їхнього зберігання обмежені. Стійкість мікроорганізмів до заморожування залежить від їхнього виду, температури і швидкості заморожування, складу середовища. У практиці заморожені продукти зберігаються впродовж тривалого часу (місяцями) без ознак мікробного псування.

Значний вплив на збереження якості харчових продуктів за низьких температур мають санітарно-гігієнічні умови здійснення їхнього охолодження й утримання в холодильниках. Холодильні камери варто утримувати в чистоті, періодично дезінфікувати і підтримувати в них відповідний температурно-вологий режим. Після розморожування (дефростації) мікроорганізми можуть почати швидко розмножуватися і викликати псування продуктів. Тому заморожені харчові продукти рекомендують розморожувати безпосередньо перед їх вживанням.

Вологість середовища. Життєдіяльність мікроорганізмів здійснюється лише в умовах достатньої вологості. З водою у

бактеріальну клітину потрапляють поживні речовини і видаляються продукти життєдіяльності. Вода створює оптимальні умови для розчинення мінеральних солей і для багатьох реакцій обміну, які відбуваються у клітинах. Мікроорганізми можуть розвиватися тільки у субстратах, які містять необхідну кількість вільної води. Для кожного мікроорганізму існує критична межа, нижче якої його розвиток припиняється. При цьому мікроорганізми переходять в анабіотичний стан, а деякі навіть гинуть.

Вода, що міститься щодо мікроорганізму у зовнішньому середовищі, може бути доступною і недоступною для нього. Ступінь доступності води для хімічних реакцій і мікроорганізмів визначається показником ***активності води*** *(a_w),* що характеризує ступінь зв'язаності її молекул. Активність чистої вільної води дорівнює одиниці. У разі взаємодії води з поверхнями, аніонами і катіонами, будь-якими гідрофільними групами активність води стає меншою за одиницю. Мікроорганізми можуть рости на середовищах зі значенням a_w = 0,99–0,6. Іноді для визначення ступеня доступності води користуються показником відносної вологості (виражається у відсотках). Обидва параметри стосуються фази пари, яка перебуває у рівновазі з твердим матеріалом чи розчином. Активність води (відносна вологість) – це відношення концентрації води у фазі пари в повітряному просторі над цим матеріалом до концентрації води в повітрі над чистою водою за певної температури.

Показник активності води є надійнішою характеристикою вологи, яка необхідна для розвитку мікроорганізмів, ніж вологість субстрату, яка змінюється залежно від відносної вологості повітря. Мікроорганізми живуть за активності води 0,999–0,62. Нижча активність їхній ріст затримує. Оптимальне значення активності води для багатьох мікроорганізмів становить 0,99–0,98. Більшість бактерійне розвивається за активності води у субстраті нижче 0,94–0,90, дріжджів – 0,88–0,85, плісеневих грибів – 0,8. За нестачі вологи втрачається різниця між осмотичним тиском всередині клітини і в навколишньому середовищі, припиняється транспортування поживних речовин.

За потребою у воді, мікроорганізми поділяють на ***гідрофіти*** – вологолюбні, ***мезофіти*** – середньо-вологолюбні і ***ксерофіти*** – сухолюбні.

Унаслідок різної потреби у волозі мікроорганізми неоднаково переносять висушування. Так, оцтовокислі бактерії під час висушування гинуть через декілька годин, молочнокислі бактерії зберігають життєздатність до кількох років і використовуються у сухих заквасках для виготовлення кисломолочних продуктів, а сухі дріжджі зберігають активність до двох років. Досить стійкими до висушування є патогенні бактерії. Холерний вібріон переносить висушування впродовж 48 год, збудники черевного тифу – 70 діб, стафілококи і мікрококи – 90 діб. Патогенні стрептококи були життєздатними через 25 років після зберігання висушеними, збудники туберкульозу – через 17 років, дифтерії – через 5 років. Висушені спори бактерій зберігають здатність до проростання впродовж 2–3 років, спори бацил сибірської язви – до 10 років, деяких плісеневих грибів – до 20 років. Живі мікроорганізми знаходили у римських гробницях через 1 800 років.

Висушування з давніх часів використовують для зберігання таких харчових продуктів, як м'ясо, риба, овочі, плоди, гриби тощо. У сухому вигляді зберігають зерно, борошно, крупи, макаронні вироби, харчові концентрати, борошняні кондитерські вироби, лікарсько-технічну сировину, інші матеріали та товари. У сухому середовищі мікроорганізми повністю не гинуть.

Під час зниження температури повітря зменшується його вологоутримуюча здатність, і навпаки. У зв'язку з цим кількість водяної пари у повітрі може бути вищою за межу їхнього насичення, що призводить до зволоження товарів і сприяє розвитку на них мікроорганізмів. Встановлено, що найменша відносна вологість повітря, за якої починають рости мікроорганізми, становить 65–70 %. Можливість розвитку мікроорганізмів у продуктах харчування і на непродовольчих товарах можна встановити і за величиною активності води. Значення активності води помножене на 100 відповідає відносній вологості повітря, вираженій у відсотках, якщо система товар-повітря перебуває у рівновазі. Під час зберігання і транспортування товарів необхідно дотримуватися

встановлених режимів, пакувати їх у спеціальну тару, щоб запобігти зволоженню.

Осмотичний тиск. Водна активність розчину може змінюватися двома шляхами – матричним і осмотичним. Осмотична зміна a_w відбувається в результаті взаємодії молекул води з розчиненими речовинами. Матрична зміна a_w зумовлена адсорбцією молекул води на поверхнях твердих субстратів. Часто вважають, що вплив концентрації розчинів на ріст мікроорганізмів опосередкований впливом осмотичного тиску. Насправді цей вплив позначається на зміні водної активності як міри доступної для організму води.

У нормі осмотичний тиск усередині клітини завжди вищий, ніж в оточуючому її середовищі. Вода, що надходить у клітину ззовні, створює пружний стан – тургор, за якого цитоплазма щільно прилягає до мембрани і розтягує її. У стані тургору клітини нормально здійснюють процеси життєдіяльності. Зміна звичайної концентрації середовища призводить до порушення обміну у клітинах мікроорганізмів, припинення їхньої життєдіяльності й загибелі. Високі концентрації деяких речовин, у тому числі й поживних, створюють високий осмотичний тиск у середовищі. При цьому клітини мікроорганізмів втрачають здатність поглинати з нього воду, протоплазма зневоднюється, обсяг клітини зменшується, обмін припиняється. Це явище називають ***плазмолізом.*** У середовищі з низьким осмотичним тиском, тобто малою концентрацією розчинених у ній речовин, вода, навпаки, надходить усередину клітини. Відбувається надмірне насичення нею цитоплазми – ***плазмоптиз,*** який призводить до розриву цитоплазматичної мембрани та клітинної стінки.

Підтримання клітинами мікроорганізмів оптимального тиску відбувається завдяки здатності їх до осморегуляції. Цитоплазматична мембрана регулює проникнення у клітину і вихід з неї розчинених у середовищі речовин, зберігаючи тим самим осмотичну рівновагу.

Мікроорганізми, які зберігають життєздатність у середовищах з високим осмотичним тиском, називають ***осмофілами.*** Мікроорганізми, які витримують високий осмотичний тиск, але

краще розвиваються за нормальним тиском, називають ***осмотолерантними.***

Концентрація розчинених речовин у середовищі. Нездатність більшості мікроорганізмів розвиватись на середовищах з високими концентраціями солі й цукру використовують для зберігання товарів і під час переробки сировини. Цей метод консервування базується на їхній властивості створювати високий осмотичний тиск. Так, 1 %-й розчин солі створює осмотичний тиск 6,1 атм, глюкози – 1,2 атм, цукрової тростини – 0,7 атм.

Розмноження багатьох мікроорганізмів сповільнюється за 1–3 %-ої концентрації солі у середовищі, а за 20–25 %-ої майже повністю припиняється. Малостійкими до солі є кишкова паличка, збудники ботулізму і сальмонельозу, деякі паратифозні бактерії. Сольові розчини не розкладають токсин ботулізму. Осмофільні мікроорганізми, які ростуть на середовищах з високою концентрацією солі, називають ***галофілами*** (солелюбними). Помірні галофіли ростуть за концентрації солі від 2 до 20 %, а екстремальні – від 12 до 36 %.

Багато галофільних мікроорганізмів викликають псування солоних харчових продуктів та шкіри. Вони зустрічаються також у солоних озерах, морях, засолених ґрунтах. Причиною почервоніння засоленої риби («фуксину») є галофільні бактерії *Halobacterium salinarium,* які містять червоний пігмент і потрапляють у продукт з сіллю.

Під час консервування для отримання більш надійних результатів м'ясо солять у 30 %-му розчині солі, рибу – у 15–20 %-му, або натирають сухою сіллю у разі укладання в тару. На концентрацію солі, яка необхідна для призупинення розвитку мікроорганізмів, значно впливає реакція середовища та температура. У солоних продуктах у кислому середовищі (pH 2,5) ріст дріжджів призупиняється за концентрації солі 14 %, а у нейтральному (pH 7,0) – за 20 %. Для пригнічення росту плісеневих грибів за температури 0°С достатньо 8 % солі, а за 20°С необхідно 12 % солі. Вплив солі на мікроорганізми підсилюється за наявності нітратів і нітритів.

У розчинах цукру мікроорганізми гинуть лише за концентрації його 60–70 %. Зустрічаються осмофільні дріжджі й гриби,

які живуть у середовищах з концентрацією цукру до 80 %. Вони є причиною пліснявіння і зброджування варення, повидла, джему, меду, цукрового сиропу, згущеного молока.

Підвищити стійкість консервованих товарів можна шляхом термічної обробки їх у герметичній тарі (пастеризація, стерилізація) та наступним зберіганням за знижених температур.

Гідростатичний тиск. Мікроорганізми добре розвиваються в умовах невисокого тиску. Більшість їх витримує тиск 65 МПа впродовж години. Щодо тиску, мікроорганізми поділяють на ***баротолерантні,*** які добре розмножуються за нормальним атмосферним тиском і переносять високий тиск, та ***барофільні*** – стійкі до високого тиску. Більшість мікроорганізмів гине за тиском 600–700 МПа. Дріжджі зберігають бродильні властивості за тиском 50 МПа, а життєздатність – за 80 МПа. Глибоководні бактерії морів і океанів живуть і розвиваються на глибині до 10 км за тиском 90–100 МПа. Спори бактерій переносять тиск 2 000 МПа. Зустрічаються мікроорганізми, що виживають за тиском 3 000 МПа, і патогенні віруси, які витримують 5 000 МПа.

Деякі мікроби в умовах звичайного атмосферного тиску не можуть розвиватися і вимагають підвищеного тиску. Бактерії, дріжджі та плісеневі гриби чутливі до різкого переходу від високого тиску до низького. За згубної дії високого тиску на мікроорганізми у їхніх клітинах відбувається денатурація білків, інактивація ферментів, збільшення в'язкості середовища і підвищення дисоціації іонів.

Для боротьби з мікроорганізмами використовувати лише тиск неефективно.

Променева енергія. Енергія, що поширюється у просторі у вигляді електромагнітних хвиль, називається променевою. Різні спектри променевої енергії мають різну довжину хвилі, яка визначає характер електромагнітної хвилі. Електромагнітні хвилі – це радіохвилі, світлові промені (інфрачервоні, видимі та ультрафіолетові), іонізуючі випромінювання.

Видиме світло (380–800 нм) на більшість мікроорганізмів діє згубно. У деяких пліснявих грибів у темноті добре розвивається міцелій, а спори не утворюються. Світло необхідне тільки

фотосинтезуючим мікроорганізмам. Вони поглинають його і перетворюють світлову енергію у хімічну, яку використовують для синтезу окремих компонентів клітини.

Ультрафіолетові промені (20–400 нм) є найбільш активною частиною сонячного спектру. Вони поглинаються білками та нуклеїновими кислотами мікроорганізмів і викликають у них незворотні зміни, інактивують ферменти. Найбільшу бактерицидну дію на мікроорганізми мають ультрафіолетові промені з довжиною хвилі 250–260 нм. Загибель мікроорганізмів може бути наслідком дії ультрафіолетових променів на субстрат, у якому утворюються такі шкідливі речовини, як перекис водню, озон тощо.

Ефективність дії ультрафіолетових променів на мікроорганізми залежить від кількості поглинутої ними енергії, тобто дози опромінення, яка визначається бактерицидною силою джерела опромінення, відстанню від джерела до об'єкта і тривалістю опромінення. Має також значення ступінь забруднення мікробами субстрату, його температура і pH.

Не всі мікроорганізми під дією ультрафіолетових променів гинуть одночасно. Кулясті бактерії гинуть швидше, ніж паличкоподібні, молоді клітини – раніше від старих, вегетативні клітини – швидше від спор, патогенні мікроби – раніше, ніж сапрофіти. Серед неспороутворюючих бактерій найбільш стійкими до дії ультрафіолетових променів є пігментоутворюючі стафілококи і сарцини, у яких пігмент міститься у протоплазмі, а найбільш чутливими – бактерії, у яких пігмент виділяється в оточуюче середовище. Щоб знищити неспорові бактерії, необхідно 5 хв дії на них ультрафіолетових променів, спори і дріжджі – 10–25 хв, плісеневі гриби – 50–75 хв.

Під час обробки повітря ультрафіолетовими променями впродовж 6 год гине до 80 % бактерій і пліснявих грибів. Під впливом ультрафіолетових променів з довжиною хвилі 260–300 нм досить швидко інактивуються віруси.

Малі дози ультрафіолетових променів стимулюють ріст деяких мікроорганізмів, більш високі, що не викликають їх загибелі, можуть змінювати морфологічні, фізіологічні та біохімічні властивості, впливати на спадковість. Враховуючи це, можна

отримати мутанти мікроорганізмів з високою здатністю продукувати біологічно активні речовини, ферменти, антибіотики.

Бактерицидна дія ультрафіолетових променів з використанням ртутно-кварцових бактерицидних ламп знайшла широке практичне застосування для дезінфекції повітря у лікувальних закладах та виробничих приміщеннях (маслоробні, сироварні, м'ясопереробні цехи), в холодильних камерах, знезаражування поверхні обладнання, апаратури, посуду, пакувальних матеріалів, тари під час розливу, фасування й пакування харчових продуктів. Ультрафіолетове опромінення м'ясних товарів у поєднанні з холодом продовжує терміни їхнього зберігання у 2–3 рази. Під виливом ультрафіолету через 2 хв гине до 99 % гнильних бактерій, які викликають ослизнення м'яса. В останні роки ультрафіолетові промені успішно використовують для дезінфекції питної води, стерилізації вакцин, сироваток, плодових соків і вин. У харчовій промисловості переважно застосовують лампи ультрафіолетового світла з довжиною хвилі 253,7 нм.

Використання ультрафіолетових променів з метою стерилізації харчових продуктів обмежене через їхню низьку проникливість. Практично відбувається тільки поверхнева стерилізація або стерилізація у досить тонкому шарі. У таких продуктах, як молоко, вершкове масло, жири, ультрафіолетові промені погіршують їхні споживні властивості.

Інфрачервоні промені негативно діють на мікроорганізми у процесі обробки ними харчових продуктів, оскільки їхня енергія перетворюється у теплову.

Лазерне випромінювання – це пучок електромагнітних променів у діапазоні від інфрачервоного до ультрафіолетового спектрів. Його одержують за допомогою оптичних квантових генераторів – лазерів. Під впливом цього випромінювання підвищується температура, відбувається коагуляція білка і розпад клітин. Руйнівна дія лазерних променів на мікроорганізми залежить від сили випромінювання, довжини хвилі, тривалості імпульсів, властивостей середовища й опромінюваного об'єкта. Спори мікроорганізмів більш стійкі до лазерного випромінювання, ніж вегетативні клітини.

Рентгенівські промені – короткохвильові електромагнітні випромінювання з довжиною хвилі 0,005–2,0 нм, що мають високу проникну здатність. У малих дозах (0,5 Гр) вони можуть стимулювати ріст деяких мікроорганізмів. Під час підвищення дози до 3–5 КГр змінюються морфологічні та фізіологічні властивості мікроорганізмів, затримується, а згодом і припиняється їх ріст та розмноження клітин. До рентгенівських променів більш чутливими є клітини мікроорганізмів у стадії ділення або росту, а також молоді. Стійкими є грампозитивні бактерії, дріжджі, гриби, спори, віруси.

Джерелами **радіоактивного (іонізуючого) випромінювання** є радіоактивні речовини. До такого випромінювання належать α-промені (високошвидкісні ядра гелію), β-промені, або катодні промені (високошвидкісні електрони), і γ-промені (короткохвильові рентгенівські промені), що відрізняються один від одного природою і властивостями, зокрема здатністю проникати через різні речовини. Під впливом радіоактивного випромінювання у мікроорганізмів порушується обмін речовин у клітинах, руйнуються молекулярні структури і ферменти. Ефективність дії залежить від дози опромінення. Досить малі дози радіоактивних променів і короткочасна їх дія прискорюють ріст мікроорганізмів, активізують життєдіяльність, тобто мають стимулюючий ефект.

За стійкістю до радіоактивного випромінювання можна поділити мікроорганізми на такі групи: ***радіочутливі*** – з летальною дозою до 5 КГр, відносно ***радіостійкі*** – до 10 КГр, ***мезорадіостійкі*** – до 15 КГр, ***радіостійкі*** – до 20 КГр і ***високорадіостійкі*** – понад 20 КГр.

Найбільш чутливими до радіоактивних променів є психрофільні та грамнегативні бактерії – збудники псування м'ясних і рибних продуктів. Високу радіостійкість мають мікрококи (особливо до γ-променів), спори бактерій і грибів та віруси. Ураження мікроорганізмів радіоактивними променями залежить від дози опромінення за одиницю часу, віку клітин, температури, складу середовища. Деякі мікроорганізми здатні відновлювати життєздатність після радіоактивного випромінювання.

Для обробки харчових продуктів з метою запобігання їхнього швидкого псування більш придатні γ-промені, що мають найбільшу проникну здатність. Джерелом їх є ізотопи Co^{60} і Cs^{137}. Радіаційну обробку харчових продуктів проводять різними дозами опромінення. ***Радисидація*** – це обробка у дозах, достатніх для загибелі патогенних для людини мікроорганізмів (4–6 КГр). ***Радуризація*** – це обробка харчових продуктів з метою зменшення у них чисельності мікроорганізмів, що викликають їх псування і втрату маси (6–10 КГр). ***Радаппертизація*** проводиться з метою промислової стерилізації харчових продуктів в умовах, що викликають повторне інфікування їх мікроорганізмами (10–50 КГр). Радіобіологічний ефект під час обробки харчових продуктів залежить від їхнього хімічного складу й агрегатного стану, поглинутої ними дози радіоактивних променів та їх сили, від складу і чисельності мікрофлори. У деяких продуктів обробка γ-променями викликає зміну кольору, запаху, смаку, пом'якшення тканин. У цих випадках рекомендують знизити дозу опромінення і продовжити зберігання в умовах холодильника.

За рішенням Міжнародних організацій, таких як ВООЗ (Всесвітня організація охорони здоров'я при ООН), ФАО (Продовольча і сільськогосподарські організації при ООН), МАГАТЕ (Міжнародне агентство з атомної енергії при ООН), Об'єднаного комітету експертів, в опромінених харчових продуктах не повинно бути патогенних мікроорганізмів, мікробних токсинів і токсичних речовин, що можуть утворюватися в результаті опромінення. Перелік харчових продуктів, які дозволено опромінювати радіоактивними променями, затверджений міжнародними організаціями. В Україні у кожному окремому випадку дозвіл видають органи охорони здоров'я.

Ультразвук – звукові хвилі з частотою понад 20 000 коливань за секунду (20 кГц), які не сприймає слуховий аналізатор людини. Ультразвукові хвилі характеризуються великим запасом механічної енергії, проникністю через тверді та газоподібні середовища, викликаючи у них при цьому ряд фізичних, електрохімічних і біохімічних явищ. Під час дії ультразвуку на мікроорганізми спостерігається розрив клітини або клітинної мембрани,

відрив джгутиків від паличкоподібних форм. Природа згубної дії ультразвукових хвиль на мікроорганізмі повністю ще не вивчена. Встановлено, що під впливом ультразвукових хвиль у цитоплазмі мікробної клітини утворюється кавітаційна порожнина (пухирець), заповнена парами рідини. У момент закриття кавітаційного пухирця виникає сильна ударна хвиля, яка майже миттєво пошкоджує мікроорганізми. Крім того, виникнення кавітації супроводжується різким підвищенням температури.

Бактерицидна дія ультразвуку на мікроорганізми починає виявлятися за інтенсивності 0,5–1,0 Вт/см^2 і частоти коливань у межах кількох десятків кілогерц. Вона залежить від інтенсивності звуку, кавітації, хімічного складу середовища, його в'язкості та температури, кількості мікроорганізмів. За високої інтенсивності ультразвуку і більш високої температури розпад мікробних клітин відбувається швидше. Чим більший вміст у середовищі білків, вуглеводів і ліпідів, тим слабша бактерицидна дія. Бактерицидній ефект вищий за меншої концентрації в об'єкті мікробних клітин.

Під дією ультразвукових хвиль швидше гинуть вегетативні клітини паличкоподібних бактерій, повільніше – кулясті бактерії та дріжджі. Досить стійкими є спори. Ступінь чутливості мікроорганізмів до ультразвуку залежить від їх виду.

Ультразвук використовують переважно для стерилізації питної води, рідких харчових продуктів, таких як молоко, соки, вино, пиво, а також з метою виділення з клітин мікробних ферментів, вітамінів, токсинів, окремих структур (ДНК, РНК, ядер, рибосом, мітохондрій та ін.).

Метод стерилізації за допомогою ультразвукових хвиль на практиці застосовують обмежено через ряд техніко-економічних причин та зниження якості деяких продуктів.

Магнітне поле. Для мікроорганізмів, як і для інших живих істот, характерний магнітотропізм. Рух деяких мікроорганізмів відбувається за магнітним меридіаном: у північній півкулі – на північ, а у південній – на південь. Окремі мікроскопічні гриби можуть рости в силових лініях магнітного поля. Це пояснюється наявністю у них білків, ферментів, у молекулах яких є атоми

заліза з феромагнітними властивостями. У клітинах магніточутливих мікроорганізмів знайдено органели-магнітосоми, у складі яких є залізо.

Встановлено, що будь-яка зміна напруги геомагнітного поля спричинює зміни морфологічних, культуральних і біохімічних властивостей мікроорганізмів. Магнітне поле можна розглядати як екологічний фактор, що визначає певний перебіг біологічних процесів, які сприяють появі або тимчасовому зникненню різних хвороб на Землі.

Радіохвилі – електромагнітні хвилі різної довжини: ультракороткі – менше 10 м, короткі – 10–50 м та довгі – сотні метрів і більше. У результаті проходження радіохвиль через середовище у ньому виникає змінний струм високої частоти (далі – ВЧ) і ультрависокої частоти (далі – УВЧ), при цьому електрична енергія переходить у теплову. Мікроорганізми гинуть у результаті теплового ефекту. Довгі хвилі практично не впливають на мікроби. Бактерицидну дію мають короткі й ультракороткі хвилі.

У полі струмів високої й ультрависокої частот об'єкт нагрівається рівномірно та одночасно у всіх точках упродовж декількох секунд. В УВЧ-полі склянка води закипає через 2–3 с, 1 кг риби вариться 2 хв, 1 кг м'яса – 2,5 хв, курка – 6–8 хв.

УВЧ-енергія є перспективним способом теплової обробки харчових продуктів і може використовуватися для пастеризації та стерилізації компотів, соків, джемів, желе, пива та інших продуктів, а також для варіння, випікання, розігріву, витоплювання тваринних жирів, висушування. Під час УВЧ-нагрівання харчових продуктів, на відміну від звичайної теплової обробки, не проявляються теплозахисні властивості білків, жирів та інших речовин, оскільки електромагнітна енергія акумулюється безпосередньо мікробною клітиною. У зв'язку з цим мікроорганізми гинуть швидше і за менш високих температур. Це дозволяє знизити температуру теплової обробки продуктів, зберегти їх смак і аромат, консистенцію, вітамінність, якість порівняно з паровою стерилізацією в автоклавах.

Стерилізацію струмами високої частоти проводять тільки для продуктів у скляній тарі, оскільки через метал вони не

проникають. На ефективність бактерицидної дії УВЧ-струму значно впливає швидкість нагрівання: збільшення її знижує бактерицидну дію. У цілому ефект дії на мікрофлору, порівняно з традиційними способами термічної обробки, практично однаковий.

Електричний струм. Електричний струм не має сильної дії на мікроорганізми. Знижена напруга струму пригнічує життєздатність мікробів. Електричний струм високої напруги, проходячи через середовище, може викликати електроліз деяких компонентів і утворення таких сполук, як кисень, хлор, кислоти тощо, які негативно впливають на мікроорганізми. Електроліз використовують для дезінфекції води та знезараження стічних вод. За високої напруги струму підвищується температура, яка зумовлює загибель мікроорганізмів.

Механічна дія. Механічне часте і тривале струшування згубно діє на більшість мікроорганізмів. Незначні поштовхи часом стимулюють їх ріст. Найбільш чутливими до механічної дії є ґрунтові бактерії, наприклад капустяна паличка *Bac. megatherium,* стійкими – рухливі бактерії та віруси. Заморожені бактерії під впливом механічного струшування руйнуються швидше. У природних умовах самоочищення гірських і швидкоплинних рік, струмків та інших водоймищ частково відбувається внаслідок механічного руйнування клітин мікроорганізмів сильними потоками води. Це явище підтверджується в лабораторних умовах. Так, якщо струшувати колбу з водою, у якій є мікроби, то через деякий час спостерігається механічне руйнування клітин. За наявності у колбі піску, подрібненого скла чи скляних кульок мікроби гинуть швидше.

Механічну дію на мікроорганізми використовують для отримання деяких складових частин мікробних клітин, а саме білків, ферментів та ін.

Невагомість. Досліджено, що невагомість сповільнює ріст мікроорганізмів. На орбітальній станції «Салют-6» бактерії сінної палички *Bac. subtilis* на однаковому середовищі й за однакової температури розвивалися на 30 % повільніше, ніж на Землі. Є думка, що земне тяжіння забезпечує перемішування клітин і покращує умови метаболізму, чого немає у космосі.

4.2. Хімічні чинники

Концентрація водневих іонів (pH середовища). Водневий показник реакції середовища pH вказує на ступінь його кислотності (pH від 7 до 1) або лужності (pH від 7 до 14). Нейтральна реакція середовища відповідає pH 7.

Концентрація водневих іонів є фактором, який визначає можливість росту та розмноження мікроорганізмів. pH впливає на активність ферментів, ступінь дисперсності колоїдів цитоплазми, проникливість стінок клітин, дисоціацію кислот і лугів, розчинність різних речовин.

Мікроорганізми можуть розвиватися у діапазоні pH від 0,6 до 12, проте життєдіяльність кожного виду можлива тільки за певних значень pH середовища, тобто в суворо визначених межах кислотності та лужності. Щодо концентрації водневих іонів середовища, мікроорганізми поділяються на ***нейтрофіли***, що добре розвиваються у нейтральному середовищі, ***ацидофіли*** – кислотолюбні, які розвиваються за оптимальним pH 4 і нижче, та ***алкалофіли*** – лужнолюбні, які розвиваються за оптимальним pH 9 і вище.

До нейтрофілів належать бактерії, більшість патогенних мікроорганізмів, збудники харчових отруєнь. Кислотолюбними є оцтовокислі та молочнокислі бактерії, плісняві гриби та дріжджі, лужнолюбними – представники бактерій кишкової групи, холерний вібріон, амоніфікатори, нітрат- і сульфатвідновлювальні бактерії. Спори бактерій більш стійкі до змін pH, ніж вегетативні клітини.

Якщо концентрація водневих іонів у розчині виходить за звичні межі для цього виду мікроба, його життєдіяльність припиняється. У процесі росту деякі мікроорганізми самі здатні змінювати pH середовища за рахунок утворення кислих або лужних продуктів метаболізму.

Змінюючи реакцію середовища, можна регулювати біохімічну активність мікроорганізмів, характер мікрофлори і напрям мікробіологічних процесів. Так, у кислому середовищі дріжджі утворюють етиловий спирт і незначну кількість гліцерину, а у

лужному, навпаки, зменшується вихід етилового спирту й утворюється більше гліцерину.

Маслянокислі бактерії в нейтральному середовищі зброджують цукри, утворюючи масляну кислоту. У кислому середовищі основними продуктами бродіння є бутиловий спирт і ацетон.

Чутливість мікроорганізмів до pH середовища використовують під час консервування харчових продуктів квашенням або маринуванням, де має місце кисла реакція середовища. Для бактерій кисле середовище більш несприятливе, ніж лужне.

Окисно-відновний потенціал. Розвиток мікроорганізмів, їх фізіологічна активність і біохімічна діяльність перебувають у тісному контакті з окисно-відновними умовами середовища. Для кількісної оцінки цих умов використовують умовний показник rH_2, який є від'ємним логарифмом тиску молекулярного водню у середовищі, взятий з оберненим знаком. Величина rH_2 виражає ступінь аеробності середовища, тобто кількість у ньому кисню.

У розчині, насиченому воднем, rH_2 дорівнює 0, а киснем – 41. Шкала від 0 до 41 характеризує будь-який ступінь аеробності середовища. За рівноваги окиснювальних і відновлювальних процесів у середовищі rH_2 дорівнює 28. Якщо rH_2 нижчий за 28, це вказує на більшу або меншу відновлювальну здатність, а якщо вищий – на її окиснювальну здатність.

Облігатні аеробні мікроорганізми розмножуються в діапазоні rH_2 від 10 до 30. Значення rH_2 вище 30 для них є несприятливим. Облігатні анаероби розвиваються за rH_2 від 0 до 14. Факультативні аеробні й анаеробні мікроорганізми проявляють свою життєдіяльність в інтервалі rH_2 від 0 до 30.

Регулюючи окисно-відновні умови середовища, можна не тільки затримати чи прискорити розвиток певної групи мікроорганізмів, але й змінити їх активність чи характер викликаних ними перетворень. Так, дріжджі за наявності кисню у цукровмісних середовищах використовують для окиснювальних реакцій, кінцевими продуктами яких є вуглекислий газ і вода. У разі нестачі кисню дріжджі викликають спиртове бродіння, й у середовищі нагромаджується спирт та вуглекислий газ. Окисно-відновні

умови середовища мають важливе значення під час зберігання харчових продуктів, обмежуючи розвиток одних мікроорганізмів і сприяючи розвитку інших.

Хімічні речовини. Відомо багато органічних і неорганічних речовин, які згубно діють на мікроорганізми. У значно малих дозах майже всі вони (крім солей важких металів) діють як подразники і можуть стимулювати розмноження мікробів. Під час підвищення концентрації хімічні речовини спочатку призупиняють ріст і розмноження мікроорганізмів ***(бактеріостатична дія),*** а потім викликають їх загибель ***(бактерицидна дія)***. Бактерицидна дія, яку викликає хімічна речовина, можлива тільки у разі безпосереднього контакту її з бактеріальною клітиною.

Хімічні речовини проникають у бактеріальну клітину в результаті дифузії. Найкращим середовищем є водні розчини.

Хімічні речовини, які використовують для боротьби з мікроорганізмами, називають ***антисептичними*** або ***дезінфікуючими.***

Характер і ступінь впливу хімічних речовин на мікроорганізми залежить від їх властивостей і структури, виду і стійкості мікроорганізмів, концентрації розчину, фізико-хімічного складу середовища, тривалості дії хімічних речовин на мікроби, температури, pH середовища.

З неспороутворювальних бактерій найбільш стійкими до хімічних речовин є стафілококи і туберкульозна паличка. Стійкими до хімічних речовин є спори. Це пояснюється наявністю у них щільної оболонки, через яку повільно проникає розчин, і слабкою здатністю протоплазми вступати у реакцію з іншими речовинами, оскільки вона складається із зневоднених колоїдів і містить мало води.

Бактерицидні хімічні речовини за їхньої дії на мікроорганізми поділяють на поверхнево-активні речовини, солі важких металів, окиснювачі та групу формальдегіду, феноли та їхні похідні, барвники.

Поверхнево-активні речовини нагромаджуються на межі розділу фаз і викликають різке зниження поверхневої напруги, що веде до порушення нормального функціонування клітинної стінки і цитоплазматичної мембрани. До бактерицидних речовин

з поверхнево-активними властивостями належать жирні кислоти, в тому числі й мила, які пошкоджують тільки клітинну стінку і не проникають у клітину.

Отруйними для мікроорганізмів є спирти жирного й ароматичного ряду: етиловий, пропіловий, бутиловий, аміловий та їхні ізомери. Завдяки своїй поверхневій активності вони вибірково адсорбуються на поверхні протоплазми, порушують її нормальну роботу і процеси дихання та азотофіксації. Крім того, вони легко проникають у протоплазму клітини. Етиловий спирт ефективніше знищує мікроорганізми у концентрації 75–80 %. Більш концентрований його розчин повільніше проникає всередину мікробної клітини.

Солі важких металів викликають коагуляцію білків клітини мікроорганізмів. Такі метали, як золото, срібло, мідь, цинк, олово, свинець, мають бактерицидну здатність. Пояснюється це тим, що позитивно заряджені іони металів адсорбуються негативно зарядженою поверхнею бактерій і змінюють проникність їхньої цитоплазматичної мембрани. При цьому відбувається порушення живлення і розмноження бактерій. Так, посуд із срібла, посріблені предмети і посріблений пісок у разі контакту з водою надають їй бактерицидних властивостей щодо багатьох видів мікроорганізмів. Іони срібла використовують для знезараження води за допомогою фільтрів з посрібленого піску. Сполуки срібла і міді застосовують для надання тканинам антимікробних властивостей.

Солі ртуті (сулема) й азотнокислого срібла пригнічують ріст мікроорганізмів у розведенні 1:1 000 і 1:500, в окремих випадках і у разі концентрації 0,01 % (1:10 000).

Сильну бактерицидну дію має 2,5 %-й розчин азотнокислого срібла в аміаку (амарген). У розведенні 1:1 000 його використовують для миття м'ясних туш, рук і обладнання. Під впливом солей важких металів віруси також гинуть.

Згубно діють на мікроорганізми ***окиснювачі.*** Вони порушують дію ферментів, впливають на сульфгідрильні групи активних білків, амінні, фенольні, індольні, тіоетилові групи, взаємодіють з компонентами мембран, посилюють окиснювальні процеси у клітині, що призводить до загибелі мікроорганізмів.

Сильними окиснювачами є хлор, хлорамін, йод, бром, фтор, перманганат калію, перекис водню, озон, H_2S, CO, CO_2, NH_2 та ін.

Хлор під час дії на мікроби уражає ферменти гідролази, амілази, дегідрази, протеази. Він діє у концентрації навіть 1:1 000 000.

Хлорне вапно містить 28–38 % активного хлору, і у разі контакту з вологою утворюються хлористоводнева і хлорноватиста кислоти. Кисень, який виділяється при цьому, окиснює компоненти мікробної клітини і вона гине. Хлорне вапно впливає на розвиток мікроорганізмів у концентрації 1:1 000 і вбиває їх у концентрації 1:10, а свіжогашене – 1:20.

Йод у вигляді спиртового розчину окиснює активні групи цитоплазми бактерій і викликає їхню денатурацію.

Сірководень, окис вуглецю, ціанистих і роданистих сполук легко пов'язують залізо і мідь, що входять до складу окиснювальних ферментів, і тим самим порушують дихальні процеси клітини. Їхня отруйна дія на мікроорганізми виявляється у концентрації від 0,01 до 0,001 моля.

Вуглекислий газ у концентрації 20–30 % затримує ріст більшості мікроорганізмів, а у 50–80 % викликає їх загибель. Зберігання охолоджених м'ясних і рибних продуктів в атмосфері 10 % CO_2 за температури –2 – +2°С збільшує терміни зберігання їх у 2–3 рази порівняно зі звичайними умовами. За більш високих концентрацій можлива зміна кольору продуктів.

Органічні кислоти (оцтова, саліцилова, хлороцтова, масляна, бензойна, сорбінова, мурашина, молочна), діетиловий ефір і ацетон розкладають поліпептидну оболонку клітин мікроорганізмів і вони гинуть.

Неорганічні кислоти (соляна, сірчана, азотна та ін.) і луги, викликаючи коагуляцію білків, є протоплазматичною отрутою для мікробів. Під впливом їдкого натрію і їдкого калію гинуть віруси. Особливо чутливими до них є віруси ящуру і чуми свиней.

Отруйними для мікроорганізмів є сірчиста, борна та хлористоводнева кислоти.

Формалін (40 %-й розчин формальдегіду) вступає у реакцію з аміногрупами білків мікробних клітин і викликає їх денатурацію.

Формальдегід вбиває бактерії, спори, гриби, фати і віруси. Його використовують для знезараження токсину правцю і збудника дифтерії. Формалін вбиває бактерії в 1 %-му розчині.

Фенол (карболова кислота), крезол і їхні похідні пошкоджують клітинну стінку мікроорганізмів, а потім і білки клітини. Деякі речовини цієї групи впливають на окисно-відновні процеси.

У 2–5 %-му розчині фенолу швидко гинуть вегетативні клітини, а спори можуть зберігати життєздатність до двох тижнів. У 5 %-му розчині фенолу спори сибірки іноді гинуть через 40 днів.

Суміш крезолу з милами (лізол) використовують для знищення мікроорганізмів, що перебувають на поверхнях різних об'єктів.

Ріст мікроорганізмів здатні затримувати деякі ***барвники***: діамантовий зелений, кристалвіолет, метиленовий синій, акрифлавін, ріванол, тринафлавін та ін. Барвники використовують для надання антимікробних властивостей тканинам. Грамнегативні бактерії менш чутливі до деяких анілінових барвників, ніж грампозитивні.

Створено тканини, в яких молекули антимікробної речовини з'єднані з молекулами матеріалу. Бактерицидні властивості тканин зберігаються тривалий час і після багаторазового прання. Такі тканини використовують для виготовлення спеціального одягу для працівників, що мають справу з харчовими продуктами, для медичного персоналу, фармацевтів, хворих, для виготовлення бактерицидних фільтрів, перев'язувальних матеріалів.

Використання антимікробних сполук є основою ***дезінфекції*** – способу знищення патогенних мікроорганізмів і технічно шкідливої небажаної мікрофлори.

Для дезінфекції питної води, стічних вод, промислових викидів, медичних приміщень широко застосовують сполуки хлору (хлорна вода, хлорамін, хлорне вапно), 1–5 %-й розчин карболової кислоти, 2 %-й розчин йоду, перманганат калію. Для дезінфекції обладнання, комунікацій, приміщень переважно використовують хлорне вапно, вапняне молоко, антиформін, катапін, сульфонол, форалін, кислий ельмоцид. Дезинфекцію проводять за

температури 17–25°С, оскільки за низькими температурами (1–5 °С) активність хімічних речовин знижується.

На харчових підприємствах для знищення мікроорганізмів найчастіше використовують 1 %-й розчин хлораміну, 1–2 %-і хлорну воду, хлорне вапно та їдкі луги. У м'ясній промисловості використовують хлорне вапно, хлорамін, гіпохлорид натрію, дихлорізоціанурат натрію, трихлорізоціанурову кислоту, гідроксид натрію, карбонат натрію, сульфанол, тринатрійфосфат.

У разі багаторазового використання антисептичних речовин мікроорганізми можуть адаптуватися до них, у результаті чого стійкість до антисептиків підвищується. Багато мікроорганізмів мають вибіркову чутливість до хімічних речовин.

У харчовій промисловості антисептики використовують як консерванти. Додавання їх до харчових продуктів обмежене, оскільки не всі вони є безпечними для людини. Для консервування деяких плодів і ягід у слабких концентраціях застосовують бензойну кислоту та її натрієву сіль, борну і саліцилову кислоти, гліцерин, буру, а також речовини, які перед вживанням продукту легко видаляються з нього. Так, для консервації свіжих плодів, ягід і соків використовують сірчисту кислоту та її солі. Цих речовин можна позбутися кип'ятінням продукту або окисненням сірчистої кислоти перекисом водню у сірчану кислоту, яку далі нейтралізують крейдою. На принципі антисептика ґрунтується коптіння м'яса і риби, оскільки дим містить такі антисептичні речовини, як фенол, крезол, формальдегід, смоли та ін.

4.3. Біологічні чинники

У природних умовах мікроорганізми живуть не ізольовано, а разом з усім населенням оточуючого середовища. Під час сумісного існування мікроби вступають у певну взаємодію між собою, а також з рослинами, тваринами і людиною. Форми взаємовідносин можна умовно поділити на дві категорії – симбіотичні та антагоністичні.

Симбіотичні, або **асоціативні,** взаємовідносини характеризуються взаємною вигодою. Вони розглядаються як позитивний

вплив організмів один на одного, якщо навіть тільки один партнер виграє від співжиття з іншим.

Симбіоз – це взаємно корисне співіснування організмів різних видів. Вони разом розвиваються краще, ніж кожний з них окремо. Наприклад, у кефірних зернах одночасно живуть молочнокислі бактерії та дріжджі, у чайному грибі – кілька видів оцтовокислих бактерій та дріжджів, бульбочкові бактерії співіснують разом з бобовими рослинами, азотфіксуючі мікроби – з целюлозорозкладаючими. Різновидами симбіотичного типу взаємовідносин є синергізм, сателізм і вірогенія.

Синергізм характеризується підсиленням фізіологічних функцій під час сумісного розвитку мікроорганізмів. Наприклад, вітаміни, що синтезуються дріжджами, стимулюють розвиток молочнокислих бактерій, а молочна кислота створює сприятливе середовище для розвитку дріжджів. Різні види гнильних бактерій, що розвиваються у харчових продуктах, розкладають білки інтенсивніше, ніж окремі мікроби.

Сателізм – це співжиття мікроорганізмів, коли один з них стимулює розвиток іншого. Так, дріжджі й сарцини продукують вітаміни, амінокислоти та інші речовини і стимулюють розвиток більш вимогливих до поживних середовищ бактерій. Азотобактер синтезує вітаміни та біологічно активні речовини, які перетворюють органічні форми азоту в неорганічні, що, в свою чергу, позитивно впливає на розвиток вищих рослин.

Вірогенія – це взаємовідносини деяких бактерій, дріжджів і простіших з вірусами.

Мутуалізм – це співжиття, яке ґрунтується на взаємній вигоді. Наприклад, аеробні мікроорганізми, поглинаючи кисень із середовища, створюють сприятливі для анаеробів відновлювальні умови.

Коменсалізм – це чітко виражена форма мирного співжиття різних видів мікроорганізмів або мікро- і макроорганізмів. Такі взаємовідносини характерні для дріжджів, молочнокислих та інших бактерій, що містяться на рослинах. До коменсалів відносять більшість представників «нормальної» мікрофлори тварин і людей, які постійно живуть у шлунково-кишковому тракті, на шкірі

і слизових оболонках. Кишкові палички і молочнокислі бактерії за розвитку у товстому відділі кишечнику отримують від макроорганізму всі речовини, які необхідні для їхньої життєдіяльності, і не шкодять йому, а навіть приносять деяку користь тим, що створюють у кишечнику кисле середовище й пригнічують розвиток гнильних та патогенних бактерій.

Метабіоз – це форма взаємовідносин, за якої у результаті життєдіяльності одних мікроорганізмів створюються умови для розвитку інших. Такі взаємовідносини спостерігаються між дріжджами й оцтовокислими бактеріями. Дріжджі, збродживши цукор в етиловий спирт, створюють умови для розвитку оцтовокислих бактерій, а оцтову кислоту, що вони утворюють, використовують плісняві гриби, окиснюючи її до вуглекислого газу і води.

Антагоністичні взаємовідносини проявляються у пригніченні одного або кількох членів мікробної спільноти іншими.

Паразитизм – це тип взаємовідносин, у разі якого сумісне існування надає одному користь, а іншому – шкоду, яка часом призводить до загибелі. Паразитами є збудники інфекційних хвороб людей і тварин. Бактеріофаги розвиваються за рахунок живих клітин бактерій, які в результаті цього руйнуються і гинуть.

Хижацтво – це позаклітинний паразитизм. Деякі мікроорганізми поглинають клітини інших видів і використовують їх як поживний матеріал. Хижі бактерії мають сітку, що виловлює інших, руйнує їх і споживає. Мікроорганізми-хижаки зустрічаються серед бактерій, грибів, простіших, що живуть у прісних водоймах і мулах.

Антагонізм – це взаємини, за яких один вид мікроорганізмів (антагоніст) несприятливо впливає на інші, послаблює або повністю припиняє їх ріст і розвиток чи викликає загибель. Так, молочнокислі бактерії послаблюють розвиток гнильних мікробів. На цьому явищі ґрунтується квашення, виробництво кисломолочних продуктів, сирів.

Антагоністичні форми зустрічаються у багатьох пліснявих грибів, спороутворювальних бактерій (сінна паличка, картопляна паличка та ін.) і не спороутворювальних бактерій (синьогнійна

паличка, чудесна паличка). Залежно від виду мікроорганізмів, середовища існування і ряду інших факторів причинами антагоністичної дії мікробів-антагоністів може бути виснаження поживного середовища, зміна його фізико-хімічних властивостей, виділення у середовище мікробами-антагоністами специфічних токсичних продуктів життєдіяльності, які згубно впливають на інші мікроби.

Антагоністичні взаємовідносини серед мікрооргнанізмів є одним з важливих факторів, що обумовлюють склад мікрофлори природних субстратів.

Конкуренція – одна з форм антагонізму, коли конкурентоспроможні види мікроорганізмів швидко споживають із середовища поживні речовини або кисень, у результаті чого й швидше розмножуються. Цей тип взаємовідношень широко розповсюджений у технологічних процесах між промисловими чистими культурами та інфікуючою мікрофлорою.

Антибіотики і фітонциди – біологічно активні речовини, що виділяються рослинами та грибами (антибіотики) з метою захисту від шкідливих факторів навколишнього середовища. Вони характеризуються здатністю гальмувати розвиток бактерій, простих мікроскопічних грибів і навіть вбивати їх, отруйні для комах, молюсків, земноводних. Мають характерну особливість: можуть бути нейтральними для одних організмів (наприклад, людина) та отруйними для інших. Їх вплив є вибірковим. Антибіотики і фітонциди широко застосовуються у медицині як дезінфікуючий засіб, засіб проти інфекційних хвороб. Це незамінні лікувальні препарати. Антибіотики і фітонциди є корисними в сільському господарстві як лікувальні препарати для тварин, птахів, бджіл та рослин. Фітонциди є постійним очисником повітря (наприклад, сосновий ліс). Деякі з них використовуються для кращого засвоєння їжі та зберігання продуктів харчування.

Антибіотики – це специфічні хімічні речовини біологічного походження, що мають антимікробну дію. За походженням їх умовно поділяють на антибіотики мікробного походження, антибіотичні речовини тваринного і рослинного походження (фітонциди).

Антибіотики мікробного походження виділяються живими клітинами мікробів-антагоністів. *Бактерії продукують* такі антибіотики, як граміцидин, субтилін, поліміксин, нізин, піоціанін, дипломіцин, колоформін, бацитрацин; *плісняві гриби* – пеніцилін, аспергілін, фумагілін, клавіміцин, цефалоспорин, гризеофульвін; *актиноміцети* – стрептоміцин, хлорміцетин, біоміцин, ауреоміцин, тетрациклін, хлорамфенінол, актидіон, ністатин, неоміцин, канаміцин, новобіоцин та ін. Зустрічаються мікроорганізми, що виділяють декілька антибіотиків.

Деякі види актиноміцетів продукують антибіотичну речовину – люризин, що діє на вірус грипу й окремі фаги. Антибіотик іманін згубно діє на вірус тютюнової мозаїки, інтерферон – на вірус грипу, кору, віспи, поліомієліту, енцефаліту.

Напівсинтетичними антибіотиками є такі похідні антибіотиків мікробного походження, як ампіцилін, метицилін, клоксацилін, левоміцетин, саназин, оксацилін та ін.

Хімічна природа антибіотиків досить різноманітна. Так, антибіотики грибкового й актиноміцетного походження відносять до складних циклічних сполук, бактеріального – до поліпептидів.

На мікроорганізми антибіотики діють вибірково, тобто кожний антибіотик діє тільки на певний вид мікроорганізмів і не впливає на інший. Антибіотики з вузьким спектром дії є ефективними до обмеженої кількості бактерій. Так, на грампозитивні бактерії діють пеніцилін, біцилін, бацитрацин, новобіоцин, еритроміцин, олеандоміцин; на плісеневі гриби – ністатин, трихоцетин, гризеофульвін; на простіші – фумагілін. Антибіотики широкого спектра дії (тетрациклін, стрептоміцин, неоміцин, поліміксин, гігроміцин, граміцидин С, ампіцилін та ін.) є активними відносно значної кількості мікроорганізмів.

Характер дії антибіотиків на мікроорганізми може бути різним. Одні затримують розмноження чутливих до них мікроорганізмів, тобто діють бактеріостатично, інші спричиняють їх загибель – діють бактерицидно. Деякі антибіотики розчиняють мікробні клітини.

Активність антибіотиків досить висока, однак ефективність їх дії може змінюватися залежно від різних факторів, наприклад

від концентрації антибіотика, тривалості його дії, складу середовища, температури, світла та ін.

В основі механізму дії антибіотиків на мікроорганізми полягає їхня здатність вражати певні ферментні системи, що веде до порушення процесів дихання, живлення, біосинтезу білків, розмноження. Деякі антибіотики пошкоджують генетичний апарат клітини, порушують синтез нуклеїнових кислот і функції цитоплазматичної мембрани, пригнічують синтез клітинної стінки.

Встановлено, що деякі мікроорганізми за умови багаторазової дії на них антибіотика набувають певної стійкості до нього, тобто адаптуються, в результаті чого виникають стійкі (нечутливі) до нього форми.

Антибіотики широко використовують для боротьби з мікроорганізмами у медицині, ветеринарії та сільському господарстві. Такі антибіотики, як пеніцилін, ауреоміцин, біоміцин, гризін, бацитрацин, стимулюють ріст тваринних організмів, підвищують їх продуктивність.

Деякі антибіотики використовують як консерванти харчових продуктів, враховуючи при цьому їх безпечність, доступність і ефективність. Так, у разі додавання до молока 1 мг % ауреоміцину або терраміцину скисання його затримується більше, ніж на добу. Термін зберігання свіжої риби у льоді з біоміцином (5 г на 1 т льоду) значно збільшується. Як консерванти, використовують лактоцид для оцукрювання матеріалу у процесі виробництва спирту (100 мг/л бражки), нізин – під час консервування зеленого горошку, томатів, цвітної капусти (100 мг/кг овочів і 1 мг/кг заливки) та виробництва сиру плавленого і сирів дозріваючих (12,5 мг/кг). Нізин знижує опір спор термостійких бактерій до нагрівання, що підвищує ефективність промислової стерилізації та сприяє підвищенню якості консервованої продукції. У травному тракті нізин швидко руйнується і не впливає на нормальну мікрофлору кишечника людини. Антибіотик піраміцин використовують для оброблення поверхні сирів (1 мг/дм^2 з проникністю на глибину не більше ніж 5 мм). М'ясні туші дозволено обробляти розчином біоміцину з розрахунку 100 мг і ністатину – 200 мг на 1 л води.

Для стимулювання росту тваринних і рослинних організмів та консервування харчових продуктів рекомендують використовувати спеціальні антибіотики, які не застосовують у медицині і ветеринарії, оскільки вони здатні переходити у харчові продукти.

Вміст антибіотиків у продуктах чітко регламентується. Крім того, необхідно, щоб за теплової кулінарної обробки вони повністю розкладалися. Це пов'язано з тим, що у разі попадання навіть незначних кількостей антибіотика в організм людини з їжею можлива поява стійких форм хвороботворних мікроорганізмів, що знижує лікувальний ефект. Не виключені алергічні явища, які викликають антибіотики у людей, особливо пеніцилін та тилозін. Спостерігається зміна кишкової мікрофлори внаслідок витіснення антибіотиками корисних мікроорганізмів з нормальної мікрофлори шлунково-кишкового тракту і порушення синтезу вітамінів.

Систематичне накопичення антибіотиків в організмі людини призводить до порушення функціональних властивостей деяких органів.

Правилами ветеринарного огляду забійних тварин і ветеринарно-санітарної експертизи м'яса і м'ясних продуктів заборонено направляти на забій тварин, яким з лікувальною та профілактичною метою давали антибіотики, оскільки вони довго не виводяться з організму. Гігієнічними нормативами якості й безпеки харчових продуктів передбачено гранично допустимий вміст антибіотиків у них.

Антибіотиками тваринного походження є лізоцим, що міститься у яєчному білку, слині, сльозах, селезінці, сироватці крові, нирках, плаценті, печінці, легенях; еритрин, що міститься в еритроцитах крові; екмолін, виділений з тканин риб. Лізоцим не тільки вбиває бактерії, але й розчиняє їх. За хімічною природою він є полісахаридом. Еритрин, який отримують з червоних кров'яних тілець крові тварин, виявляє бактеріостатичну активність стосовно дифтерійної палички, стафілококів і стрептококів. Памалін виділяють із слинних залоз великої рогатої худоби. Він має бактерицидну і фунгіцидну активність. Екмолін – речовина з тканин риб, що пригнічує бактерії, які викликають кишкові захворювання.

Фітонциди – антибіотичні речовини, що виділяють рослини, були відкриті Б. Токіним 1928 р. До рослин, що виділяють активні фітонциди, належать часник, цибуля, хрін, листя кропиви, алоє, бруньки берези, листя і квіти черемхи, насіння гірчиці, мускатного горіха, редька, ялівець тощо.

Хімічна природа фітонцидів досить різноманітна і ще повністю не вивчена. Відомо, що антимікробну дію виявляють ефірні олії, глюкозиди, алкалоїди, органічні кислоти, антоціани, дубильні речовини, смоли та ін.

З часнику виділено антибіотик алліцин, з насіння редису – рафанін, з листя томатів – томатин, з коріння ріпи – рапін, із звіробою – іманін, із злакових і бобових культур – фітоалексини. З цибулі виділено кристалічну речовину, яка у розведенні 1:40 000 миттєво вбиває дифтерійну паличку.

Гіркі речовини хмелю – гумулон і лупулон – пригнічують розвиток грампозитивних бактерій, а у разі високих концентрацій – грамнегативних. На дріжджі вони не впливають.

Фітонциди характеризуються тими ж основними властивостями, що й антибіотики мікробного походження. Дія їх на мікроорганізми також є вибірковою. Фітонциди одних рослин тільки пригнічують ріст чутливих до них мікробів, інших – вбивають їх.

Антимікробні властивості речовин використовують у медичній і ветеринарній практиці, в сільському господарстві для боротьби з хворобами рослин, стимуляції їх росту, підвищення врожайності. Для зберігання харчових продуктів використовують антимікробні речовини деяких рослин у вигляді препаратів. З плодів грецького горіха отримують фітонцидний консервант юглон, який у концентрації 0,5–0,7 мг/л продовжує біологічну стійкість напоїв, не змінюючи їх органолептичних показників. Аллілгірчична олія з насіння гірчиці у концентрації 0,02 % виявляє консервувальну дію і знижує втрати маси фруктів, овочів та продуктів їхньої переробки. Використання подрібненої рослинної маси полину, коноплі, лушпиння цибулі ріпчастої, хвої піхти під час зберігання картоплі (пересилка) знижує ураження її фомозом і сухою гниллю на 5–14 %.

Перспективною сировиною для боротьби з мікробним псуванням харчових продуктів є дикорослі рослини, що виділяють фітонциди.

4.4. Використання факторів зовнішнього середовища для регулювання життєдіяльності мікроорганізмів

Фактори зовнішнього середовища можна успішно використовувати для регулювання життєдіяльності мікроорганізмів під час зберігання харчових продуктів. Харчові продукти є сприятливим поживним середовищем для багатьох мікроорганізмів. Під дією бактерій, дріжджів, пліснявих грибів у разі недотримання правил заготівлі, перевезення, зберігання і реалізації харчові продукти швидко псуються, що в деяких випадках призводить до значних втрат.

Методи зберігання харчових продуктів ґрунтуються на біологічних, фізичних та хімічних принципах. За схемою Я. Нікітинського, їх поділяють на чотири групи:

1. ***Методи зберігання за принципом біозу*** спрямовані на підтримання життєвих процесів на більш низькому рівні, але зі збереженням природного імунітету. На цьому методі ґрунтується зберігання свіжих фруктів та овочів, які є живими організмами і мають здатність протистояти дії мікроорганізмів, тобто мають природний імунітет. Під час зберігання фруктів і овочів варто знижувати інтенсивність їх життєвих процесів шляхом регулювання температури та відносної вологості повітря. У разі зниження температури сповільнюється ріст мікроорганізмів, що перебувають на поверхні фруктів чи овочів, що сприяє зменшенню інтенсивності розкладання органічних речовин унаслідок мікробіологічних процесів.

2. ***Методи зберігання за принципом абіозу*** спрямовані на знищення мікроорганізмів у продукті. До них належать:

- ✓ використання високих температур (пастеризація, стерилізація);
- ✓ додавання антисептиків;

✓ опромінення променевою енергією;

✓ оброблення ультразвуком;

✓ застосування антибіотиків;

✓ фільтрування рідких продуктів через стерилізувальні фільтри.

3. ***Методи зберігання за принципом анабіозу*** спрямовані на сповільнення життєдіяльності мікроорганізмів у продуктах. Створюються умови, за яких мікроорганізми зберігають життєздатність, але не є життєдіяльними. До таких методів належать:

✓ застосування низьких температур (охолодження, заморожування);

✓ видалення води з продукту нижче норми, необхідної для життєдіяльності мікроорганізмів (сушіння, в'ялення);

✓ додавання до продукту речовин, що створюють високий осмотичний тиск (сіль, цукор);

✓ підвищення кислотності продукту додаванням оцтової кислоти (маринування);

✓ створення анаеробних умов, що попереджують розвиток аеробних мікроорганізмів (зберігання продуктів у газонепроникних пакувальних матеріалах, у вакуумній упаковці, в атмосфері азоту).

4. ***Методи зберігання за принципом ценоанабіозу*** направлені на зміну складу мікрофлори різноманітними зовнішніми діями. На цьому принципі ґрунтується квашення овочів, фруктів, виробництво кисломолочних продуктів.

У цілому ефективність заходів, що направлені на запобігання псуванню харчових продуктів, залежить від ступеня забруднення продукту мікроорганізмами і дотримання загальних санітарно-гігієнічних вимог.

4.5. Мінливість і спадковість мікроорганізмів

Усім живим істотам, і мікроорганізмам зокрема, притаманні спадковість і мінливість. ***Спадковість*** – здатність передавати своєму потомству власні ознаки й властивості. ***Мінливість*** – здатність змінювати ознаки і властивості під впливом різних

чинників. Спадковість і мінливість – взаємопов'язані явища, які забезпечують збереження гомеостазу та пристосування виду до навколишнього середовища, яке динамічно змінюється.

Механізм мінливості та спадковості, закономірність цих процесів вивчає наука генетика. Розвиток генетики відбувався у постійній боротьбі двох спрямувань – ідеалістичного та матеріалістичного.

Основні закони спадковості і мінливості сформульовані Ч. Дарвіном 1859 р., який довів, що всі види живих істот на Землі сформувались завдяки серії змін властивостей певної однієї чи кількох форм. Пізніше ряд дослідників зробили серйозний внесок у генетику, зокрема Г. Мендель, Т. Моргай, Г. Мюллер, М. Вавилов, Н. Кольцова, М. Дубінін та ін. Вони довели, що ознаки живої істоти закодовані у хромосомах ядра клітини і під час її поділу передаються потомству, зберігаючи таким чином сталість видів на Землі.

Незважаючи на явні успіхи з приводу використання явища мінливості мікроорганізмів, тривалий час велась жорстока боротьба дослідників. Одні (мономорфісти) вважали, що мінливість неможлива (Ф. Кон, Р. Кох), інші (плеоморфісти), навпаки, переоцінювали її, надаючи меншого значення механізму спадковості (К. Негелі та ін., 1874).

Роботами Л. Пастера, І. Мечникова, Л. Ценковського, С. Виноградського, М. Гамалеї та інших учених було показано нежиттєздатність обох спрямувань і доведено динамічний взаємозв'язок спадковості й мінливості.

Л. Пастеру та Л. Ценковському вперше вдалося отримати змінені форми збудника сибірки зі спадково закріпленою вірулентністю. Це були перші успішні дослідження щодо отримання живих ослаблених мікроорганізмів з метою їх застосування як специфічних засобів профілактики інфекційної хвороби. Скориставшись методологією цих учених, інші дослідники невдовзі запропонували активні препарати проти класичної чуми свиней, бешихи та інших хвороб.

Нині генетика активно розвивається. Багато пов'язаних з генетикою питань вивчається на мікроорганізмах, оскільки вони

швидко розмножуються і є значно зручними для маніпуляцій порівняно з макроорганізмами.

Новим спрямуванням у генетиці стала генна інженерія. Дослідники навчилися маніпулювати генами, конструювати біологічні системи, які продукують цінні для людини речовини: інтерферони, антигени та ін.

Матеріальною основою апарату спадковості живих істот можуть бути дезоксирибонуклеїнова (далі – ДНК) та рибонуклеїнова (далі – РНК) кислоти. Остання характерна для багатьох вірусів.

Нуклеїнові кислоти складаються з нуклеотидів, які містять три компоненти: 1) азотисту основу – тимін (урацил), аденін, гуанін, цитозин; 2) вуглевод – дезоксирибозу (рибозу); 3) залишок фосфорної кислоти.

ДНК може бути компонентом хромосоми або плазмідою – фактором позахромосомної спадковості. Хромосомна ДНК детермінує життєво важливі компоненти мікробної клітини, а плазмідна – такі, що не є визначальними для їх росту та розмноження. Фрагмент молекули ДНК, що кодує синтез одного білка, називається ***геном.*** Повний набір генів становить ***генотип.*** Генотип визначає структуру і функцію білків, потенційну можливість вияву властивостей мікроорганізму. Бактерійна клітина містить багато генів. Вони поділяються на структурні та регуляторні. У структурних генах закодована інформація про первинну структуру конкретного білка, функціональні гени (гени-оператори, гени-регулятори) забезпечують функціонування структурного гена.

Властивості мікроорганізмів, що виявляються у конкретних умовах їх існування, називають ***фенотипом.*** Іншими словами, генотип виявляється у фенотипі – сумі реалізованих ознак, закодованих у генотипі (утворення джгутиків, капсул, ферментація вуглеводів тощо). Мікробна клітина часто успадковує не певну ознаку, а здатність появи її за конкретних умов зовнішнього середовища. Так, відомо, що вирощені в рідкому середовищі певні види бактерій мають добре розвинені джгутики, тоді як ці самі бактерії, вирощені на агарі, джгутиків можуть і не утворювати. Це, до речі, має практичне значення. Під час ідентифікації бактерій

важливо знати, рухлива вона чи ні. І якщо знехтувати зазначеним раніше, можна помилитися, маніпулюючи з бактеріями, вирощеними на щільному середовищі. Це саме стосується й інших умов культивування. Так, наприклад, лістерії, вирощені за 22°С, мають джгутики і надзвичайно рухливі, вирощені за 37°С – малорухливі.

Відомо, що під впливом деяких речовин, наприклад антибіотиків, бактерії можуть змінювати свою форму, паличкоподібні можуть стати округлими. Так, під впливом пеніциліну збудник сибірки набуває кулястої форми і його ланцюжки нагадують намисто. Зазначений факт, наприклад, використовують під час ідентифікації збудника сибірки.

Досить часто мікроорганізми трапляються у фільтрівній, так званій L-формі, яка виникає під впливом різноманітних чинників. При цьому змінюється не лише морфологія (L-форми кулясті не мають щільної клітинної стінки), а й антигенні, культуральні, тинкторіальні та патогенні властивості збудника. На агарі L-форми утворюють дрібні колонії з потовщеним центром. Після ліквідації причин, що сприяли утворенню L-форм, мікроорганізми набувають попередніх, притаманним їм ознак. Разом з тим нерідко трапляються випадки, коли це не спостерігається. Такі L-форми називають стабільними. З цього прикладу видно, що морфологічні зміни можуть бути тимчасовими і постійними. Перші – результат фенотипової, другі – генотипової мінливості. Фенотипові зміни, так звані модифікації, зникають після того, як зникає фактор, що зумовив їх появу, генотипові залишаються навіть після усунення факторів, які їх індукували.

Яскравим прикладом мінливості у бактерій є ***дисоціація*** мікробних культур. Багато видів бактерій ростуть на щільному середовищі, утворюючи колонії з рівними краями та гладенькою й блискучою поверхнею. Це так звані колонії S-форми (від англ. *smooth* – гладкий). Під час культивування на живильних середовищах можуть з'являтися колонії з нерівними краями і шорсткою поверхнею – колонії R-форми (від англ. *rough* – шорсткий). У таких випадках нерідко виявляються й колонії з проміжною характеристикою, тобто у них можуть бути нерівні краї та гладенька

поверхня або, навпаки, рівні краї й шорстка поверхня. Здебільшого модифікація колоній з гладенького типу в шорсткий супроводжується зниженням чи навіть втратою вірулентності у патогенних видів, за винятком збудника сибірки, у якого ці явища співвідносяться навпаки: R-форма вірулентна, S-форма – слабовірулентна.

Прикладом мінливості властивостей у бактерій може бути їх здатність синтезувати ферменти залежно від наявності відповідного субстрату в навколишньому середовищі (зокрема, живильному). Йдеться про адаптаційні ферменти. У разі відсутності у середовищі, де розмножується мікроорганізм, відповідних речовин синтез ферменту може призупинятись і відновлюватись, якщо необхідний субстрат з'явився. Наприклад, деякі мікоплазми втрачають здатність ферментувати глюкозу, якщо цей цукор тривалий час не вносити у живильне середовище, на якому їх культивують, проте здатні відновлювати синтез відповідного ферменту після внесення до середовища глюкози. Це варто мати на увазі у разі використання ознак ферментативної активності мікроорганізмів для визначення їх виду.

Особливе значення має розуміння можливої зміни вірулентних властивостей патогенних видів мікроорганізмів. Загальновідомо, що в природі можуть циркулювати високо-, слабко- або помірно вірулентні штами збудників інфекційних хвороб. Важливо уявляти обставини, що сприяють появі високовірулентних штамів, їх може бути багато. Встановлено, що пасажування мікроорганізму через високочутливий, особливо зі зниженою резистентністю, організм закономірно призводить до підвищення вірулентності у патогенів. Відомо також, що зростання вірулентності може відбуватись як результат формування рекомбінантних штамів, коли у рекомбінант, порівняно з батьківськими штамами, збільшується кількість факторів патогенності. Важливо уявляти те, що детермінантами окремих факторів патогенності можуть бути плазміди – позахромосомні фактори спадковості, які під час кон'югації бактерій можуть поширюватися від однієї мікробної клітини до іншої, передаватися спадково. Знаючи умови появи високовірулентних штамів, можна свідомо запобігати цьому негативному явищу.

Відомі також обставини, що призводять до зниження вірулентності мікроорганізмів. Це передусім тривале культивування їх у лабораторних умовах. Так, здійснюючи пасажування збудника туберкульозу, французькі дослідники А. Кальмет і Ш. Герен домоглися послаблення його патогенних властивостей настільки, що отримали препарат, придатний для імунізації новонароджених дітей. Нині цю вакцину широко використовують у медичній практиці.

Механізми спадкової мінливості. Спадкова мінливість пов'язана зі зміною структури генетичного апарату – ДНК. Зміна його структури може відбуватися в результаті мутацій та рекомбінацій.

Мутації – порушення послідовності нуклеотидного ланцюга, випадання окремих нуклеотидів, які можуть відбуватися спонтанно (без реєстрованих фактів впливу на мікроорганізм) або ж через свідомі маніпуляції з ними. У першому випадку йдеться про спонтанні, в другому – про індуковані мутації. Чинниками, що спричинюють мутацію, можуть бути іонізуюче, сультрафіолетове випромінювання, хімічні речовини. Мікробні клітини, в яких відбулася мутація, називають мутантами. Останні набувають ознак, що передаються спадково. Якщо ж мутація зумовила зміни в генетичному матеріалі клітини, пов'язані з її життєздатністю, такий мутант гине (летальна мутація).

Рекомбінація – поява клітин з набором генів, притаманним не одній, а двом мікробним клітинам. Генетична рекомбінація у бактерій можлива в результаті явищ, які називають трансформацією, трансдукцією та кон'югацією.

Трансформація – перенесення генетичної інформації від бактерії донора (у вигляді фрагментів ДНК) у клітину реципієнта. Бактеріальні клітини, що перебувають у стані компетентності, тобто здатності сприймати донорську ДНК, приймають фрагменти нуклеїнової кислоти. При цьому в хромосому реципієнта включається лише одна нитка ДНК донора, в результаті чого утворюється молекулярна гетерозигота. Під час трансформації можуть переноситися найрізноманітніші гени, що детермінують певні властивості, наприклад утворення капсули, синтез ферментів

тощо. Найкраще трансформація відбувається у представників одного й того самого виду або у близькоспоріднених бактерій. Трансформацію можна здійснити в експериментальних умовах, культивуючи мікроорганізм на живильних середовищах, куди внесено ДНК донора або його інактивовані клітини.

Трансдукція – перенесення генів (фрагментів ДНК) від мікроорганізму-донора до мікроорганізму-реципієнта за допомогою фага. Під час репродукції фаги можуть включати у свою структуру ділянки бактерійної ДНК (гени). У разі подальшого проникнення в іншу клітину, репродукуючись у ній, ці фрагменти ДНК можуть включатись у бактерійну хромосому реципієнта, зумовлюючи появу нових, відповідних надбаним генам ознак (зміна вірулентності, ферментативна активність та ін.).

Кон'югація – перенесення генетичного матеріалу від однієї клітини до іншої через утворені між ними цитоплазматичні містки, які формуються за рахунок згаданих вище структур – пілей. Через такий місток може передаватись уся хромосома, окремі її ділянки або ж плазміда. Результатом кон'югації є утворення клітин-транскон'югантів, які набувають нових властивостей. У такий спосіб може передаватися резистентність до лікарських препаратів, здатність утворювати ферменти, токсини тощо.

Знаючи закономірності явищ спадковості й мінливості у бактерій, можна цілеспрямовано отримувати мікроорганізми з певною характеристикою, зокрема авірулентні вакцинні штами, високоефективні продуценти корисних речовин тощо. Особливо ефективною в цьому напрямі виявилась генна інженерія. Користуючись методиками цього розділу експериментальної біології, вдається сконструювати продуцент практично будь-якого корисного продукту. Проте це вже є предметом науки біотехнології, яка нині бурхливо розвивається.

Питання для самоконтролю

1. Що вивчає фізіологія мікроорганізмів?
2. Хімічний склад мікроорганізмів.
3. Ферменти мікроорганізмів: особливості дії, класифікація.

4. Практичне використання ферментів мікроорганізмів.

5. Як відбувається живлення мікроорганізмів?

6. Способи надходження поживних речовин у мікробну клітину.

7. Що розуміють під конструктивним обміном?

8. Чим відрізняються автотрофи від гетеротрофів; паразити від сапрофітів?

9. Сутність енергетичного обміну у мікроорганізмів.

10. Відмінності аеробного та анаеробного дихання.

11. Як впливають умови зовнішнього середовища на мікроорганізми?

12. Вплив температури на мікроорганізми: пастеризація і стерилізація.

13. Вплив вологості середовища на мікроорганізми. Поняття про мезофіти, гідрофіти, ксерофіти.

14. Вплив підвищених концентрацій солі та цукру на життєдіяльність мікроорганізмів.

15. Вплив окремих видів променевої енергії на мікроорганізми (видиме світло, ультрафіолетові, інфрачервоні, рентгенівські промені, радіоактивне і лазерне випромінювання).

16. Вплив ультразвуку, радіохвиль, магнітного поля на мікроорганізми.

17. Вплив хімічних факторів на мікроорганізми.

18. Вплив біологічних факторів на мікроорганізми.

19. Поняття про антибіотики і фітонциди і їх вплив на мікроорганізми.

20. Особливості зберігання харчових продуктів з використанням принципів біозу, абіозу, ценоанабіозу, анабіозу.

РОЗДІЛ 5
НАЙВАЖЛИВІШІ БІОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ, ЗБУДНИКАМИ ЯКИХ Є МІКРООРГАНІЗМИ, ТА ЇХ ПРОМИСЛОВЕ ВИКОРИСТАННЯ

5.1. Класифікація біохімічних процесів, що викликаються мікроорганізмами

Мікроорганізми в процесі своєї життєдіяльності, тобто в процесі обміну речовин, утворюють різні продукти (рис. 5.1). Багато продуктів, які утворюють мікроорганізми, широко використовуються в різних галузях національної економіки: в медицині, промисловості, побуті тощо. Так, одержання спирту, молочної, лимонної, оцтової кислот та різних антибіотиків базується на використанні життєдіяльності мікроорганізмів. На використанні біохімічних процесів, які збуджуються мікроорганізмами, ґрунтується виробництво вина, пива, квасу, різних кисломолочних продуктів, квашених овочів, бродіння тіста та ін.



Рис. 5.1. Продукти життєдіяльності мікроорганізмів

Одні й ті самі біохімічні процеси можуть бути корисними, якщо їх збудники свідомо використовуються людиною у виробництві певних продуктів, але й можуть наносити великі втрати, якщо процеси виникають спонтанно. Наприклад, псування продуктів у результаті гниття, руйнування деревини та ін.

Поглиблене вивчення біохімічної основи діяльності мікроорганізмів дозволяє удосконалити технології використання корисних для людини мікроорганізмів, підвищити ефективність технологічних процесів, що передбачають участь мікроорганізмів. З іншого боку, більш глибоко розкривається сутність перетворень, що здійснюються мікроорганізмами в харчовій сировині й продуктах її переробки внаслідок спонтанного розвитку мікроорганізмів. Це дозволяє більш ефективно боротися з мікроорганізмами-збудниками псування продуктів.

На особливу увагу заслуговують процеси перетворення речовин під час дихальних процесів (в основному анаеробних) – типові бродіння.

5.2. Типові бродіння

Бродіння (ферментація) – окиснювально-відновний процес перетворення органічних речовин, що відбувається у клітинах за анаеробних умов. У ланцюгу реакцій бродіння найважливіше значення має реакція, що зумовлює утворення АТФ. Перетворення органічних речовин супроводжується виділенням енергії, яка акумулюється в процесі фотосинтезу, що частково у вигляді теплоти використовується мікробною клітиною або виділяється в навколишнє середовище.

1857 р. біологічна природа бродіння, яку викликають живі клітини мікроорганізмів, була доведена Луї Пастером. Пізніше (1897 р.) Едуард Бухнер встановив, що бродіння має місце й у безклітинному середовищі (сік зруйнованих дріжджових клітин) – біохімічним шляхом. За своє відкриття 1907 р. він одержав Нобелівську премію з хімії.

Процес бродіння протікає в дві фази – ***початкова (загальна фаза)*** проходить в анаеробних умовах з розщепленням глюкози до піровиноградної кислоти. ***Кінцева фаза*** залежить від умов культивування та особливостей мікроорганізмів. При цьому утворюються різні продукти. В анаеробних умовах піровиноградна кислота перетворюється до спирту, молочної, масляної кислот та інших продуктів. В анаеробних умовах піровиноградна кислота

окислюється до оцтової, лимонної або іншої органічної кислоти, а у разі повного окислення з'являються діоксид вуглецю і води.

Процеси бродіння протікають з використанням в основному вуглеводів (крохмалю, цукрів). Проте загалом перелік органічних сполук, які можуть зброджуватися, достатньо широкий. Це вуглеводи, спирти, органічні кислоти, амінокислоти, пурини, піримідони. Продуктами бродіння є різні органічні кислоти (молочна, масляна, оцтова, мурашина), спирти (етиловий, бутиловий, пропілів), ацетон, а також CO_2 та H_2. Зазвичай у процесі бродіння утворюється декілька продуктів.

Молекулярний кисень у процесах бродіння участі не бере. Більшість мікроорганізмів, які здійснюють бродіння, є облігатними анаеробами або факультативними аеробами, здатними рости як за наявності оксисену, так і без нього. При цьому оксисен пригнічує бродіння і воно замінюється на дихання. Між бродінням і диханням багато спільного, але під час дихання окислення речовин відбувається до кінця – до утворення діоксиду вуглецю і води, тоді як продукти бродіння вміщують ще багато енергії.

Залежно від переважного накопичення певних продуктів розрізняють бродіння: спиртове, молочнокисле, пропіоновокисле, маслянокисле, оцтовокисле, лимоннокисле та ін.

Спиртове бродіння. Серед усіх біохімічних процесів, пов'язаних з життєдіяльністю мікроорганізмів, найбільш широке використання в галузях економіки має спиртове бродіння.

Етиловий спирт (етанол) – один з найбільш поширених продуктів зброджування цукрів мікроорганізмами. ***Спиртове бродіння*** – це ендогенний процес, за якого цукор проникає всередину мікробної клітини і трансформується відповідними ферментами. При цьому утворюється спирт, який дифундує з клітин у середовище:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 27 \text{ ккал.}$$

Основними продуцентами етанолу є дріжджі роду *Saccharomyces* (в промислових умовах використовують тільки дріжджі *Sacch. ellipsoideus)*, мезофільні бактерії (*Sarcina*

ventriculi, деякі представники родів *Clostridium, Erwinia, Leuconostoc, Zymomonas* та ін.), гриби роду *Monilia, Mucor, Oidium.*

Зброджування глюкози до етанолу і CO_2 дріжджами здійснюється фруктозодифосфатним (гліколітичним) шляхом. Глюкоза окисляється до пірувату. Перетворення пірувату на етанол проходить у два етапи:

1) піруват декарбоксилюється піруватдекарбоксилазою до ацетальдегіду;

2) ацетальдегід відновлюється алкогольдегідрогеназою до етанолу.

У деяких випадках доцільним є отримання гліцерилу й алілового спирту за допомогою спиртового бродіння. З цією метою реакційну суміш підлужнюють (pH близько 8), і одним з основних продуктів бродіння буде гліцерин (зазвичай спиртове бродіння відбувається за кислої реакції середовища, pH 4–5). Вихід гліцерилу підвищується, якщо бродіння проходить за наявності сульфіту натрію (Na_2SO_3). При цьому оцтовий альдегід зв'язується сульфітом і не може бути відновлений гідрогеном в етиловий спирт. Акцептором гідрогену слугує проміжна сполука діоксиацетонфосфат, який перетворюється спочатку на фосфогліцерин, а після відщеплення фосфатної групи утворюється гліцерин.

Під час зброджування цукрі бактеріями *(Zymomonas mobilis)* продуктами бродіння є етанол, CO_2 і невеликі кількості молочної кислоти.

У разі бродіння, яке викликається деякими видами родини *Enterobacteriaceae* та представниками роду *Clostridium*, етанол є побічним продуктом. Попередник етанолу – ацетальдегід – утворюється в цьому випадку не з пірувату, а шляхом відновлення ацетил-КоА.

Оскільки спиртове бродіння відбувається через ряд проміжних продуктів, то, крім основних продуктів бродіння – етилового спирту та вуглекислого газу, в невеликих кількостях утворюються ***побічні продукти***, а саме: гліцерин, оцтова кислота, оцтовий альдегід, складні ефіри, сивушні масла та ін. Сивушні масла – це

суміш високомолекулярних спиртів, зокрема бутилових і амілових. Сивушні масла утворюються не з цукру, а в результаті розкладання різних амінокислот, що споживаються дріжджами поряд з цукром як поживні речовини. Під час виробництва спирту побічні продукти небажані. Їх усувають шляхом перегонки та ректифікації, яка ґрунтується на різних температурах кипіння спирту і побічних продуктів бродіння. Під час виробництва вина та пива побічні продукти відіграють важливу роль в утворенні букету цих продуктів.

Суттєвий вплив на інтенсивність спиртового бродіння має концентрація цукру в рідині, що бродить. Найкраще проходить спиртове бродіння у разі концентрації цукру 15 %. За концентрації цукру 30 % дріжджі сповільнюють процес спиртового бродіння, а деякі види зовсім його призупиняють. Тільки один вид дріжджів *Zigosacch. priorianus* може викликати спиртове бродіння за значної концентрації цукру – до 80 %. Саме цей вид дріжджів є причиною псування меду та варення.

Суттєвий вплив на процес спиртового бродіння має також температура та реакція середовища. Найсприятливішою температурою для спиртового бродіння є 30°С, за температури 50°С бродіння призупиняється, а за температури 60–70°С дріжджі гинуть.

Збудники спиртового бродіння – дріжджі є факультативними анаеробами, тому процес спиртового бродіння краще проходить, коли відсутній кисень повітря.

Існують два типи спиртового бродіння – верхове і низове. ***Верхове бродіння*** проходить досить швидко. Воно супроводжується сильним виділенням вуглекислого газу і піни. Дріжджі під час верхового бродіння виносяться вуглекислим газом, який виділяється інтенсивно, на поверхню рідини, тому бродіння і називається верховим. Таке бродіння застосовується під час виробництва спирту і вина та проходить за температури, близької до оптимальної. ***Низове бродіння*** проходить спокійніше і повільніше. Піни утворюється значно менше, тому дріжджі весь час залишаються на дні посуду. Низове бродіння проходить за температури суттєво нижчої, ніж оптимальна – близько 10°С. Воно використовується під час пивоваріння.

Дріжджі можуть перетворювати в спирт тільки цукри – моносахариди і дисахариди. Тому під час виробництва спирту з крохмалистої сировини (картоплі, зерна) крохмаль перед бродінням перетворюють у цукор (гідролізують). Гідроліз проводять за допомогою мінеральних кислот або солоду (пророслого зерна), який містить фермент амілаза, що перетворює крохмаль у цукор.

Спирт, що утворюється в результаті бродіння, пригнічує розвиток дріжджів. Більшість дріжджів може доводити вміст спирту в рідині, що бродить, до 12–16 %. Вищі концентрації спирту діють згубно на дріжджові клітини і вони гинуть. Тому натуральними називають тільки столові вина, в яких вміст спирту не перевищує 12 %. Десертні й міцні вина, в яких вміст спирту перевищує 16 %, – це вина спиртовані, тобто вміст спирту в них підвищується штучним додаванням спирту-ректифікату.

Спиртове бродіння має місце під час виготовлення хліба. Вуглекислий газ, який утворюється під час спиртового бродіння, піднімає тісто, розпушує його, і після випікання отримують пишний пористий хліб. Разом з молочнокислим спиртове бродіння використовують під час виготовлення молочних продуктів: кефіру, кумису, а також під час квашення фруктів та овочів.

Спиртове бродіння може приносити і шкоду. Наприклад, свіжі ягоди можуть псуватись у результаті розвитку на них дріжджів. Такі ягоди мають присмак спирту (колючий смак). Потім вони закисають під впливом оцтовокислих бактерій, що окиснюють спирт до оцтової кислоти.

Молочнокисле бродіння. Молочнокисле бродіння – анаеробний процес перетворення цукру в молочну кислоту в результаті життєдіяльності молочнокислих бактерій (мікроорганізми, продуктом бродіння яких є молочна кислота, об'єднують у родину *Lactobacillaceae).* Серед другорядних продуктів цього виду бродіння є оцтова кислота, CO_2 і етанол. Залежно від того, які продукти утворюються, вирізняють три типи молочнокислого бродіння:

✓ типове (гомоферментативне) – з глюкози утворюється тільки молочна кислота:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CHOHCOOH;$$

✓ нетипове (гетеро ферментативне) – з глюкози, крім молочної, утворюється етиловий спирт і CO_2:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow CH_3CHOHCOOH + CH_3CH_2OH + CO_2;$$

✓ біфідобродіння, яке викликане біфідобактеріями *(Bifidobacterium bifidum),* за якого з глюкози утворюються оцтова і молочка кислоти:

$$2C_6H_{12}O_6 \rightarrow 3CH_3COOH + 2CH_3CHOHCOOH.$$

Наведені рівняння молочнокислого бродіння є узагальненими, насправді процес відбувається за досить складною схемою через ряд проміжних продуктів.

Гомоферментативне бродіння здійснюють стрептококи – *Streptococcus lactis, S. faecalis, S. salivarius, Lactobacillus lactis, L. helveticus, L. bulgaricus, L. acidophilus.*

Гетероферментативне бродіння здійснюється представниками роду *Leuconostoc.*

Крім глюкози, молочнокислі бактерії зброджують велику кількість інших цукрі: занозу, фруктозу, галактозу, сахарозу, лактозу, мальтозу і пентози. Під час зброджування цих сполук відбуваються деякі відхилення від звичайних схем бродіння. Наприклад, у процесі зброджування фруктози утворюються молочна та оцтова кислоти, CO_2 і маніт.

Молочнокислі бактерії можуть перетворювати в молочну кислоту моно- і дисахариди. Крохмаль та інші полісахариди молочнокислі не ферментують. Крім здатності до молочнокислого бродіння, деякі молочнокислі бактерії мають протеолітичну здатність, тобто можуть розкладати білкові речовини до амінокислот. При цьому різні види молочнокислих бактерій мають різну протеолітичну активність. Протеолітичні ферменти, які є в клітинах молочнокислих бактерій, основним чином належать до ендоферментів і діють на білки навколишнього середовища тільки після відмирання клітини та її автолізу.

Молочнокислі бактерії значно поширені в природі. Вони завжди є в молоці й викликають його самоскисання (тому і називаються молочнокислими). Молочнокислі бактерії зустрічаються на різних рослинах, на поверхні фруктів та овочів, вони є в повітрі й у ґрунті.

Найважливішими представниками типових молочнокислих бактерій є:

Streptococcus lactis (молочний стрептокок) – коки, діаметром майже 1 мкм, з'єднані в короткі ланцюжки або попарно. Вони завжди присутні в молоці й найчастіше викликають його самоскисання. Оптимальною температурою для їх розвитку є 36°С. Вони є відносно слабкими кислотоутворювачами, накопичують не більше 1 % молочної кислоти. Вища концентрація кислоти діє на них згубно. Тому кисле молоко, яке отримують у домашніх умовах самоскисанням без застосування спеціальних заквасок, ніколи не буває надто кислим. Молочнокислі стрептококи ферментують лактозу, мальтозу, глюкозу і галактозу.

Str. cremoris – коки, діаметр клітини яких не більше 0,7 мкм, утворюють довгі ланцюги. Ферментують лактозу, глюкозу і галактозу; мальтозу і сахарозу не перетворюють. Оптимальна температура розвитку 30°С.

Bact. bulgaricum (болгарська паличка) – довжина клітини майже 5 мкм. Палички з'єднані в ланцюги. Ферментують глюкозу, фруктозу, галактозу, лактозу; сахарозу і мальтозу не ферментують. Оптимальна температура розвитку 40–45°С, тобто болгарська паличка належить до термофільних бактерій. Вона накопичує значну кількість молочної кислоти – до 3,5 %. Треба зауважити, що термофіли більш активні кислотоутворювачі, ніж мезофіли, і в цілому паличкоподібні молочнокислі бактерії активніші кислотоутворювачі порівняно зі стрептококами.

Bact. casei (сирна паличка) – довжина клітини майже 6 мкм. Ферментує мальтозу, лактозу, глюкозу і фруктозу. Оптимальна температура 40°С. Використовується під час виробництва сиру.

Bact. acidophylum (ацидофільна паличка) – довжина клітини майже 5 мкм. Ферментує лактозу, мальтозу, сахарозу і глюкозу. Оптимальна температура 40°С. Накопичує до 2,5 % кислоти.

Деякі види ацидофільної палички здатні до слизоутворення (утворюють слизисті капсули). Ацидофільні бактерії поряд з молочною кислотою продукують антибіотичні речовини, які згубно діють на збудників кишкових захворювань. Ацидофільні заквaски використовують під час виробництва ацидофільних молочнокислих продуктів. З чистих культур ацидофільних бактерій виготовляють біопрепарати, які застосовують для лікування і профілактики шлунково-кишкових захворювань людини та сільськогосподарських тварин.

Bact. delbrueckii (дельбрюківська паличка) – довжина клітини 7 мкм. Палички розміщуються поодиноко або короткими ланцюжками. Ферментує всі цукри, за винятком лактози, тому в молоці не розвивається. Використовується для отримання молочної кислоти із цукру, а також під час випікання хліба. Оптимальна температура розвитку 45–50°С, мінімальна – 20°С. У субстраті накопичує до 2,5 % кислоти.

Bact. cucumeris fermentati і Bact. plantarum – коротенькі палички довжиною 2 мкм, часто з'єднані попарно. Вони є збудниками молочнокислого бродіння під час квашення овочів і силосування кормів. Мезофіли, температурний оптимум майже 30°С.

Нетипових молочнокислих бактерій надзвичайно багато. Практичний інтерес представляють так звані ароматоутворювальні бактерії видів *Str. paracitrovorum, Str. citrovorum, Str. diacetilactis.* Ці бактерії утворюють значну кількість летких кислот, вуглекислого газу й ацетилметилкарбінолу, який під час окиснення переходить у діацетил. Останній надає продуктам особливого аромату. Завдяки цьому названі культури широко використовуються у різних галузях молочної промисловості, зокрема в маслоробній.

Ароматоутворювальні молочнокислі бактерії поряд з цукром перетворюють солі лимонної кислоти, які завжди є в молоці. Ацетилметилкарбінол, а далі діацетил і ацетотн утворюються саме із солей лимонної кислоти.

З інших гетероферментативних молочнокислих бактерій можна назвати: *Leuconostoc cremoris* – витягнуті коки, що можуть розташовуватись поодиноко, парами або у вигляді коротких

ланцюжків. Вони, крім цукру, перетворюють лимонну кислоту та її солі з утворенням діацетилу. Оптимальна температура розвитку 20–25°С. Вживаються в комбінованих заквасках з метою ароматизації продукту. Деякі види *Leuconostoc* є активними слизоутворювачами. Субстрати, в яких розвиваються ці види молочнокислих бактерій, мають густу слизисту консистенцію. Розвитком саме таких бактерій пояснюється ослизнення розсолу солоних огірків та квашеної капусти.

Leuconostoc brevis – паличкоподібні бактерії, що перетворюють цукри з утворенням молочної та оцтової кислот, а також етилового спирту і вуглекислого газу, досить часто зустрічаються під час квашення капусти та огірків (на кінцевих фазах ферментації).

Молочнокисле бродіння та молочнокислі бактерії широко використовуються в практичній діяльності людей, а найбільше в молочній промисловості у процесі молочнокислого бродіння. У молоці завжди є молочнокислі бактерії, що швидко розмножуються в ньому і викликають скисання.

Під час виробництва кисломолочних продуктів на промислових підприємствах самоскисання молока не застосовується. Молоко, яке завозять на заводи, пастеризують. При цьому більшість бактерій гине. Гинуть і всі молочнокислі бактерії, тому що вони не здатні до спороутворення. Після пастеризації молоко заквашують заквасками, виготовленими з чистих культур молочнокислих бактерій. Молочнокислі бактерії перетворюють цукор, що є в молоці (лактозу), на молочну кислоту. Остання викликає коагуляцію головного білка молока – казеїну. Утворюється згусток. Використовуючи як закваску різні чисті культури, можна отримати кисломолочні напої з різними смаковими особливостями (окремі види молочнокислих бактерій утворюють різну кількість молочної кислоти).

Молочнокислі бактерії застосовують під час виробництва всіх дієтичних кисломолочних напоїв, ацидофільної пасти, кисломолочного сиру, сметани, сичугових сирів. Завдяки наявності живих молочнокислих бактерій кисломолочні напої мають лікувально-профілактичне значення. Молочнокислі бактерії, які є в

цих напоях, нормалізують мікрофлору кишкового тракту, знищують там збудників гниття. У процесі гниття утворюються різні токсичні продукти, які через стінки кишкового тракту і кровоносних судин дифундують у кров і поступово, непомітно отруюють організм людини. Молочнокислі бактерії можуть приживатись у кишковому тракті й перетворювати там залишки поживи, яка вміщує цукор, з утворенням молочної кислоти. Збудники ж гниття в кислому середовищі не можуть розвиватися. Особливо корисні кисломолочні продукти, виготовлені з використанням ацидофільної палички, бо вона є не тільки досить активним кислотоутворювачем, але й найкраще приживається в кишковому тракті.

Молочнокислі бактерії використовуються також під час виготовлення житнього хліба. Молочна кислота, що утворюється у разі ферментації тіста, сприяє набряканню білків, розвитку дріжджів і покращує смак хліба.

Процес молочнокислого бродіння має місце і під час квашення овочів. Квашені овочі добре зберігаються, тому що в кислому середовищі не можуть розвиватися збудники гниття.

Силосування кормів у своїй основі має також використання молочнокислого бродіння. Силосування дозволяє зберегти різні види кормів, незалежно від погоди і без втрат вітамінів. Шляхом силосування консервують траву, кукурудзу, гичку картоплі, буряків та ін.

Молочнокисле бродіння застосовують також для отримання молочної кислоти. Остання має широке застосування в різних галузях промисловості. Її використовують у шкіряній промисловості для декальцинування (усунення вапна) зі шкіри. У текстильній промисловості вона використовується як протрава під час фарбування тканин. Особливе значення має молочна кислота в харчовій промисловості, де її використовують замість лимонної під час виробництва кондитерських виробів, безалкогольних напоїв, консервів та інших товарів. Широко використовується молочна кислота та її солі в медицині.

Треба мати на увазі, що спонтанне (самовільне) молочнокисле бродіння в продуктах (молоці, вині, пиві, безалкогольних

напоях та ін.) може завдавати значної шкоди, призвести до скисання, помутніння, ослизнення та інших видів псування цих продуктів.

Пропіоновокисле бродіння. Пропіоновокисле бродіння – це перетворення цукру або молочної кислоти та її солей у пропіонову й оцтову кислоти, вуглекислий газ та воду в результаті життєдіяльності пропіоновокислих бактерій. Підсумувати цей процес можна такими рівняннями:

$$3C_6H_{12}O_6 \rightarrow 4CH_3CH_2COOH + 2CH_3COOH + 2CO_2 + 2H_2O$$

або

$$3CH_3CHOHCOOH = 2CH_3CH_2COOH + CH_3COOH + CO_2 + H_2O.$$

Деякі пропіоновокислі бактерії утворюють, крім того, невелику кількість інших кислот (мурашину, янтарну, ізовалеріанову).

Хімізм процесу до утворення піровиноградної кислоти проходить за такою ж схемою, що й під час спиртового бродіння. Далі перетворення (відновлення) піровиноградної кислоти в пропіонову відбувається за досить складною схемою, яка змінюється залежно від умов процесу.

Збудниками пропіоновокислого бродіння є так звані пропіоновокислі бактерії роду *Bacterium.* Типовим представником цих бактерій є *Bac. acidi propionici* – короткі, безспорові, нерухомі, грампозитивні палички, близькі за морфологічними і фізіологічними ознаками до молочнокислих бактерій, і тому часто розвиваються разом з ними. Пропіоновокислі бактерії – факультативні анаероби, мезофіли. Оптимальна температура їх розвитку 30–35°С, але добре ростуть вони і за 15–25°С. Гинуть за 60–70°С.

Поряд з бродінням цукрів, молочної кислоти та її солей пропіоновокислі бактерії дезамінують амінокислоти з утворенням жирних кислот, здатні зброджувати піровиноградну кислоту і гліцерин.

Велику роль відіграють пропіоновокислі бактерії в сироварінні, бо саме пропіоновокисле бродіння – один із найважливіших процесів під час дозрівання сирів. Молочна кислота, що

утворюється в сирній масі в результаті молочнокислого бродіння, та її кальцієва сіль перетворюються пропіоновокислими бактеріями в пропіонову й оцтову кислоти та вуглекислий газ. Пропіонова кислота зумовлює типовий сирний гострий смак і запах сичугових сирів. Характерний приємний солодкуватий смак деяких сирів (типу швейцарського) зумовлює пропіоновокислий кальцій, а виділення вуглекислого газу призводить до утворення характерного малюнку сиру (великі, негусті, правильної кулястої форми «вічка»).

Пропіонова кислота та її солі є інгібіторами розвитку пліснявих грибів, завдяки чому використовуються з метою попередження пліснявіння різних продуктів, а також у разі виготовлення силосу. Деякі види пропіоновокислих бактерій *(Propionibacterium shermanii, Bact. acidopropioni)* синтезують вітамін B_{12}. Їх використовують для отримання чистого препарату цього вітаміну. У складі комбінованих з молочнокислими бактеріями заквасок їх використовують для природного збагачення різних продуктів цим життєво необхідним вітаміном.

Маслянокисле бродіння. Масляна кислота (бутират) є продуктом зброджування вуглеводів анаеробними спороутворювальними бактеріями (клостридіями). Маслянокисле бродіння – це процес розкладання цукру на масляну кислоту, вуглекислий газ та водень у результаті життєдіяльності маслянокислих бактерій. Описати процес можна таким рівнянням:

$$4C_6H_{12}O_6 = 3CH_3CH_2CH_2COOH + 2CH_3COOH + 8CO_2 + 8H_2.$$

До утворення піровиноградної кислоти й оцтового альдегіду процес маслянокислого бродіння проходить за тією самою схемою, що й процес спиртового бродіння. Далі цей процес проходить за надто складною схемою через ланку проміжних продуктів.

Під час маслянокислого бродіння поряд з основними продуктами бродіння (масляною кислотою, вуглекислим газом та воднем) утворюються побічні продукти (бутиловий спирт, ацетон, етиловий спирт, оцтова кислота).

Збудники маслянокислого бродіння – маслянокислі бактерії ферментують не тільки моносахариди, але й дисахариди, полісахариди (крохмаль, декстрини, пектинові речовини) і солі молочної кислоти.

Маслянокислі бактерії – облігатні (строгі) анаероби. Кисень повітря для них є токсином. Вперше збудники маслянокислого бродіння були відкриті Луї Пастером. Цим відкриттям він зробив переворот у біологічній науці, бо до цього вважалось, що без кисню неможливе життя. Збудники маслянокислого бродіння чутливі до кислотності середовища. Оптимальне значення pH 6,9–7,4. У разі нижчого pH у середовищі вони сповільнюють свій розвиток і зміщують процес типового маслянокислого бродіння у бік ацетоно-бутилового, тобто утворюється більше бутилового спирту та ацетону і менше масляної кислоти. Оптимальна температура розвитку маслянокислих бактерій 30–40°C.

Маслянокислі бактерії належать до роду *Clostridium,* родини *Bacillaceae* і є грампозитивними. Вони мають форму паличок і утворюють спори, які, звичайно, розташовуються в центрі палички і вона нагадує веретено. Спори не досить термостійкі (витримують кип'ятіння впродовж кількох хвилин). Маслянокислі бактерії – це рухливі, доволі великі палички. Джгутики розташовуються з усіх боків клітини (перитрихи).

Зустрічається доволі багато видів маслянокислих бактерій. Найбільш типовими представниками є *Clostridium butiricum, Cl. saccharobutiricum* і *Cl. pasteurianum.*

Характерною морфологічною особливістю всіх маслянокислих бактерій є вміст у клітинах запасної поживної крохмалеподібної речовини – гранульози у вигляді зерен-гранул, що забарвлюються йодом у синьо-фіолетовий колір. Завдяки наявності гранульози маслянокислим бактеріям часто надають родову назву *Granulobacter* (замість *Clostridium).*

Маслянокислі бактерії широко розповсюджені у природі. Вони завжди є в ґрунті, гної, на дні озер та річок. Наявність маслянокислих бактерій у продуктах харчування свідчить про забруднення їх землею чи гноєм. У природі маслянокисле бродіння

має позитивне значення як ланка в ланцюгу кругообігу речовин (перетворення органічних речовин у неорганічні).

У галузях економіки маслянокисле бродіння часто завдає суттєвих втрат. Так, маслянокислі бактерії і маслянокисле бродіння є причиною псування різних харчових продуктів. Наприклад, те, що в побуті називають гниттям картоплі, – найчастіше є розкладанням крохмалю маслянокислими бактеріями (мокра гниль картоплі). Маслянокислі бактерії можуть стати причиною псування й інших овочів. Розвиваючись у харчових продуктах, маслянокислі бактерії утворюють масляну кислоту, а остання надає продуктам гіркого смаку і неприємного запаху.

Завдяки здатності до спороутворення, маслянокислі бактерії є причиною псування пастеризованих продуктів. Скисання герметично закритого пастеризованого молока зумовлене розвитком маслянокислих бактерій, що не гинуть під час пастеризації. Прокисле пастеризоване молоко часто має неприємний гіркий смак, зумовлений утворенням масляної кислоти. Крім того, значна кількість газів (вуглекислого газу і водню), на утворення яких витрачається 60 % ферментованого цукру (40 % цукру використовується на утворення масляної кислоти), призводить до того, що весь згусток пронизаний пухирцями газу, й одночасно спостерігається сильне виділення сироватки зі згустку.

Маслянокислі бактерії є також причиною псування сирів. Масляна кислота надає їм неприємного смаку, і, крім того, через виділення великої кількості газів (вуглекислого газу й водню) є причиною здуття сирів.

Маслянокислі бактерії є причиною псування овочевих та фруктових консервів, у процесі виробництва яких застосовували тільки пастеризацію (бомбаж банок), згіркнення зволоженого борошна та ін. Під час уповільненого молочнокислого бродіння вони можуть стати причиною псування квашених овочів, надавати їм гострого прогірклого смаку та різкого неприємного запаху.

Масляна кислота необхідна для деяких промислових цілей. Її отримують на заводах, збродживши спеціально підготовлені середовища чистою культурою маслянокислих бактерій. Масляна кислота має досить різкий, неприємний кисло-гіркий смак, але її

складні ефіри мають приємний запах (метиловий ефір – яблучний, етиловий – грушевий, аміловий – ананасний). Ці ефіри широко використовують у кондитерській промисловості під час виробництва безалкогольних напоїв, а в парфумерії – як ароматичні речовини. Для виготовлення названих ефірів потрібна масляна кислота, яку отримують шляхом бродіння з крохмале- або цукровмісної сировини: картоплі, зерна, відходів цукрового виробництва. Для того щоб реакція у ферментувальній рідині залишалась нейтральною (процес типового маслянокислого бродіння відбувається нормально тільки в нейтральному середовищі), додають крейду. Саме вона пов'язує масляну кислоту, яка утворюється в результаті життєдіяльності внесених маслянокислих бактерій, і, таким чином, реакція залишається нейтральною. Бродіння триває 10 діб за температури 40°С. Потім кальцієву сіль масляної кислоти розкладають, додаючи соляну кислоту. У результаті утворюється хлористий кальцій і вільна масляна кислота, яка спливає на поверхню у вигляді маслянистого шару.

Ацетонобутилове та ацетоноетилове бродіння. ***Ацетонобутилове бродіння*** близьке до маслянокислого, є його різновидом. Кінцевими продуктами є ацетон, бутиловий спирт, етиловий спирт, вуглекислий газ та водень. З усієї кількості цукру, що витрачається на бродіння, 40 % використовується на утворення спиртів та ацетону, а 60 % – на утворення газів.

Якщо до ферментувальної рідини додати оцтову кислоту, то при цьому збільшується вихід ацетону, а якщо додати масляну – вихід етилового спирту.

Ацетонобутилове бродіння має дві фази: 1) кислотна, яка триває від 18 до 24 годин і сутність її полягає в накопиченні кислот (оцтової та масляної); 2) ацетонобутилова, сутність якої полягає в перетворенні накопичених кислот на ацетон та бутиловий спирт.

Ацетон та бутиловий спирт мають широке застосування в різних галузях промисловості: у виробництві синтетичного каучуку, лакофарбовій та хімічній промисловості, виробництві різних складних ефірів та ін. Завдяки важливому технічному значенню ацетону й бутилового спирту виробництво цих продуктів

шляхом бродіння набуло широкого розвитку. Отримують їх з крохмалевмісної сировини. Як збудник бродіння, використовують один з різновидів маслянокислих бактерій – *Clostridium acetobutylicum.* Ацетон і спирти одержують із бражки шляхом перегонки, а барду (залишені відходи) використовують для виділення вітаміну B_2, який продукують ацетонобутилові бактерії.

Сутність процесу ***ацетоноетилового бродіння*** полягає в розкладі вуглеводів з утворенням ацетону, етилового спирту, вуглекислого газу та водню. Як побічні продукти, утворюються масляна, оцтова і мурашина кислоти. Збудниками бродіння є бактерії, що за морфологічними та фізіологічними ознаками є близькими до маслянокислих. Найчастіше зустрічається *Bac. acetoaethylicus.* Хімізм цього бродіння добре вивчений, але бродіння досі ще не має промислового значення.

Бродіння пектинових речовин. Пектинові речовини поряд з клітковиною становлять основу рослинних тканин. Вони склеюють окремі клітини, волокна і тканини рослин. Будова пектинових речовин складна. Вони складаються з пектинових кислот (полімерів галактуронової кислоти), вуглеводів (арабінози, ксилози і галактози), оцтової кислоти, метилового спирту та інших речовин. Пектинові речовини в рослинах зустрічаються в нерозчинному стані – протопектини і в розчинному – пектини.

У недозрілих плодах міститься протопектин, який у міру дозрівання плодів переходить у пектин. Останнє зумовлює пом'якшення плодів. У процесі кип'ятіння весь протопектин переходить у пектин. Тому після варіння фрукти й овочі стають м'якими.

Під час нагрівання з кислотами пектинові речовини гідролізуються до пектинових кислот, арабінози, ксилози і галактози. Гідроліз пектинових речовин може протікати також під дією ферментів – протопектинази, пектинази і пектази. Ці ферменти є в рослинах та в багатьох мікроорганізмах: бактеріях, плісеневих грибах і актиноміцетах.

Бродінням пектинових речовин називається їх гідроліз під дією мікроорганізмів, що мають фермент пектиназу, до складових компонентів (арабінози, ксилози, галактози, метилового

спирту) з наступним перетворенням моносахаридів до більш простих речовин: масляної, оцтової, мурашиної кислот, етилового спирту, вуглекислого газу та водню. Цей етап бродіння близький до маслянокислого.

Збудниками бродіння пектинових речовин є бактерії *Granulobacter pectinovorum.* Це рухомі, спороутворювальні палички – різновид маслянокислих бактерій, які розкладають пектинові речовини. Вони належать до факультативних анаеробів.

Бродіння пектинових речовин має велике значення в природі та економіці. Воно постійно відбувається в ґрунті та воді, де розщеплюються рослинні залишки. У галузях економіки бродіння пектинових речовин використовується для виділення із стебел технічних культур волокон, які використовуються для виготовлення пряжі. З цією метою проводиться водне вимочування льону, коноплі та інших волокнистих культур. Бродіння закінчується, коли пектинові речовини руйнуються. При цьому спостерігається ослизнення стебел і ослаблення зв'язку між луб'яними волокнами та клітинами інших тканин стебла.

На заводах з метою прискорення та покращення вимочування волокнистих культур застосовують чисті культури *Granulobacter pectinovorum,* а воду в басейнах, де відбувається процес, підігрівають до 28°С (оптимальна температура для розвитку збудників бродіння). Отже, вимочування волокнистих рослин – це бродіння (процес розкладу) пектинових речовин в анаеробних умовах.

Пектинорозкладючі бактерії можуть розвиватися у харчових продуктах рослинного походження і викликати їх псування. Наприклад, вони є причиною розм'якшення солоних огірків, появи у них пустот у результаті розкладання внутрішніх пластинок клітин. В аеробних умовах гідроліз пектинових речовин під впливом мікроорганізмів призводить до розсипчастої консистенції м'якоті фруктів і овочів та появи «мокрої гнилі».

Бродіння клітковини. Клітковина (целюлоза) – один із найбільш складних полісахаридів, який характеризується значною стійкістю до вливу хімічних речовин. З клітковини побудовані оболонки всіх рослинних клітин (на відміну від бактерій і

тварин). Організм людини не має ферментів, які б викликали гідроліз клітковини, тому клітковина не засвоюється організмом людини. Деякі ж бактерії та плісняві гриби мають ферменти, що гідролізують клітковину. До таких ферментів належить целюлаза, що розкладає клітковину на більш прості речовини типу целобіози. Остання ферментом целобіазою гідролізується до глюкози, яка зброджується з утворенням масляної й оцтової кислот, вуглекислого газу, водню та метану. У найбільшій кількості утворюються водень та метан.

Мікроорганізми, які розкладають клітковину, були виділені В. Омелянським. Одні збудники *(Bac. cellulosae hydrogenicus)* викликають ***водневе бродіння***, за якого утворюються масляна, оцтова кислоти, вуглекислий газ і водень; інші *(Bac. cellulosae metanicus)* – ***метанове бродіння***, за якого утворюються переважно оцтова кислота, а також масляна, вуглекислий газ, метан.

Бактерії В. Омелянського (обидва різновиди) – довгі, тонкі спороутворювальні палички. Спори розміщуються на кінцях і утворюють потовщення, яке надає клітині вигляд барабанної палички.

Бродіння клітковини можуть викликати і деякі термофільні спороутворювальні бактерії, які є факультативними анаеробами і добре розвиваються за температури 40–65°С. Їх використовують для отримання метану, водню, оцтової, масляної, мурашиної кислот з рослинних матеріалів багатих клітковиною (тирса, солома), для розкладу осадів виробничих та побутових стічних вод в очисних спорудах.

Такі целюлозорозкладаючі мікроорганізми, як *Ruminococcus flavefaciens*, у шлунково-кишковому тракті жуйних тварин розкладають клітковину рослин.

Бродіння клітковини досить поширене у природі й має місце всюди, де проходить розклад рослинних залишків. Тому це бродіння має велике значення в загальному кругообігу вуглецю у природі. Разом з тим зазначені збудники приносять і шкоду, руйнуючи різні матеріали, до складу яких входить клітковина.

5.3. Аеробні процеси

Аеробні процеси – це окиснювальні процеси, за яких органічні речовини окиснюються киснем повітря до кінцевих продуктів розпаду (води та вуглекислого газу) або до більш простих сполук. Якщо повного окиснення речовин до кінцевих продуктів розпаду (води та вуглекислого газу) не відбувається, то такі аеробні процеси називають ***умовно-окиснювальними бродіннями.*** Така назва зумовлена тим, що продукти окиснювальних бродінь подібні до продуктів, які утворюються у разі справжніх (анаеробних) бродінь.

Типовими прикладами окиснювальних бродінь, що мають широке промислове використання, є оцтовокисле і лимоннокисле бродіння.

Оцтовокисле бродіння. Оцет – продукт, який утворюється внаслідок оцтовокислої ферментації спиртових розчинів за участі оцтовокислих бактерій родів *Acetobacter* та *Gluconobacter*. ***Оцтовокисле бродіння*** – процес окиснення етилового спирту до оцтової кислоти в результаті життєдіяльності мікроорганізмів.

Хімізм оцтовокислого бродіння відносно простий і в загальному вигляді може бути описаний таким рівнянням:

$$CH_3CH_2OH + O_2 = CH_3COOH + H_2O.$$

Окиснення етилового спирту оцтовокислими бактеріями протікає у дві стадії. На першій стадії оцтовокислі бактерії, використовуючи кисень повітря, окиснюють етиловий спирт до оцтового альдегіду, на другій – оцтовий альдегід окиснюється до оцтової кислоти.

Оцтовокислі бактерії – це доволі великі безспорові, грамнегативні палички. Серед них є рухливі й нерухливі форми. Оцтовокислі бактерії належать до чітких аеробів, тобто можуть розвиватися тільки за наявності кисню повітря. Вони кислотостійкі, оптимальне значення pH 5,4–6,3, деякі можуть розвиватися за pH до 3,2. Найбільш сприятлива температура для їх розвитку 30–35°С, хоча ростуть вони в інтервалі температур 5–40°С, за температури 65°С – гинуть. Деякі оцтовокислі бактерії здатні

синтезувати вітаміни B_1 B_2, B_{12}. У просторі оцтовокислі бактерії можуть бути розташовані поодиноко, попарно або у вигляді ланцюжків. Сполучення клітин у вигляді довгих ланцюгів зумовлює утворення плівок на продуктах, де розвиваються оцтовокислі бактерії. Різні види оцтовокислих бактерій дають плівки різного характеру. Окремі бактерії суцільної плівки не утворюють, а дають лише «острівці» або «кільця» на поверхні рідини. Відомо понад 20 видів оцтовокислих бактерій, які розрізняються між собою здатністю накопичувати різну кількість оцтової кислоти, різною стійкістю до спирту, різним характером плівки, що утворюється під час бродіння, а також розмірами.

Оцтовокислі бактерії широко розповсюджені в природі. Вони завжди є в повітрі, на дозрілих фруктах, овочах, ягодах та інших об'єктах. Оцтовокислі бактерії відносять до двох родів.

Рід *Acetobacter* – об'єднує паличкоподібні бактерії з джгутиками на всій поверхні клітини (перитрихи), що енергійно окиснюють етиловий спирт до оцтової кислоти і далі до вуглекислого газу та води; нездатні окиснювати глюкозу.

Рід *Gluconobacter (Acetomonas)* – об'єднує палички з полярними джгутиками, які мають невисоку здатність окиснювати спирт до оцтової кислоти.

Найбільш поширеними представниками оцтовокислих бактерій є такі види:

✓ *Bact. pasteurianum* – короткі палички, які розвиваються в середовищі з концентрацією етилового спирту 8–9 % і накопичують 6–8 % оцтової кислоти, утворюють зморшкувату плівку;

✓ *Bact. aceti* накопичують тільки 6 % оцтової кислоти;

✓ *Bact. schutzenbachii* можуть утворювати до 12 % оцтової кислоти; саме цей вид оцтовокислих бактерій використовують для промислового виробництва оцту;

✓ *Bact. xylinum* утворюють на поверхні субстрату масивну хрящоподібну плівку. Цей вид бактерій у побуті неправильно називають «чайним грибом» і використовують для отримання в домашніх умовах кислуватого напою із чаю. Він утворює незначну кількість оцтової кислоти (не більше 2 %), натомість ферментує не тільки етиловий спирт, але й цукор.

Оцтовокислі бактерії використовують для отримання столового оцту з етилового спирту. У промисловості переважно використовують так званий «швидкий» спосіб бродіння. Вихідним субстратом для виробництва оцту може слугувати 10 %-й спиртовий розчин, підкислений 1 %-ю оцтовою кислотою, а також виноградні та плодово-ягідні вина. Генератор, в якому відбувається процес у промислових умовах, може працювати без перерви декілька років, якщо робоча культура не буде забруднена шкідниками. До шкідників у процесі виробництва оцту відносять плівчасті дріжджі *Mycoderma* та дикі форми *Bact. xylinum*, що спричиняють переокиснення оцтової кислоти до вуглекислого газу і води. Цим вони завдають великих втрат виробництву, оскільки вихід опту суттєво знижується. Крім того, у генераторі можуть розвиватися оптові вугриці – дрібні (довжиною 1–2 мм) черв'ячки, що живляться оцтовокислими бактеріями. При цьому оцет мутніє і набуває неприємного присмаку. Такий оцет можна очистити пастеризацією з наступною фільтрацією.

Спонтанний розвиток оцтовокислих бактерій може завдавати великої шкоди, спричиняючи скисання вина і пива. З метою попередження скисання таких напоїв необхідно зберігати їх у повністю заповнених бочках. Тоді у бочках не буде кисню, а це означає, що не буде умов для розвитку оцтовокислих бактерій. Якщо ж почалося скисання напоїв, але процес ще не розвинувся активно, напої можна виправити пастеризацією за температури 65°С. Якщо ж розвиток оцтовокислих бактерій виявлено не одразу, а лише тоді, коли напої уже скисли, то такі напої можна використати тільки для виробництва оцту.

Лимоннокисле бродіння. Усі плісняві гриби є облігатними (строгими) аеробами. Багато з них мають здатність окиснювати киснем повітря цукри та деякі інші органічні речовини з утворенням різних кислот: оцтової, молочної, масляної, щавлевої, янтарної, мурашиної, яблучної, лимонної, глюконової та ін.

Широкого практичного використання набуло лише лимоннокисле бродіння.

Лимоннокисле бродіння – процес окиснення цукру до лимонної кислоти в результаті життєдіяльності пліснявих грибів.

Хімізм лимоннокислого бродіння сьогодні остаточно не вивчений. Чимало дослідників вважає, що до утворення піровиноградної кислоти цей процес відбувається так само, як й інші бродіння. Нижче наведена загальна схема перетворення цукру у лимонну кислоту:

$$C_6H_{12}O_2 + 3O_2 \rightarrow 2C_6H_8O_7 + 4H_2O.$$

У промислових умовах як збудник лимоннокислого бродіння найчастіше використовують гриб *Aspergillus niger,* який переважно продукує лимонну кислоту і в невеликій кількості інші кислоти (оцтову, янтарну, фумаролу, яблучну, щавлеву та ін.).

Лимонну кислоту широко використовують у кондитерській промисловості, виробництві безалкогольних напоїв, а також медицині, кулінарії та інших галузях.

Розкладання пектинових речовин і клітковини в аеробних умовах. Аеробне розкладання пектинових речовин і клітковини широко розповсюджене у природі і має важливе значення у мінералізації рослинних решток (залишків). Розкладання пектинових речовин і клітковини в аеробних умовах відбувається під впливом мікроорганізмів, які містять пектолітичні ферменти і целюлазу. Вони спочатку розкладають пектинові речовини і клітковину до цукрів і кислот, а потім окиснюють продукти гідролізу в основному до вуглекислого газу і води.

Збудники аеробного розкладання клітковини були відкриті С. Виноградським і об'єднані у три роди:

✓ рід *Cytofaga* об'єднує зігнуті із загостреними кінцями неспороутворювальні палички, які розкладають клітковину;

✓ рід *Cellvibrio* – довгі, трохи зігнуті палички з полярно розміщеними джгугиками, які окиснюють целюлозу;

✓ рід *Cellfalcicuba* об'єднує короткі із загостреними кінцями палички, які окиснюють целюлозу.

В аеробних умовах пектинові речовини і клітковину розкладають актиноміцети і плісняві гриби з родів *Aspergillus, Penicillium, Cladosporium, Botritis* та ін. У результаті розкладання клітковини та інших рослинних залишків у ґрунті під дією бактерій, грибів та актиноміцетів утворюється перегній.

Целюлозорозкладаючі й пектинорозкладаючі мікроорганізми можуть у разі спонтанного розвитку знижувати якість фруктів, ягід та овочів, руйнуючи стінки клітин і розрихлюючи м'якоть, а також знижувати якість матеріалів, які містять клітковину.

5.4. Розкладання жирів та жирних кислот

Жири – це суміш складних ефірів, гліцерину та одноосновних жирних кислот. Під дією різних факторів зовнішнього середовища і мікроорганізмів жири можуть розкладатися. Розкладання жирів починається переважно з їх гідролізу на гліцерин та жирні кислоти у присутності води і за участі внутріклітинних чи позаклітинних ферментів ліпаз:

$$C_3H_5O_3(RCO)_3 + 3H_2O = C_3H_5(OH)_3 + 3RCOOH.$$

З продуктами гідролізу жирів відбуваються подальші перетворення. Гліцерин використовується мікроорганізмами й окиснюється оцтовокислими бактеріями до діоксиацетону, грибами – повністю до вуглекислого газу і води, маслянокислими бактеріями – з утворенням масляної кислоти.

Жирні кислоти окиснюються значно повільніше, ніж гліцерин. Спочатку вони нагромаджуються у субстраті, а потім можуть сполучатися з лужними металами або іншими основами й утворювати розчинні або нерозчинні у воді нейтральні солі, які називають милами. У зв'язку з цим гідроліз жирів називають омиленням.

Деякі мікроорганізми містять фермент ліпоксигеназу, який каталізує окиснення киснем повітря деяких ненасичених жирних кислот. При цьому утворюються перекиси жирних кислот, які далі окиснюються з утворенням проміжних продуктів, таких як альдегіди, кетони, кетокислоти, оксикислоти та ін. Вони надають жиру, що окиснюється, прогірклого смаку та неприємного запаху. Поступово окиснюючись під дією різних мікроорганізмів, жирні кислоти перетворюються у вуглекислий газ і воду.

Енергійно розкладають жири мікрококи, спороутворювальні й неспороутворювальні паличкоподібні бактерії, деякі плісняві гриби, дріжджі, актиноміцети. Збудником розкладання жирів є бактерії роду *Pseudomonas* – аеробні, рухливі (монотрихи), неспороутворювальні, грамнегативні палички, пігментоутворювальні й флуоресціювальні бактерії, такі як *Bact. prodigiosum, Bact. pyoceaneum, Bact. fluorescens liguefadens* тощо. Із пліснявих грибів здатністю гідролізовувати жири зазначаються *Cladosporiun herbarum, Oidium lactis*, гриби з родів *Aspergillus, Penicillium.* Встановлено, що під час розкладання жиру за рахунок окиснення високомолекулярних жирних кислот грибом *Aspergillus niger* утворюється щавелева кислота. Багато мікроорганізмів, які розщеплюють жири, здатні розвиватися за низьких температур, тобто є психрофілами.

Мікроорганізми, які окиснюють жири, наносять значної шкоди в галузях економіки, викликають псування жирів і продуктів, що містять жири: молочних, рибних, крупів, консервів, харчових концентратів, м'ясних та ін.

5.5. Процеси гниття

Гниття – це складний, багатоступеневий процес розкладання білкових речовин до кінцевих продуктів розпаду в результаті життєдіяльності гнильних бактерій. Гнильні процеси постійно відбуваються у природі і виникають переважно у багатих на білки харчових продуктах, промислових матеріалах і товарах, зумовлюючи їх псування.

Білки – складні органічні речовини, різні за будовою і властивостями. Процес гниття починається з розкладання білків під впливом протеолітичних ферментів, які виділяються мікроорганізмами у навколишнє середовище. Первинними продуктами гідролізу є пептони і поліпептиди, які розщеплюються далі до амінокислот. Амінокислоти мінералізуються до вуглекислого газу, аміаку, води, сірководню, водню.

Такі білки, як нуклеопротеїди, під впливом гнильних бактерій розщеплюються на білковий комплекс, що розкладається до

амінокислот, та нуклеїнові кислоти, які розпадаються на фосфорну кислоту, вуглеводи і суміш азотовмісних основ.

Амінокислоти безпосередньо використовуються мікроорганізмами на синтез клітини або підлягають різним перетворенням: гідролітичному й окисному дезамінуванню та дезамінуванню з утворенням ненасичених сполук.

Гідролітичне дезамінування амінокислот відбувається за участі дегідрогеназ і супроводжується утворенням оксикислот та аміаку:

$$RCHNH_2 + H_2O \rightarrow RCHOHCOOH + NH_2.$$

Окисне дезамінування є найбільш поширеною реакцією відщеплення аміаку від амінокислот, у результаті якої утворюються кетокислоти й аміак:

$$RCHNH_2COOH + 1/2O_2 \rightarrow RCOCOOH + NH_2.$$

Іноді окисне дезамінування супроводжується декарбоксилюванням (відщепленням карбоксильної групи):

$$RCHNH_2COOH + O_2 \rightarrow RCOOH + NH_2 + CO_2.$$

У разі відновленого дезамінування утворюються карбонові кислоти й аміак:

$$RCHNH_2COOH + 2H \rightarrow RCH_2COOH + NH_2.$$

У процесі мінералізації окремих амінокислот утворюються проміжні речовини – різні азотні і безазотні органічні сполуки (органічні кислоти, спирти, аміни та ін.). Із діаміномонокарбонових кислот утворюються діаміни, які мають токсичні властивості. Так, з лізину в результаті декарбоксилювання (відщеплення вуглекислого газу) утворюється кадаверин, а з орнітину – путресцин:

$$NH_2(CH_2)_4CHNH_2COOH \rightarrow NH_2(CH_2)_5NH_2 + CO_2;$$

$$NH_2(CH_2)_3CHNH_2COOH \rightarrow NH_2(CH_2)_4NH_2 + CO_2.$$

Кадаверин, путресцин та інші подібні органічні основи, що утворюються в процесі гниття, об'єднані загальною назвою – птомаїни (трупні отрути). Особливо багато птомаїнів накопичується, коли гниття проходить в анаеробних умовах. Вони можуть бути причиною отруєння, оскільки містять отруйні алкалоїди.

У процесі розпаду ароматичних амінокислот утворюються характерні продукти гниття: фенол, крезол, скатол та індол, яким теж притаманні токсичні властивості й досить неприємний запах.

У разі розкладу сірковмісних амінокислот утворюються сірководень або його похідні меркаптани, які мають неприємний запах тухлих яєць. У побуті гниття завжди пов'язують із появою неприємного запаху.

До групи гнильних входить значна кількість різних видів бактерій. Вони широко розповсюджені в природі, завжди містяться в повітрі й ґрунті, де є різні залишки рослинних і тваринних організмів. Серед гнильних бактерій зустрічаються спороутворювальні й неспороутворювальні, рухливі й нерухливі, аеробні й анаеробні (більшість аероби). Усі гнильні бактерії мають паличкоподібну форму.

Найчастіше зустрічаються такі види гнильних бактерій: протей *(Bact. proteus vulgaris),* картопляна паличка *(Bac. mesentericus),* сінна паличка *(Bac. subtilis)*, *Bac. mycoides, Pseudomonas*, *Bac. putrificum*, *Bac. sporogenes*, *Bacterium prodigiosum*, *Bacterium fluorescens.*

Крім бактерій, білки розкладають деякі актиноміцети та різні плісняві гриби: *Alternaria, Aspergillus, Cladosporium, Trichodema* та ін.

У зв'язку з широким розповсюдженням гнильних бактерій багаті білковими речовинами продовольчі товари і страви досить швидко можуть піддаватися гнильному псуванню, якщо вони зберігаються в умовах, що не захищають їх від розвитку мікроорганізмів. Отже, у виробництві харчових продуктів та під час їх зберігання гнильні мікроорганізми є шкідниками, що призводять до псування цих товарів. Під впливом гнильних мікроорганізмів псуються також шкіри тварин та інші багаті білками матеріали.

Але в природі гнильні мікроорганізми мають велике позитивне значення. Вони є невидимими помічниками людини в сільському господарстві. Розкладаючи органічні залишки тваринного й рослинного світу (різні білкові речовини) в ґрунті, гнильні бактерії збагачують ґрунт мінеральним азотом, а повітря – вуглекислим газом, і таким чином готують поживні речовини для рослин.

5.6. Роль мікробіологічних процесів у кругообігу речовин у природі

У першу чергу, необхідно зазначити, що повсюдність поширення і сумарна потужність метаболічного потенціалу мікроорганізмів визначають їх найважливішу роль у кругообігу речовин і підтриманні динамічної рівноваги в біосфері Землі.

Певна річ, мікроорганізми становлять мікросвіт, і від їх діяльності в багатьох випадках залежить якість життя макросвіту (рослин, тварин та людини). У кругообігу речовин у природі мікроорганізми виступають деструкторами (на відміну від рослин – продуцентів і тварин – консументів). Це означає, що відмерлі рештки рослин і тварин зазнають мікробіологічного розкладання, в результаті якого органічні речовини перетворюються на мінеральні, неорганічні сполуки; процес називається мінералізацією.

Кругообіг речовин у природі – це процес синтезу і розпаду органічних речовин. Первісний синтез органічних речовин у природі здійснюється зеленими рослинами. Вони засвоюють вуглець з повітря (у вигляді вуглекислого газу), а азот (у вигляді азотнокислих солей) і воду – із ґрунту. З цих простих мінеральних речовин рослини синтезують білки, жири і вуглеводи.

Тварина та людина нездатні синтезувати органічні речовини з мінеральних. Тому їм потрібні готові органічні сполуки, які вони отримують, споживаючи продукти рослинного й тваринного походження. Залишки тварин і рослин потрапляють у ґрунт, де під впливом гнильних бактерій та інших мікроорганізмів відбувається їхня мінералізація. У результаті в ґрунт повертаються джерела мінерального азоту, а повітря поповнюється вуглекислим газом. Таким чином, рослини знову отримують матеріал для

побудови органічних речовин. Якби не було мікроорганізмів, запаси вуглекислого газу в повітрі та мінерального азоту в ґрунті давно були б вичерпані. Рослинам не було б з чого синтезувати органічні речовини, тваринам не було б чим живитись і життя на планеті зупинилося б.

Питання для самоконтролю

1. Збудниками яких біохімічних процесів є мікроорганізми?
2. Загальна характеристика типового бродіння.
3. Основні та побічні продукти бродіння.
4. Спиртове бродіння.
5. Молочнокисле бродіння.
6. Маслянокисле бродіння.
7. Пропіоновокисле бродіння.
8. Ацетонобутилове бродіння.
9. Ацетоноетилове бродіння.
10. Бродіння пектинових речовин та клітковини.
11. Аеробні процеси, збудниками яких є мікроорганізми: хімізм, характеристика збудників, використання у біотехнології.
12. Розкладання пектинових речовин в анаеробних і аеробних умовах.
13. Розкладання жирів і жирних кислот під впливом мікроорганізмів.
14. Процеси гниття: хімізм, характеристика збудників.
15. Роль мікробіологічних процесів у кругообігу речовин у природі.

РОЗДІЛ 6
ПОШИРЕННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ У НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ

6.1. Мікрофлора ґрунту

Ґрунт – особливе природне утворення, яке поєднує властивості живої та неживої природи. Він сформувався у процесі тривалого перетворення верхніх шарів літосфери за впливу гідросфери, атмосфери й живих організмів. Ґрунт відіграє важливу роль у збереженні біорізноманіття нашої планети, у подальшому розвитку людської цивілізації та забезпеченні її екологічно стабільного існування.

Основоположником учення про ґрунт був російський учений В. В. Докучаєв (1846-1903). Його вчення стало теоретичною основою сучасного ґрунтознавства. Надалі вчення про ґрунт розвивали К. Д. Глінка, П. А. Костичев, В. Р. Вільямс, М. М. Сибірцев та ін. Значний внесок у розвиток ґрунтової мікробіології внесли П. А. Костичев, який вивчав розкладання рослинних залишків у ґрунті за участі мікроорганізмів, їхню роль в утворенні гумусу та родючості ґрунтів; В. Р. Вільямс (1863–1939), який встановив, що родючість виникає унаслідок взаємодії біосфери та літосфери, і започаткував біологічний напрям у ґрунтознавстві.

Останнім часом учені приділяють значну увагу зміні ґрунтотворних процесів за впливу окультурення, ролі мікроорганізмів у розкладанні органічних решток ґрунту й утворенні *гумусу,* а також екологічним питанням, пов'язаним із забрудненням ґрунту продуктами життєдіяльності людини. Домінуюче становище, яке займає ґрунт у наземних екосистемах, робить оцінку наслідків його забруднення досить важливою.

Ґрунт є середовищем, від якості якого значною мірою залежить санітарний стан довкілля (атмосферне повітря, водні джерела), а також рослин, що впливає на здоров'я людини. Санітарно-епідемічне благополуччя територій і населених пунктів забезпечує система державних стимулів та регуляторів, спрямованих на

суворе дотримання санітарно-гігієнічних і санітарно-протиепідемічних правил та норм, комплекс спеціальних санітарно-гігієнічних і санітарно-протиепідемічних заходів та організацію державного санітарного нагляду за станом ґрунтів.

Згідно зі статтею 14 Конституції України земля є основним національним багатством, що перебуває під особливою охороною держави. Це положення Основного Закону держави відображено і деталізовано у Земельному кодексі України, Законі України «Про охорону земель», Законі України «Про землеустрій», Державних санітарних правилах планування та забудови населених пунктів, Державних санітарних правилах та нормах «Гігієнічні вимоги щодо облаштувань і утримання кладовищ в населених пунктах України» ДСанПіН 2.2.2.028-99», наказі Міністерства охорони здоров'я України «Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів», наказі Міністерства охорони здоров'я України «Про затвердження Державних санітарних норм та правил утримання територій населених місць», ДСТУ 4976:2008 «Комплекс стандартів у сфері охорони ґрунтів. Основні положення» тощо.

Ґрунт є складним біоорганомінеральним комплексом, унікальним природним середовищем, яке забезпечує сприятливі умови для розвитку й життєдіяльності мікроорганізмів, і разом з тим найбільше змінюється за їхнього впливу. Він містить необхідні поживні речовини та має достатню кількість вологи; має значення pH і Eh, які забезпечують розвиток різних фізіологічних груп організмів. Ґрунтове повітря містить гази, які забезпечують розвиток аеробних, факультативно-анаеробних і анаеробних мікроорганізмів. Ґрунт має певну температуру, сприятливу для розвитку психрофільних, мезофільних і термофільних мікроорганізмів.

Важливою особливістю ґрунту як середовища існування мікроорганізмів виступає його гетерогенність. Мікрозони розділені тут у просторі та часі, тому у ґрунті є велика кількість екологічних ніш. Завдяки мікрозональності у ґрунті можуть одночасно відбуватися різні, іноді несумісні процеси аеробні й анаеробні, автотрофні та гетеротрофні.

Одні мікроорганізми розташовуються на поверхні ґрунтових агрегатів, інші займають внутрішньоагрегатний простір. І в першому, і в другому випадку вони можуть міститись у ґрунтовому розчині, який заповнює проміжки між агрегатами у плівковій воді (у вільному стані або адгезованими на поверхні твердих частинок), у капілярах (у вільному або прикріпленому стані), між агрегатами або всередині них. При цьому бактерії заселяють ґрунтові агрегати будь-яких розмірів, а міцеліальні форми (актинобактерії та гриби) – більш великі агрегати, пронизуючи їх. Механізм адгезії мікроорганізмів на частинках ґрунту різноманітний і зумовлений синтезом капсул та специфічних ферментів, зміною зарядів і гідрофобності клітин, формуванням фімбрій тощо. Адгезія мікроорганізмів – необхідна умова для здійснення таких процесів, як руйнування складних полімерних сполук (целюлози, лігніну), а також вуглеводів. Вона запобігає вимиванню клітин, збільшує стійкість мікроорганізмів до дії несприятливих факторів зовнішнього середовища, сприяє збереженню постійного складу мікробіоти ґрунту.

Мікробоценоз ґрунту різноманітний і залежить від його структури, хімічного складу, аерації, освітлення, наявності вологи, поживних речовин тощо. На його чисельний і якісний склад впливають кліматичні фактори, пори року, характер рослинного покриву, методи обробки ґрунту, глибина. Чисельність мікроорганізмів у ґрунті коливається в досить широких межах. Вміст мікроорганізмів в 1 г ґрунту, згідно з даними Є. М. Мішустіна, сягає мільярдів клітин. На думку Р. Тейта, в 1 г ґрунту міститься близько 4 000 видів мікроорганізмів. Маса мікроорганізмів ґрунту сягає кількох десятих відсотка від його загальної маси. Від 0,1 до 1,0 % органічної речовини ґрунту представлено клітинами різних видів мікроорганізмів.

Функціонально мікробоценоз ґрунту (гриби і бактерії) можна умовно розподілити на декілька груп:

1. Сапрофітні мікроорганізми, які розкладають органічні речовини рослинного і тваринного походження. Це переважно бактерії родів *Mycobacterium, Pseudomonas, Arthrobacter, Cytophaga, Cellvibrio,* спороутворювальні бактерії родів *Bacillus,*

Clostridium, актинобактерії, гриби. С. Виноградський назвав їх «зимогенними» (від гр. *zyme* – закваска).

2. Мікроорганізми, здатні розкладати органічні речовини. В основному це бактерії родів *Nocardia, Arthrobacter, Pseudomonas.* За С. Виноградським, автохтонні (від гр. *khthonos* – ґрунт).

3. Оліготрофні мікроорганізми, здатні асимілювати легкодоступні органічні сполуки з розчинів досить низької концентрації. Ці мікроорганізм беруть участь у мінералізації решток органічних сполук, в основному розкладених сапротрофами. До таких мікроорганізмів належать простекобактерії, спірохети та ін.

4. Хемолітоавтотрофні мікроорганізми, здатні отримувати енергію окисненням мінеральних речовин (нітрифікуючі, водневі, сіркові бактерії тощо).

Поверхневий шар ґрунту бідний на мікроорганізми. Це зумовлене постійною дією ультрафіолетових променів і висушуванням. Найбільшу кількість мікроорганізмів виявляють у верхньому (орному) шарі ґрунту на глибині 5–15 см. У кислих ґрунтах, навпаки, багатшими на мікроорганізми є середні шари. На глибині 25 см їх кількість у 10–20 разів менша. У глибоких шарах (понад 1,5 м) трапляються поодинокі мікробні клітини, вони також є в артезіанській воді.

Розподіл мікроорганізмів за ґрунтовим профілем відповідає вмісту в них органічних речовин. Основна маса мікроорганізмів локалізована у верхніх, багатих на органічні речовини горизонтах ґрунту. Углиб за ґрунтовим профілем чисельність мікроорганізмів помітно знижується, причому різко, залежно від типу ґрунту. На розподіл мікроорганізмів за ґрунтовим профілем суттєвий вплив має ризосфера рослин, що є для них одним із джерел поживних речовин.

Чисельність мікроорганізмів залежить від типу ґрунту. В одному грамі чорнозему міститься декілька мільярдів клітин мікроорганізмів, у підзолі – від 300 млн до 2 млрд, у піщаних ґрунтах – до 100 тис. У ґрунтах, де відбуваються інтенсивні процеси мінералізації, широко розповсюджені спороутворювальні бактерії, здатні засвоювати як органічний, так і мінеральний нітроген *(B. subtilis, B. megaterium).*

Чисельність і якісний склад мікроорганізмів у ґрунті залежить також від пори року. Майже в усіх типах ґрунтів різке збільшення чисельності й фізіологічної активності мікроорганізмів спостерігається навесні. У ґрунтах південної зони в сезон гарячого та посушливого літа чисельність мікроорганізмів різко зменшується. За цих умов багато мікроорганізмів переходять у стан анабіозу і практично не беруть участі у процесах трансформації речовин. У ґрунтах північної зони за умов достатнього зволоження сезонні коливання чисельності мікроорганізмів виражені менш різко. Тут значно менше спороутворювальних бактерій і актинобактерій порівняно з південними регіонами.

На сезонну динаміку чисельності мікроорганізмів у ґрунті впливають не лише вологість і температура, але й фаза розвитку рослин, накопичення мікробних метаболітів тощо. Тому, крім сезонних коливань чисельності мікроорганізмів, у ґрунті спостерігають зміни чисельності і структури мікробних угруповань за відносно короткі проміжки часу – місяці, тижні та навіть доби.

Постійним компонентом ґрунтового мікробного ценозу є бактерії *B. subtilis, B. cereus*, *P. fluorescens*, *P. aeruginosa*, *C. sporogenes*, C. *putrificus*, *P. vulgaris,* актинобактерії, гриби, у меншій кількості – водорості, дріжджі, бактеріофаги.

У ґрунті мікроорганізми здатні реалізувати гетеротрофний (вільноживучі гриби ґрунту, ризосфери вищих рослин) та біотрофний (паразити рослин і тварин) способи живлення. Мікроорганізми відіграють важливу роль у кругообігу речовин у природі, трансформуючи численні органічні та неорганічні сполуки. У неокультурених ґрунтах, особливо в ризосфері, вони займають чільне місце у ґрунтовій біоті.

Мікроорганізми ґрунту – це не інертна маса клітин, а фонд біологічно важливих елементів для рослин, джерело поживних речовин і акумулятор енергії в біогеоценозах, трансформатор речовин у природі. На думку В. І. Вернадського, організми – найбільш могутній фактор ґрунтоутворення.

У ґрунті виявляють мікроорганізми з різними способами використання енергії, різними типами живлення: оліготрофи (мікроорганізми, що розвиваються за рахунок мінімальних

концентрацій органічних речовин у ґрунті), олігонітрофіли (мікроорганізми, що потребують мінімальної концентрації органічних нітрогеновмісних речовин) і олігокарбофіли (мікроорганізми, які засвоюють залишкові органічні карбоновмісні сполуки).

Різноманітні за хімічним складом органічні речовини рослин мінералізують бактерії родів *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Cytophaga*, *Mycobacterium*, *Bacillus*, *Clostridium*, актинобактерії, гриби родів *Penicillium*, *Fusarium*, *Mucor, Aspergillus* тощо. У ґрунті виявляють групи бактерій, які розщеплюють білки, вуглеводи, лігнін, пектини й інші органічні речовини. У родовищах нафти домінують бактерії, здатні асимілювати парафіни і трансформувати частину нафти в густу асфальтоподібну масу, що може закупорювати природні резервуари нафти.

Значна роль мікроорганізмів полягає і в руйнуванні та новоутворенні мінералів. Вона пов'язана перш за все з мікробними циклами калію, феруму, алюмінію, фосфору та сульфуру. Руйнування та синтез мінералів забезпечують залучення елементів у біологічний кругообіг і його взаємодію з великим геологічним кругообігом речовин. Основну роль у деструкції мінералів відіграють нітрифікуючі й тіонові бактерії, актинобактерії, гриби.

Мікроорганізми є надзвичайно важливим фактором родючості ґрунту, яку оцінюють за вмістом у ґрунті гумусу. Гумус формується з речовин, які надходять у ґрунт завдяки життєдіяльності рослин, водоростей, хемо- й автотрофних мікроорганізмів. Продукти розпаду органічних речовин (феноли, хінони, ароматичні альдегіди, пептиди, амінокислоти, уронові кислоти тощо) використовуються мікроорганізмами у процесах синтезу гумусу (перегною), який є комплексом складних високомолекулярних сполук (гумусові кислоти, гуміни та прогумінові речовини).

Мікроорганізми ґрунту забезпечують кругообіг сполук нітрогену. Нітроген є необхідним для всього живого хімічним елементом. Він входить до складу амінокислот, нуклеїнових кислот і ферментів; міститься в усіх складових частинах біосфери: у живій речовині тварин і рослин, в органічних рештках. Рослини здебільшого використовують мінеральні сполуки нітрогену,

тварини – органічні. Мікроорганізми здатні використовувати як органічний, так і неорганічний нітроген, переводячи його з однієї форми в іншу в результаті метаболізму. Мінеральні форми нітрогену входять до складу органічних речовин мікробної клітини та клітин рослинних організмів. Кругообіг нітрогену відбувається в декілька етапів.

Амоніфікація (гниття) – це процес розщеплення азотовмісних органічних сполук з утворенням аміаку, внаслідок якого наша планета звільняється від продуктів рослинного, тваринного і мікробного походження. Амоніфікацію здійснюють більшість мікроорганізмів, які синтезують протеолітичні ферменти (*P. vulgaris, P. aeruginosa, P. fluorescens, B. subtilis, C. tetani, C. sporogenes* та інші), а також гриби. У процесі їхньої життєдіяльності частина складних органічних нітрогеновмісних речовин запасається в ґрунті у вигляді гумусу.

Нітрифікація – мікробний процес окиснення аміаку до нітритів і нітратів. Аміак, який утворюється за умови розщеплення органічних речовин, досить швидко окиснюється до нітритної, а потім нітратної кислоти. Цей процес відбувається у дві фази: спочатку амонійні сполуки окислюються однією групою бактерій до нітритної кислоти, яка іншою групою бактерій окиснюється до нітратної. Першу фазу нітрифікації здійснюють нітрозобактерії родів *Nitrosomonas, Nitrosocystis, Nitrosolobus, Nitrosospira, Nitrosovibrio.* У другій фазі нітрифікації нітритну кислоту окислюють бактерії родів *Nitrobacter, Nitrospira, Nitrococcus*.

Денітрифікація – процес відновлення нітритів і нітратів денітрифікувальними бактеріями до вільного нітрогену. Цей процес небажаний для сільського господарства, оскільки призводить до часткового винесення (приблизно 20 %) нітрогену із ґрунту.

Унаслідок асиміляційної денітрифікації нітрати відновлюються до аміаку, який використовується як джерело нітрогену для побудови компонентів клітин мікроорганізмів. Збудниками прямої асиміляційної денітрифікації є бактерії родів *Pseudomonas (P. aeruginosa, P. fluorescens, P. stutzeri), Paracoccus (P. denitrificans).* Денітрифікацію можуть здійснювати і термофільні бактерії роду *Bacillus*.

Дисиміляційну денітрифікацію, у якій кінцевими продуктами відновлення нітратів є молекулярний азот, оксид нітрогену (I) або оксид нітрогену (II), здійснюють хемоорганогетеротрофні бактерії родів *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Corynebacterium* та ін.

Азотофіксація (діазотрофія) – процес засвоєння бактеріями сполук нітрогену з атмосферного повітря. Фіксування азоту здійснюють бактерії, які перебувають у симбіозі з рослинами (симбіотичні), та вільноживучі діазотрофи. Здатність до фіксування нітрогену виявлена у багатьох бактерій (роди *Azotobacter*, *Clostridium, Azomonas, Aerobacter, Achromobacter*, *Klebsiella, Rhizobium*, ціанобактерії).

Загальна планетарна продуктивність мікробної фіксації нітрогену становить від 270 до 330 млн т/рік, бобові культури за допомогою бульбочкових бактерій фіксують і накопичують у ґрунтах від 60 до 300 кг нітрогену на гектар за вегетаційний період.

Мікроорганізми ґрунтів чутливі до антропогенного впливу. Вони є хорошими індикаторами забруднення навколишнього середовища. Так, за складом мікробоценозу, який переважно виявляють (або, навпаки, не виявляють) на певній території, можна визначити не тільки ступінь забруднення, але і його вид (яка саме забруднювальна речовина переважає на цій ділянці). Найстійкішими до забруднення є ціанобактерії роду *Cyanophyta* і зелені водорості.

Забруднені господарсько-побутовими відходами ґрунти можуть становити потенційну загрозу в епідеміологічному сенсі. Припускають пряму залежність між рівнем захворюваності населення шлунково-кишковими інфекціями та незадовільним санітарним станом ґрунту. Тут можуть бути збудники правцю, газової гангрени, бруцельозу, сибірської виразки, ботулізму, шлунково-кишкових хвороб. Ці мікроорганізми потрапляють у ґрунт з органічними викидами, стічними водами. Недостатньо налагоджене очищення відходів спричиняє постійне забруднення ґрунту аж до його глибоких шарів. Дощові й талі води, що проходять крізь забруднений ґрунт, виносять розчинні органічні речовини разом із патогенами у нижче розміщені ґрунтові шари й ґрунтові води.

Патогенні мікроорганізми зазвичай у ґрунті не живуть, але можуть зберігати свою життєздатність тривалий час. Найчастіше тут виявляють спороутворювальні бактерії *B. anthracis, C. tetani* C. *botulinum*. Вони потрапляють у ґрунт з виділеннями людини і тварин або з трупами загиблих тварин, можуть у ньому зберігатись у фазі спор тривалий час, а за сприятливих умов починають розмножуватися.

Видовий спектр неспороутворювальних мікроорганізмів представлений бактеріями родів *Salmonella, Shigella, Vibrio, Brucella, Francisella, Mycobacterium, Leptospira, Pseudomonas.* Причиною виникнення інфекцій може стати ґрунт, контамінований ентеровірусами, вірусом ящура, актинобактеріями тощо.

Ґрунт є несприятливим середовищем для розмноження більшості патогенних видів бактерій, грибів, вірусів, найпростіших, хоча деякі збудники інфекційних захворювань можуть виживати у ґрунті тривалий час. Відмирання патогенних бактерій у ґрунті зумовлене відсутністю необхідних поживних речовин, антагонізмом ґрунтових мікроорганізмів, дією сонячних променів. Тривалість виживання патогенних мікроорганізмів у ґрунті різна. Збудники кишковотифозної групи зберігаються у ґрунті відносно недовго (від кількох діб до місяця і навіть до 300–400 днів), натомість спороутворювальні бактерії можуть зберігатися декілька десятків років.

Санітарний стан ґрунту – це сукупність його фізичних, фізико-хімічних і біологічних властивостей, що визначають безпеку ґрунту в епідемічному і хімічному аспектах. Оцінка санітарного стану ґрунту, рівня його забруднення і ступеня небезпеки для здоров'я людей ґрунтується на результатах лабораторних досліджень: санітарно-фізичних, санітарно-хімічних, фізико-хімічних, санітарно-мікробіологічних, санітарно-гельмінтологічних, санітарно-ентомологічних і радіометричних. Комплекс критеріїв, що дає змогу оцінити якість ґрунту, називають показниками санітарного стану ґрунту. Санітарно-мікробіологічні дослідження є важливим показником санітарно-гігієнічної характеристики ґрунту. Цілями санітарно-мікробіологічного дослідження ґрунту є:

- ✓ детальна характеристика санітарного стану ґрунту;

✓ визначення придатності досліджуваної ділянки для будівництва житла і водопровідних споруд, а також для облаштування місць відпочинку та дитячих майданчиків;

✓ охорона водозабірних територій;

✓ визначення санітарного стану ґрунту, забрудненого отрутохімікатами;

✓ контроль роботи споруд, у системі яких ґрунт відіграє роль головного чи додаткового фактора очищення (поля фільтрації, зрошення, асенізації, біотермічні методи знешкодження відходів тощо);

✓ санітарна оцінка місць колективного відпочинку (наприклад, пляжів);

✓ оцінювання ефективності реабілітаційних і санітарно-природоохоронних заходів;

✓ оцінювання процесів самоочищення ґрунту;

✓ епідеміологічні дослідження з метою з'ясування шляхів інфікування і термінів виживання патогенних мікроорганізмів.

Санітарно-мікробіологічні дослідження ґрунту проводять з метою попереджувального, поточного санітарного нагляду або за епідемічними показами (під час розслідування причин спалахів інфекційних захворювань і наслідків екологічних аварій). У разі короткого аналізу встановлюють загальну кількість мікроорганізмів – загальне мікробне число (далі – ЗМЧ), кількість бактерій групи кишкових паличок (далі – титр БГКП), титри ентерококів, *C. perfringens* і термофільних мікроорганізмів. У процесі повного аналізу, крім названих показників, визначають ще загальну кількість і відсоток спор, кількість КУО актинобактерій, грибів, аеробних целюлозоруйнувальних і амоніфікувальних бактерій. За певних епідеміологічних ситуацій необхідно виявляти й патогенні мікроорганізми (табл. 6.1). Для визначення давності фекального забруднення ґрунту визначають наявність санітарно-показових мікроорганізмів.

Оцінку ступеня забруднення ґрунту проводять визначенням загальної мікробної кількості й кількісного аналізу основних індикаторних мікроорганізмів (табл. 6.2).

Таблиця 6.1

Схема санітарно-мікробіологічного дослідження ґрунту

Вид аналізу	Зміст аналізу
Короткий аналіз	БГКП, ЗМЧ Термофільні мікроорганізми Титр ентерокока Титр *C. perfringens*
Повний аналіз	Короткий аналіз Загальна кількість і відсоток спор Кількість актинобактерій і грибів Целюлозоруйнуючі мікроорганізми Амоніфікатори
Індикація і виділення патогенних мікроорганізмів	Виявлення бактерій роду *Salmonella* у ґрунті Індикація і виділення бактерій роду *Clostridium* Виявлення *B.anthracis* Санітарно-вірусологічні дослідження

На основі значної кількості досліджень оцінюють санітарний стан ґрунту за мікробіологічними показниками. Ґрунт вважають чистим, якщо його колі-індекс не перевищує 1 000, а кількість термофільних бактерій перебуває в межах 100–1 000.

Таблиця 6.2

Санітарно-мікробіологічна оцінка ґрунту

Характеристика ґрунту	ЗМЧ	Титр БГКП	Перфрінгенс-титр	Кількість термофільних бактерій в 1 г
Чистий	$> 5 \times 10^5$	1,0 і більше	1,0 і більше	10^2–10^3
Помірно забруднений	$< 5 \times 10^6$	0,9–0,1	0,009–0,0001	10^3–10^5
Сильно забруднений	5×10^6	0,0009 і менше	0,00009 і менше	10^5–$4{,}0 \times 10^6$

Наявність *E. coli* у титрах 0,9 і нижче свідчить про свіже фекальне забруднення, бактерії родів *Citrobacter* і *Enterobacter* – на несвіже, а *C. perfringens* – на давнє фекальне забруднення.

Одночасно можуть бути виявлені низькі титри *C. perfringens* і нітрифікуючі бактерії. Проте варто пам'ятати, що на початку органічного забруднення нітрифікуючих мікроорганізмів може бути мало, бо для їхнього розмноження необхідний певний час. У процесі самоочищення ґрунту на різних його етапах спостерігають різні кількісні співвідношення цих показників. Так, *E. coli* відмирає швидше, тому за порівняно високих її титрів титри *C. perfringens* і нітрифікуючі бактерії залишаються низькими. Це означає, що у ґрунті інтенсивно відбуваються процеси самоочищення і від патогенних мікроорганізмів, і від органічного забруднення.

Високий титр *E. coli* (1,0 і більше) за низьких титрів інших показників (*C. perfringens*, нітрифікуючі і термофільні бактерії) характеризує ґрунт як вільний від збудників кишкових інфекцій, проте процеси розщеплення і мінералізації органічних речовин у ньому ще не закінчились. Важливо, що чисельність кишкової палички є надійним індикатором і фекального забруднення ґрунту, і забруднення його хімічними речовинами. Високі титри всіх показників свідчать про завершені процеси самоочищення та характеризують ґрунт як чистий, вільний від патогенних ентеробактерій і органічних забруднень. Усі ці моменти мають значення не лише у визначенні фактичного санітарного стану ґрунту досліджуваних територій, але й для з'ясування стадії самоочищення, встановлення термінів поливу, підживлення ґрунту гноєм тощо. Забруднення ґрунту гноєм і компостами свідчить про підвищений вміст у ньому термофілів (понад 1 000 КУО в 1 г ґрунту). Особливо небезпечним у санітарному аспекті є забруднення ґрунту відходами тваринництва.

6.2. Мікрофлора води

Вода – унікальна речовина на нашій планеті, що за звичайних умов температури і тиску може перебувати у трьох агрегатних станах: твердому, рідкому й газоподібному. Покриваючи дві третини поверхні Землі, вона впливає на всі процеси, які відбуваються на планеті, є необхідною умовою і складовою частиною

життя. Здоров'я та благополуччя людей значною мірою залежить від стану водних ресурсів.

Видатна роль у вивченні властивостей води належить відомому вченому, першому президентові Української Академії наук В. І. Вернадському. У своїй праці «Історія мінералів земної кори» вчений присвятив окремий розділ під заголовком «Історія природних вод» особливій ролі води в існуванні нашої планети. Вода визначає всю хімію земної кори, всю біосферу, формує клімат і термодинаміку атмосфери. Волога є навіть у камінні та вогняній магмі. «Не тільки земна поверхня, – зазначав учений, – але й глибокі у масштабі біосфери частини планети визначаються у найбільш істотних своїх проявах її існуванням і її властивостями».

Індустріально-техногенна цивілізація, загострившись екологічні проблеми, привела людство до усвідомлення того, що найбільш уразливою частиною природи є людина, а найважливішою складовою неорганічної природи – водні об'єкти.

За походженням води поділяють на:

- ✓ прісні поверхневі води (води річок, струмків, озер, ставків і водосховищ);
- ✓ підземні;
- ✓ ґрунтові, артезіанські (міжпластові);
- ✓ атмосферні (дощ, сніг);
- ✓ морські води.

Відкриті водойми дедалі частіше використовують як джерела водопостачання. Це пояснюють тим, що величезні потреби у воді в сучасних великих містах не можуть забезпечитися підземними водами, а також станом розвитку і вдосконаленням техніки очищення та знезараження води. Зважаючи на гігієнічну характеристику джерел водопостачання, насамперед потрібно орієнтуватися на напірні, міжпластові (артезіанські) води. У разі відсутності можливості їх підняти використовують інші у такому порядку: а) міжпластові безнапірні води, у тому числі джерельні; б) ґрунтові води; в) води відкритих водойм.

Вода є природним середовищем існування різноманітних мікроорганізмів. У воді річок, відкритих водойм, морів, океанів виявляють представників усіх таксономічних груп мікроорганізмів.

Мікробоценоз і гігієнічна характеристика води відрізняються залежно від її походження та використання. Для господарсько-питного водопостачання можуть використовуватися міжпластові, ґрунтові, підземні води, досить добре захищені від мікробного забруднення шаром ґрунту. Мікробоценоз підземних вод нечисленний, а в артезіанських свердловинах в 1 $см^3$ води є лише поодинокі бактерії. Більш широко використовують для водопостачання відкриті поверхневі водойми.

Мікробоценоз водойм визначають особливості водного середовища. З екологічної точки зору всю мікробіоту водойми можна розподілити на дві групи: автохтонну й алохтонну, яка потрапляє у результаті забруднення.

Автохтонна мікробіота – це мікроорганізми, що живуть і розмножуються у воді: *Micrococcus candicans, M. roseus, Sarcina lutea, Pseudomonas fluorescens;* представники роду *Leptospira.* З меншою частотою у чистих незабруднених водоймах виявляють *Serratia marcescens*, *Bacillus cereus*, *B. mycoides*, *Chromobacterium violaceum*, бактерій роду *Clostridium* тощо.

Кількісні співвідношення мікроорганізмів у воді відкритих водойм коливаються від кількох десятків чи сотень до мільйонів у 1 $см^3$, що залежить від типу водойми, ступеня її забруднення, сезону тощо. Варто пам'ятати, що у воді водойми можуть міститися речовини, які перешкоджають розмноженню мікроорганізмів і навіть чинять на них згубний вплив. Наприклад, сірководень або сульфатна кислота, що утворюються внаслідок життєдіяльності одних бактерій, несприятливо впливають на інші мікроорганізми. Мікробоценоз водойми залежить також і від видового складу й чисельності інших живих істот. Так, бактеріофаги, найпростіші знищують мільйони (мільярди) бактерій.

У прибережній зоні та на дні водойми виявляють велику кількість мікроорганізмів, що зумовлено постійним потраплянням бактерій із ґрунту берега з дощовою водою, з поверхневим стоком, тому мікробоценоз будь-якої поверхневої водойми періодично змінюється й оновлюється. На більшій відстані від берегів у воді міститься невелика кількість мікроорганізмів.

Мікроорганізми води відіграють значну роль у кругообігу речовин у природі. Вони розщеплюють органічні відходи, клітковину, забезпечуючи поживними речовинами інші організми, які живуть у воді. Біологічна активність у водоймах максимальна в осінньо-літній період.

Забруднення відкритих водойм мікроорганізмами, що потрапляють зі стічними, зливовими, талими водами, різко змінює мікробний пейзаж і санітарний режим водойми. Основним шляхом мікробного забруднення водойми є потрапляння неочищених відходів і стічних вод. Унаслідок паводку, розливу річок, сильних злив водою переповнюються криниці, джерела, у них можуть потрапляти і комунальні стічні води, що призводить до контамінування питної води. Кількість мікроорганізмів у воді поверхневих стоків у весняно-паводковий період збільшується до 3 млн у 1 $см^3$. У період паводка можливе вторинне забруднення водопровідної мережі: за умови подачі води з перебоями і наявності зношених частин трубопроводу у них відбувається підсос забруднених стічних або дощових вод за негативного тиску, що створюється у трубах.

Мікробоценоз господарсько-фекальних вод формується з мікроорганізмів, що виділяються з кишечника людини і тварин, серед яких є представники нормальної мікробіоти й умовно-патогенні мікроорганізми (бактерії родів *Escherichia, Enterococcus, Klebsiella*, *Clostridium*, гриби роду *Candida*, найпростіші та ін.), але можуть виявлятися і патогенні штами бактерій родів *Salmonella,* Shi*gella, Vibrio*, *Yersinia, Leptospira;* деякі віруси. В останні роки відмічається зростання частоти контамінування відкритих водойм сальмонелами, що проявляється збільшенням захворюваності на сальмонельоз серед людей і тварин. У розповсюдженні сальмонел значну роль відіграють відходи шкіряних заводів, боєнь, птахофабрик, забрудненість яких бактеріями сягає майже 100 %. Потрапляння сальмонел у довкілля зумовлює проникнення бактерій під час водопою в організм тварин, що призводить до формування у них бактеріоносійства. Доведено, що навіть за наявності очисних споруд сальмонели виявляють на 5 км нижче за течією від місця скидання сільськогосподарських

стічних вод. Крім бактерій роду *Salmonella*, у стічних водах птахофабрик виявлено значний вміст бактерій, що належать до родів *Proteus* (86,5 %) і *Staphylococcus* (37 %), а також *P. aeruginosa* (26,7 %), патогенних сероварів *E. coli* (12,4 %), що вказує на епідемічне значення стічних вод у розповсюдженні інфекцій.

В останні роки зросла забрудненість джерел питної води у результаті біологічного контамінування від теплокровних тварин і риб бактеріями роду *Yersinia*, які спричиняють у людини кишкові єрсиніози. Перебіг цих захворювань нагадує гастроентероколіти й ентероколіти. Особливість єрсиній полягає в тому, що вони здатні жити і розмножуватися за низьких температур (10–20°С), а також зберігатися у підземних і ґрунтових водах, температура яких коливається від 0 до 100°С.

Однією з причин виникнення та розповсюдження кишкових інфекцій є тривале зберігання життєздатності небезпечних для людини мікроорганізмів у водному середовищі.

Контамінування водойм відбувається також унаслідок купання людей, худоби, прання та полоскання білизни. Після купання людини упродовж 10 хв у воді виявляють майже 3 млрд сапрофітів і від 100 тис. до 20 млн клітин *E. coli.* Значне біологічне контамінування виявляють у басейнах. Воно відбувається у процесі змивання бактерій з поверхні тіла, а також потрапляння з пилом. Якщо людина є бактеріоносієм, то можливе занесення бактерій родів *Salmonella*, *Shigella* з її організму.

Вода може бути контамінованою вірусами. Нині відомо майже 100 видів вірусів, які виявлені у фекаліях людини. Небезпека забруднення води вірусами полягає в тому, що вони довгий час (до 200 днів) можуть зберігатись у воді. Крім того, багато з них значно стійкі до дії знезаражувальних агентів, ніж бактерії. Доведено, що зовсім невеликі дози вірусів можуть спричиняти гострі кишкові інфекції у людей.

Поряд з цим вода не є середовищем, сприятливим для розмноження патогенних бактерій, оскільки на їхнє виживання впливають супутні, конкуруючі організми (мікроби-антагоністи, бактеріофаги, найпростіші), а також температура, сонячні промені,

різноманітні хімічні речовини. Деякі продукти життєдіяльності гідробіонтів сприяють загибелі патогенних мікроорганізмів. Так, хлорела проявляє бактерицидну дію щодо бактерій родів *Salmonella*, *Shigella, Escherichia.*

Водойма є біоценозом зі складними взаємовідносинами. Потрапляння у воду органічних і неорганічних речовин впливає на розмноження мікроорганізмів. На поверхні води розвивається ***нейстон***, у товщі води – ***планктон***, на дні – ***бентос***. Для позначення ступеня контамінування води мікроорганізмами використовують термін «сапробність».

Сапробність (самоочищення водойм) – процес звільнення водойми від органічних субстратів тваринного та рослинного походження, що забруднюють їх, і від патогенних мікроорганізмів. Цей процес не відбувається в чистих водах, а розвивається тільки внаслідок органічного забруднення. За цих умов активізується життєдіяльність сапрофітів води, що спричиняє інтенсивне розщеплення органічних речовин, зменшення чисельності бактерій, особливо фекального походження.

Полісапробна зона характеризується розвитком мікробоценозів у досить забрудненій воді зі значними концентраціями легкодоступних для живлення речовин. Процес їхнього розкладання супроводжується різким неприємним запахом у результаті утворення меркаптанів, метану, сірководню. Кількість мікроорганізмів в 1 мл води може досягати кількох мільйонів клітин.

Для ***мезосапробної зони*** характерний менший вміст органічних речовин. У ній інтенсивніше відбувається мінералізація, процеси окиснення та нітрифікації. Кількість *E. coli* зменшується, загальна кількість мікроорганізмів не перевищує 100 тис. КУО в 1 мл води.

В ***олігосапробній зоні*** мікробоценози нечисленні: в 1 мл води виявляють десятки чи сотні клітин мікроорганізмів, *E. coli* немає. Органічні речовини практично повністю мінералізовані, самоочищення води завершилось або на стадії завершення. Кількість сапрофітної мікробіоти знижується, становить 10 тис. КУО в 1 мл води.

Ксеносапробна зона характерна для чистої водойми. У ній майже немає сапрофітної мікробіоти, грибів, рідко трапляються водорості й найпростіші. Вода прозора.

Розчинені органічні речовини, що потрапили у воду, мінералізуються за рахунок життєдіяльності мікроорганізмів, які заселяють водойми, подібно до того, як це відбувається у ґрунті. Процеси біохімічного окиснення закінчуються нітрифікацією. Спостерігають утворення нітратів, карбонатів, сульфатів тощо. Для біохімічного окиснення органічних речовин потрібно, щоб у воді був розчинений кисень, запаси якого в міру використання поновлюються за рахунок дифузії з атмосфери. У чистих водоймах насичення води киснем перевищує 50 %.

У процесі самоочищення відбувається відмирання сапрофітів і патогенних мікроорганізмів. Вони гинуть унаслідок зменшення у воді вмісту поживних речовин, бактерицидної дії сонячного проміння, бактеріофагів і антибіотичних речовин, які виділяються грибами й іншими сапрофітами, а також за дії інших чинників.

На процеси самоочищення водойм, у тому числі на процес звільнення води від сторонніх для неї мікроорганізмів (біологічне самоочищення), впливає ряд факторів. Одним із основних чинників є розведення забруднених вод чистою водою водойми. Швидке й інтенсивне розведення спричиняє зниження концентрації органічних сполук, тобто зменшення кількості поживних речовин, що прискорює відмирання бактерій, які потрапили ззовні (патогенних бактерій родини ***Enterobacteriaceae).*** Самоочищення проточної води відбувається інтенсивніше, ніж стоячої. У результаті розведення збільшується прозорість забруднених вод, що сприяє проникненню на більшу глибину ультрафіолетових променів, які згубно впливають на мікроорганізми.

Вирішальним фактором для самоочищення води є температура. Взимку процеси мікробного самоочищення уповільнюються: розмноження бактерій відбувається тільки поблизу стоку, швидкість відмирання знижується, високий вміст бактерій у водоймі утримується довше, ніж влітку. Тому санітарний стан водойм гірший взимку, до того ж зниження температури сприяє

збереженню в ньому ентеробактерій, збудників кишкових інфекцій. Водний шлях розповсюдження кишкових інфекцій спостерігають частіше взимку, що зумовлене зниженням інтенсивності самоочищення води у цю пору року.

Особливу увагу привертає кількість вірусів. Завдяки своїй високій стійкості ентеровіруси можуть поширюватися в річках на значну відстань від джерела забруднення. У прибережних районах моря ентеровіруси трапляються на відстані до 7 км від місця скиду побутових стічних вод. Важливо зазначити, що віруси, осідаючи, на тривалий час інфікують мул і молюсків. Зазвичай інфіковані молюски живуть у забруднених прибережних районах морів, їх широко використовує місцеве населення як харчовий продукт. Є дані, що навіть молюски, виловлені у водах, задовільних за колі-титром, ставали джерелом спалахів інфекційного гепатиту А.

Пригнічення життєдіяльності мікроорганізмів відбувається за несприятливого pH води у водоймі, а також за наявності різноманітних хімічних речовин, що чинять токсичний вплив на мікроорганізми. Потрапляння зі стічними водами найбільш розповсюджених хімічних забруднювачів – поверхнево-активних речовин і нафтопродуктів у концентраціях, що перевищують гранично допустимі в 10 разів і більше, сприяє розмноженню ентеробактерій, подовжує терміни їх виживання, що підвищує епідемічну небезпеку водойми.

На швидкість самоочищення водойми впливають конкурентні взаємовідносини, що формуються між різними групами мікроорганізмів у боротьбі за кисень і поживні речовини.

Вода деяких річок та озер певною мірою має бактерицидні властивості. Морська вода також згубно діє на сапрофітів, що потрапляють у море. Можливо, у воді є ефективні антибіотичні речовини, іони важких металів, бактеріофаги, що відіграють значну роль у процесах біологічного самоочищення. Про це свідчить і той факт, то у некип'яченій воді розмноження сапрофітних бактерії відбувається менш інтенсивно, ніж у кип'яченій.

Біологічне самоочищення водойми також обумовлене літичною дією бактеріофагів, які у великій кількості потрапляють у

водойми разом з бактеріями. Поблизу населених пунктів виявляють підвищення концентрації фагів ешерихій, сальмонел, шигел та інших бактерій. Однак варто пам'ятати, що для прояву діяльності бактеріофагів необхідна відносно висока температура.

Одним із показників біологічного самоочищення водойми слугує виявлення бактерій *Bdellovibrio bacteriovorus,* які є паразитами бактерій родин *Enterobacteriaceae, Pseudomonadaceae, Vibrionaceae.* Зазвичай їх виявляють у воді, забрудненій стоками, у мулі, ґрунті. У досить забрудненій водоймі кількість *B. bacteriovorus* досягає 1 000 КУО в 1 $см^3$, у чистих водоймах ці бактерії не виявляють.

Таким чином, сукупність усіх перелічених факторів призводить до того, що навіть у досить забруднених водоймах у міру віддалення від джерела забруднення і з плином часу вода стає чистішою і гігієнічні якості її покращуються. Унаслідок самоочищення забруднена вода стає прозорою, неприємний запах зникає, органічні речовини мінералізуються, частина патогенних збудників гине і вода відновлює ті якості, які вона мала до забруднення. Швидкість самоочищення залежить від типу водойми і ступеня її забруднення.

Важливим показником ступеня забруднення води органічними речовинами й інтенсивності процесів самоочищення є ***біохімічна потреба у кисні*** *(далі – БПК).* БПК – це кількість кисню, потрібна для повного біохімічного окиснення речовин, що містяться в 1 л води за температури 20°С. Чим інтенсивніше забруднена вода, тим більша її БПК. Оскільки визначення БПК потребує тривалого часу (до 20 діб), у санітарній практиці часто обмежуються визначенням БПК5, тобто біохімічної потреби кисню для 1 л води упродовж 5 діб. Для природних вод БПК5 становить приблизно 70 % повного БПК20. У чистих водоймах БПК5 менша за 2 мг, а у відносно чистих вона становить 2–4 мг/л, БПК20 – 3–6 мг/л.

Здатність водойми до самоочищення має межі. За сильного забруднення органічними речовинами виникає дефіцит розчиненого кисню і розмножуються анаеробні мікроорганізми. Унаслідок процесів гниття вода й повітря забруднюються газами з неприємним запахом і водойма перестає бути не тільки джерелом

водопостачання, а й оздоровчим і господарським об'єктом. Зниження вмісту кисню у воді до 1,5–2 мг/л призводить до загибелі риби, що досягає катастрофічного характеру за зниження до 1 мг/л. У невеликих і особливо непроточних водоймах здатність до самоочищення незначна. Самоочисна здатність навіть великих річок і озер недостатня для ліквідації забруднень від погано очищених стоків промислових підприємств і опадів, що змивають з полів пестициди й інші агрохімікати.

За потреби використовувати відкриту водойму для водопостачання, необхідно віддавати перевагу великим і проточним регульованим водоймам; оберігати водойму від забруднення побутовими і промисловими стічними водами, а також пестицидами; надійно знезаражувати воду. Часто, крім знезаражування, необхідно очищувати воду і від завислих речовин, забарвлених продуктів, токсичних домішок.

Проблема забезпечення населення якісною питною водою є однією з найбільш актуальних, що обумовлено рядом причин, основними з яких є постійне зростання споживання води, потужний антропогенний і техногенний вплив на джерела водопостачання, неефективність традиційних технологій водопідготовки. Тому систематичний біологічний контроль і оцінка якості води з метою визначення можливості використання її для питних і господарсько-побутових цілей є ключовим моментом у системі заходів, спрямованих на забезпечення епідемічної безпеки водокористування.

Оцінку якості води здійснюють за ознаками, які обирають і нормують залежно від способу водокористування. Один із показників води виступає лімітуючим. Лімітуючою обирають ознаку, що характеризується найменшою нешкідливою концентрацією речовини у воді. Узагальнену кількісну оцінку якості води здійснюють за індексом, який є сукупністю основних показників за способами водокористування. Якість, склад і властивості води у водоймах регламентуються гігієнічними вимогами та санітарними нормами.

В Україні під час дослідження води користуються такими нормативними документами: СанПіН 4630-88 «Санітарні правила

і норми охорони поверхневих вод від забруднень», Законом України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення», ДСанПіН «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання», ДСанПіН «Влаштування та утримання колодязів і каптажів джерел, що використовуються для децентралізованого господарсько-питного водопостачання», ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні і екологічні вимоги до якості води та правила вибирання», ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».

Для санітарної оцінки води використовують показники: гранично допустимі концентрації речовин у воді (ГДК), орієнтовно допустимі рівні речовин у воді (ОДР); лімітуючі ознаки шкідливості (санітарно-токсикологічна, загальносанітарна, органолептична з розшифруванням властивостей: запаху, впливу на колір, утворення піни та плівки, присмак).

Проведення санітарно-мікробіологічних досліджень води зумовлене необхідністю здійснювати постійний державний санітарний контроль за якістю питної води та води, яку використовують для різноманітних господарсько-побутових і комунальних потреб населення.

Санітарно-мікробіологічне дослідження води проводять з такими цілями:

✓ вибір джерела централізованого господарсько-питного водопостачання і періодичний контроль цього джерела;

✓ контроль ефективності знезараження питної води централізованого водопостачання;

✓ спостереження за підземними джерелами централізованого водопостачання, такими як артезіанські свердловини, ґрунтові води тощо;

✓ визначення стану і міри придатності води джерел індивідуального водокористування (криниць, джерел тощо);

✓ спостереження за санітарно-епідеміологічним станом води відкритих водойм (водосховищ, ставків, озер, річок);

✓ контроль ефективності знезараження води плавальних басейнів;

✓ перевірка якості і ступеня очищення стічних вод;

✓ розслідування спалахів інфекційних хвороб водного походження.

Основним завданням санітарно-мікробіологічного дослідження води є її гігієнічна оцінка з точки зору інфекційної безпеки для людини. Безпосередня індикація збудників захворювань достовірно свідчить про наявність епідемічної ситуації, пояснює походження спалахів і визначає специфічність подальших протиепідемічних заходів. Однак визначення патогенних мікроорганізмів і їхня індикація ускладнені через нерівномірний розподіл і, як правило, невелику кількість їх у воді, через динамічність умов, які визначають тривалість їхнього існування поза організмом. Негативні результати досліджень з метою виявлення патогенів ще не свідчать про те, що патогенів немає.

Санітарно-мікробіологічне дослідження води перш за все має вирішувати питання про наявність або відсутність у ній патогенних бактерій, вірусів і грибів. Санітарно-мікробіологічне дослідження води передбачає визначення загальної кількості мікроорганізмів в 1 мл води і виявлення патогенів (зокрема, бактерій родів *Salmonella*, *Vibrio*, *Leptospira*, *Shigella* тощо). Крім того, оскільки пряме виділення патогенних бактерій з води потребує спеціальних досліджень, користуються непрямими методами, які дають змогу отримати кількісну оцінку ступеня фекального забруднення води (виявлення БГКП, *E. coli,* бактерій родів *Enterococcus*, *Staphylococcus*). Додатковими критеріями санітарного стану води є титр бактерій роду *Enterococcus* (рекомендують у тих випадках, коли дослідження з метою виявлення *E. coli* дає недостовірні результати), титр *C. perfringens,* індекс бактеріофагів.

Численні дослідження санітарного стану і процесів самоочищення водойм виявили, що бактеріологічні показники є більш чутливими індикаторами господарсько-побутового забруднення води, ніж хімічні. У разі скидання невеликої кількості стічних вод у водойму з більшим об'ємом води (за розведення у 100 і більше разів) нерідко не вдається простежити розповсюдження забрудненого потоку у водоймі за жодним із загальноприйнятих

санітарно-хімічних показників. За вмістом сапрофітних бактерій можна виявити забруднення у разі розведення в десятки й сотні тисяч разів.

Висока чутливість методів для обчислення санітарно-бактеріологічних показників, особливо колі-індексу, пояснюється великою різницею у вмісті індикаторних мікроорганізмів у стічних водах і водоймах: відносно кількості КУО сапрофітних бактерій ця різниця сягає десятків і сотень тисяч разів, відносно колі-індексу – мільйонів-десятків мільйонів разів, тоді як санітарно-хімічні показники у стічних водах і водоймах відрізняються не більш ніж у сотні разів.

Залежно від завдання і типу водойми застосовують різні типи контролю:

✓ повний контроль (за всіма показниками) передбачає визначення ЗМЯ індексів БГКП і фекальної кишкової палички (далі – ФКП), патогенних мікроорганізмів, коліфагів;

✓ скорочений контроль (визначення ЗМЧ, індексу БГКП);

✓ спеціальний контроль (визначення ЗМЧ, індексів БГКП і ФКП, патогенних мікроорганізмів, коліфагів, проведення вірусологічних і паразитологічних досліджень).

Повний контроль застосовують для дослідження води централізованого господарсько-питного водопостачання перед введенням водопроводів в експлуатацію – нових або після призупинення їхньої роботи більше ніж на 5 діб.

Дослідження показників якості води за програмою скороченого аналізу води є обов'язковими після капітального ремонту, реконструкції та переоснащення водопроводу і розподільної мережі, після зміни технології водообробки. Поточний санітарно-мікробіологічний контроль за водними об'єктами поряд з індикацією окремих патогенних мікроорганізмів передбачає використання методів, в основу яких покладено облік загальної кількості сапрофітних бактерій і визначення ступеня забруднення екскрементами людини і тварин за санітарно-показовими мікроорганізмами. Ці показники завдяки кількісному вираженню дозволяють відслідкувати мікробне забруднення води у динаміці, за сезонами року, залежно від джерела забруднення, характеризують водойму,

що досліджується, не тільки у певний момент, але й на перспективу. У міжепідемічні періоди мікробіологічні показники залишаються єдиним критерієм господарсько-побутового забруднення навколишнього середовища. Надійний контроль потенційної небезпеки забруднення можливий тільки за санітарно-показовими мікроорганізмами, які постійно виділяють люди і тварини, що можуть стати джерелом інфекції (у разі зміни епідемічної ситуації, появи мікробоносійства тощо). Ці нормативи відображені у документах санітарного законодавства.

Спеціальний контроль безпеки питної води передбачає визначення каламутності, загальної мікробної чисельності, індексів БГКП і ФКП, патогенних мікроорганізмів, коліфагів, вірусологічних і паразитологічних показників. Його застосовують у разі несприятливої епідемічної ситуації. Для проведення спеціальних досліджень, виконання яких потребує використання складного обладнання, спеціальної підготовки й особливих засобів захисту персоналу, можуть залучатися на договірних засадах фахівці дослідних центрів (наукових організацій), акредитованих і атестованих на їхню компетентність у системі Міністерства охорони здоров'я України.

Санітарно-мікробіологічному контролю підлягає вода централізованого водопостачання, криниць, свердловин, відкритих водойм, плавальних басейнів, а також стічні води.

Централізовані системи водопостачання за допомогою мережі трубопроводів забезпечують водою населені пункти. Санітарно-мікробіологічні дослідження мають на меті оцінювання якості води, яка надходить у мережу (наприклад, чиста вода з джерел водопостачання), і води, яка надходить у розподільчу систему. Такі дослідження є доцільними, адже у воду може проникати забруднення з пошкоджених помп, а також крізь щілини у трубопроводі. Вторинне забруднення ймовірне під час проведення поточних ремонтних робіт. Основні мікробіологічні нормативи якості питної води централізованих систем водопостачання регламентовані ДСанПіН «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання» і наведені у табл. 6.3.

Таблиця 6.3

Мікробіологічні показники безпеки води централізованого господарсько-питного водопостачання
(згідно з наказом МОЗ України від 23.12.1996 № 383)

Найменування показника	Одиниці вимірювання	Нормативне значення
Кількість бактерій в 1 $см^3$ води (ЗМЧ)	КУО/$см^3$	не більше 100
Кількість бактерій групи кишкової палички в 1 $дм^3$ води (індекс БГКП)	КУО/$дм^3$	не більше 3
Кількість термостабільних кишкових паличок у 100 $см^3$ води (індекс ФКП)	КУО/ 100 $см^3$	0
Кількість патогенних мікроорганізмів в 1 $дм^3$ води	КУО/$дм^3$	0
Кількість коліфагів в 1 $дм^3$ води	БУО/$дм^3$	0

За умови перевищення нормативів (ЗМЧ, індекс БГКП) у місцях водозабору проводять повторний відбір і додаткові дослідження: визначають індекс ФКП, патогенні мікроорганізми та коліфаги. Повторне виявлення бактеріальної забрудненості в тих самих ділянках потребує посилення контролю за технологією очищення та знезараження води і проведення спеціального контролю епідемічної безпеки питної води перед надходженням до водопровідної мережі та резервуарів чистої води.

Згідно з вимогами ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» у процесі дослідження мікробіологічних показників водопровідної питної води в її пробах визначають ЗМЧ, кількість загальних коліформних бактерій, *E. coli*, ентерококи. У водопровідній питній воді з поверхневих джерел у місцях її надходження з очисних споруд у розподільну мережу додатково визначають наявність коліфагів. За умови виявлення у пробах питної води з підземних вододжерел коліформних бактерій, *E. coli* чи ентерококів, а у пробах питної води з поверхневих вододжерел – коліформних бактерій, *E. coli*, ентерококів чи коліфагів проводять їхнє визначення у

повторно відібраних пробах. За наявності відхилень від встановлених норм у повторно відібраних пробах упродовж 12 годин необхідно розпочати дослідження на наявність у питній воді з підземних вододжерел коліфагів і збудників інфекційних захворювань бактеріальної етіології, а з поверхневих вододжерел – збудників інфекційних захворювань бактеріальної та вірусної етіології. У разі виявлення коліфагів у пробах питної води з підземних джерел проводять дослідження на наявність збудників інфекційних захворювань вірусної етіології.

У точці перед надходженням води до розподільної мережі у разі повторного відбору проб в одній і тій самій ділянці відхилення від вимог за показниками епідемічної безпеки розглядають як результат незадовільної роботи очисних споруд водопроводу, що потребує посиленого контролю за технологією очищення, збільшення дози реагентів і проведення спеціального контролю епідемічної безпеки питної води в системі внутрішнього водопроводу.

У системі водопроводу за повторного відбору проб в одній і тій самій точці відхилення від вимог за показниками епідемічної безпеки розглядають як надзвичайну ситуацію, що потребує проведення спеціальних заходів на водопроводі та першочергового оповіщення деяких підприємств і установ (дитячі, лікувальні, харчові, молокозаводи), а також населення.

Децентралізоване (місцеве) водопостачання призначене для забезпечення питною водою окремих будинків або невеликої групи будівель. З цією метою можуть використовувати різні за походженням води: атмосферні, відкритих водойм, підземні.

Найчастіше децентралізоване водопостачання організовують завдяки використанню підземних вод. Воду забирають з водоносних горизонтів з різної глибини, але здебільшого використовують ґрунтові води з другого і третього водоносних горизонтів, захищених від забруднення. Чим глибше розташований шар води, тим вона чистіша. У разі децентралізованого водопостачання додаткову обробку води, як правило, не проводять. Тому до води з криниць не можна ставити такі високі вимоги, як до води централізованого водопостачання. І все ж кринична вода

має бути безпечною в епідемічному сенсі (табл. 6.4), мати нешкідливий хімічний склад і хороші органолептичні властивості.

Таблиця 6.4

Мікробіологічні показники безпеки води децентралізованого господарсько-питного водопостачання
(згідно з наказом МОЗ України від 23.12.1996 № 384)

Найменування показника	**Одиниці вимірювання**	**Нормативне значення**
Кількість бактерій в 1 $см^3$ води (ЗМЧ)	КУО/$см^3$	не більше 100
Кількість бактерій групи кишкової палички в 1 $дм^3$ води (індекс БГКП)	КУО/$дм^3$	не більше 10
Кількість патогенних мікроорганізмів в 1 $дм^3$ води	КУО/$дм^3$	0
Кількість коліфагів в 1 $дм^3$ води	БУО/$дм^3$	0

Планове обстеження криниці (каптажу) громадського користування необхідно проводити не рідше одного разу на рік. Якщо санітарний стан криниці та результати аналізу води задовільні, то вода може використовуватися для пиття в сирому вигляді, тобто без попередньої обробки. Якщо санітарний стан джерела й аналіз води незадовільні, то воду можна вживати лише після кип'ятіння чи хлорування. Криниця і територія довкола завжди мають перебувати у технічно-справному й охайному вигляді, який гарантує стійку та високу якість води.

Вода плавальних басейнів може бути забруднена як до, так і після експлуатації басейну. У процесі експлуатації басейнів якість води необхідно регулярно контролювати. Тому під час розробки гігієнічних рекомендацій щодо облаштування й експлуатації плавальних басейнів основними показниками також є санітарно-мікробіологічні. Вода у ваннах басейну має відповідати вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (табл. 6.5).

Таблиця 6.5

Мікробіологічні показники епідемічної безпеки питної води
(відповідно до вимог ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»)

Найменування показника	**Одиниці вимірювання**	**Нормативи для питної води**		
		водопровідної, з пунктів розливу та бюветів	**з колодязів та каптажів джерел**	**фасованої**
Загальна мікробна чисельність за t 37°С – 24 год	КУО/см^3	<= 100 (<= 50)	не визначається	<= 20
Загальна мікробна кількість за t 22°С – 72 год	КУО/см^3	не визначається	не визначається	<= 100
Загальні коліформи	КУО/100 см^3	відсутність	<= 1	відсутність
E.coli	КУО/100 см^3	відсутність	відсутність	відсутність
Ентерококи	КУО/100 см^3	відсутність	не визначається	відсутність
Синьогнійна паличка *(Pseudomonas aeruginosa)*	КУО/100 см^3	не визначається	не визначається	відсутність
Патогенні ентеробактерії	наявність в 1 дм^3	відсутність	відсутність	відсутність
Коліфаги	БУО/дм^3	відсутність	відсутність	відсутність
Ентеровіруси, аденовіруси, антигени ротавірусів, реовірусів, вірусу гепатиту А та інші	наявність в 10 дм^3	відсутність	відсутність	відсутність

Води відкритих водойм мають важливе екологічне значення як джерело централізованого водопостачання, індивідуального водокористування населення (в селах), місця купання, постійні чи тимчасові місця проживання тварин, які можуть бути переносниками інфекційних захворювань, а також об'єкти, що приймають

більшу частину стічних вод побутового, промислового характеру. Санітарно-мікробіологічний аналіз цього типу вод обов'язковий.

Гігієнічні умови до якості води поверхневих водойм, залежно від способів водокористування, у нашій країні регламентовані СанПіН № 4630-88 «Санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення» (табл. 6.6).

Таблиця 6.6

Мікробіологічні показники епідемічної безпеки води водних об'єктів у пунктах господарсько-питного і культурно-побутового водокористування
(відповідно до вимог СанПіН № 4630-88)

Показник	**Для централізованого чи нецентралізованого господарсько-побутового водозабезпечення, а також для водозабезпечення харчових підприємств**	**Для купання, спорту і відпочинку населення, а також водойми в межах населених міст**
Збудники захворювань	не повинна містити	
Кількість лактозопозитивних кишкових паличок (ЛКП) в 1 $дм^3$	не більше 10 000	не більше 5 000
Кількість коліфагів в 1 $дм^3$	не більше 100	не більше 100

Вимоги до якості води поверхневих водойм регламентовані «Правилами охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами», затвердженими постановою КМУ від 25.03.1999 № 465. Згідно із зазначеними правилами нормування якості води водного об'єкта здійснюють за допомогою встановлення сукупності допустимих значень показників її складу та властивостей, у межах яких забезпечуються безпечні умови водокористування і які встановлюють для води, яку використовують для задоволення питних, господарсько-побутових і рекреаційних потреб та потреб рибного господарства.

Для води, яку використовують для задоволення питних, господарсько-побутових і рекреаційних потреб, під час нормування

якості встановлюють ГДК шкідливих речовин з урахуванням трьох показників:

✓ органолептичного (характеризує здатність речовин змінювати органолептичні властивості: смак, запах, колір тощо);

✓ санітарного / загальносанітарного (характеризує вплив речовин на процеси природного самоочищення води);

✓ санітарно-токсикологічного (характеризує шкідливий вплив речовин на організм людини).

Санітарно-мікробіологічне дослідження стічних вод проводять з метою оцінки ефективності їхнього очищення і знезараження перед скиданням у водойми та на поля зрошення. Згідно з «Правилами охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами» вода не повинна містити бактерій і вірусів.

6.3. Мікрофлора повітря

Атмосферне повітря є пріоритетним компонентом довкілля, з яким пов'язаний найбільший ризик для здоров'я людини. Проблема забруднення повітря виникла з розвитком промислового виробництва. Особливої гостроти вона набула у другій половині XX ст. через надзвичайно високі темпи зростання промислового виробництва, споживання електроенергії та використання транспортних засобів. Науково-технічний прогрес у промисловому виробництві активізував використання природних ресурсів. Перелік хімічних елементів, які застосовує людина, суттєво зріс, що відобразилося на складі промислових викидів і зумовило якісно нове забруднення атмосферного повітря. Щороку в атмосферу Землі потрапляють десятки мільйонів тонн шкідливих газів і пилу, зокрема понад 150 млн т сірчаного газу, понад 20 млн т оксиду карбону, понад 40 млн т вуглеводнів, 20 млн т оксиду нітрогену тощо. Вони змішуються з атмосферними газами, частинками пилу, дрібненькими краплями рідини й утворюють аерозолі – дими і тумани, які огортають населені пункти.

Аналізуючи небезпеку забруднення атмосферного повітря хімічними речовинами, варто пам'ятати, що повітря є також

середовищем існування мікроорганізмів і фактором передачі повітряно-краплинних інфекцій.

На значення повітря в передачі інфекції вказували ще задовго до винайдення мікроскопа. Виникнення епідемічних захворювань пояснювали вдиханням забрудненого повітря. Так, давньогрецький лікар Гіппократ висловлював думку про живу природу збудників інфекційних захворювань (контагії), які передаються від хворої людини до здорової через повітря. Він вважав, що в повітрі під час епідемії містяться особливі хвороботворні випари – міазми, які можуть поширюватися на великі відстані. Авіценна у відомому творі «Канон медицини» писав про те, що причиною чуми, віспи та інших хвороб є видимі простим оком найдрібніші живі істоти, які передаються у воду. Система дезінфекції повітря, що розвивалася того часу (обкурювання димом від спалювання різних рослин, хімічними речовинами), сприяла розробці раціональних протиепідемічних заходів.

У вивчення ролі повітря в поширенні інфекційних агентів зробили вагомий внесок Л. Пастер, Д. Лістер, К. Флюгге та ін.

Л. Пастер, працюючи над проблемою самозародження життя, провів ряд мікробіологічних досліджень повітря. Колбу з живильним середовищем він на деякий час залишав відкритою, після чого запаював її і збовтував. Через деякий час середовище ставало мутним унаслідок розмноження мікроорганізмів, що потрапили у колбу з повітря. Таким чином, Л. Пастеру вдалося встановити наявність мікроорганізмів як у повітрі закритих приміщень, так і в атмосферному повітрі.

Його послідовник Д. Лістер розглядав повітря як основну причину інфекцій, що виникають як ускладнення під час хірургічних операцій, і запропонував поряд з антисептичними пов'язками пульверизацію повітря 2,5 %-им розчином карболової кислоти.

К. Флюгге стверджував, що аерогенне зараження має обмежене значення і береться до уваги тільки в безпосередній близькості від хворого, оскільки патогенні мікроорганізми зберігаються лише у великих за розмірами часточках пилу. П. Лащенков критикував цю теорію, оскільки вважав, що, крім пилу, мікроорганізми

зберігаються у дрібних краплях, які є «такі малі та легкі, що можуть літати у повітрі навколо людини й інфікувати її». В окремих випадках інфікування через повітря краплями трапляється частіше, ніж через пил.

Роботи вчених 50–60-х років XX ст. значно розширили сферу мікробіологічних досліджень повітря. Було розроблено численні моделі бактеріовловлювачів і досліджено механізми передачі інфекції через повітря.

У цілому повітря є несприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів. У повітрі зазвичай виявляють ті мікроорганізми, які характеризуються високою стійкістю до несприятливих факторів навколишнього середовища (висушування, сонячне випромінювання, коливання температури тощо).

Видовий склад мікробоценозу повітря доволі різноманітний. Він залежить від інтенсивності сонячної радіації, температури повітря, вологості, вітру, опадів, пори року, характеру місцевості, а також ступеня забрудненості повітря мінеральними й органічними речовинами. Він визначається місцевими джерелами забруднення, перш за все надходженням пилу з ґрунту. Чим вища концентрація у повітрі пилу, газів, кіптяви, тим більше у ньому бактерій.

Склад сапрофітного мікробоценозу повітря не є специфічним, а формується завдяки ґрунтовим мікроорганізмам. Основним його джерелом є ґрунтовий покрив, а також людина і тваринний світ. Мікроорганізми можуть також потрапляти в атмосферне повітря з поверхні рослин і води, де вони не розмножуються, а тільки якийсь час зберігаються. Піднявшись у повітря з пилом, вони або осідають з краплями на поверхню землі, або гинуть у повітрі від нестачі поживних речовин чи внаслідок дії ультрафіолетових променів. З ґрунтовим пилом вони можуть переноситися на значні відстані.

У повітрі є багато видів бактерій, стійких до висихання, пігментованих штамів, а також плісеневих грибів. З атмосферного повітря виділяють три групи мікроорганізмів:

✓ пігментовані мікроорганізми, які в сонячні дні становлять до 70–80 % усієї мікробіоти (пігменти захищають бактерії від УФ-променів);

✓ ґрунтові спороутворювальні та мікроорганізми гниття, вміст яких різко збільшується у суху і вітряну погоду;

✓ плісняві гриби і дріжджі, вміст яких зростає відповідно до підвищення вологості повітря.

Найчастіше у повітрі виявляють *Bacillus subtilis, B. mycoides, Micrococcus candicans, M. rosettaceus, M. roseus, M. subcarneus, M. flavus, M. bipolaris, Sarcina alba, S. lutea, S. rosea, S. aurantiaca, Torula alba, T. rosea,* плісняві гриби родів *Penicillium, Aspergillus, Mucor* тощо.

Деякі вчені вважають, що для повітря характерна своя власна мікробіота. Так, М. Холодний висунув гіпотезу «істинно повітряної мікрофлори»: деякі леткі речовини можуть бути живильним субстратом для повітряних мікроорганізмів. Це підтвердили В. А. Кордюм і Є. С. Бобченко, які виявили розмноження у повітрі деяких міцеліальних грибів, паличкоподібних мікроорганізмів і дріжджів. Переважання у повітрі пігментованих форм мікроорганізмів, резистентних до впливу сонячного проміння, також підтверджує гіпотезу існування у повітрі власного мікробоценозу.

Найбільшу забрудненість повітря мікробіологи виявляють у приземних шарах атмосфери. Верхні шари повітря містять менше мікробів. Проте і на висоті 20 000–33 000 м виявляють спороутворювальні бактерії та плісняві гриби. Життєздатні мікроорганізми виявлено навіть у стратосфері, хоча їх там досить мало. З вертикальними потоками повітря мікроорганізми можуть підніматися в атмосфері на значну висоту. Вважають, що мікроорганізми можуть здійснювати міжконтинентальну міграцію у верхніх шарах атмосфери (наприклад, міграція фітопатогенних спор).

Концентрація мікроорганізмів у приземних шарах атмосфери зазнає добових коливань. Максимум мікробного контамінування спостерігають о 14 годині дня, в період інтенсивного вуличного руху, мінімум – о 2 годині ночі.

Найбільша кількість мікроорганізмів є у повітрі промислових міст. Так, над великими містами зі значною густотою населення на висоті 500 м міститься до 2 700 КУО в 1 $м^3$ повітря; 1 000 м – 500–700 КУО. Кількість мікроорганізмів у повітрі за

межами населених пунктів помітно знижується. Зростання відстані від міста на 5–7 км на тій самій висоті сприяє зниженню кількості мікроорганізмів у 3–4 рази.

Взимку повітря містить менше мікроорганізмів, ніж улітку, що зумовлено наявністю снігового покриву на ґрунті. Вітри сприяють збагаченню повітря мікроорганізмами, а опади очищують від них повітря. Зниженню концентрації мікроорганізмів у повітрі сприяє також їх осідання внаслідок впливу земного тяжіння, дощів, снігу, граду тощо.

Найчистішим є повітря над лісами, горами, сніговими просторами. Не менш чистим є повітря над морем. Проте морське провітря містить мікроорганізми, які живуть у морській воді. В 1 $м^3$ повітря над поверхнею моря є до п'яти мікробних клітин.

Значну роль в очищенні повітря від мікроорганізмів відіграють зелені насадження. Листя дерев і кущів має хорошу пиловловлювальну здатність, і за наявності зелених насаджень кількість мікроорганізмів у повітрі знижується у 3–9 разів. Вважають, що великий зелений масив у місті затримує до 90 % пилу, наявного у повітрі.

Важливим фактором, що обумовлює лікувально-оздоровчі функції лісів, є їхня фітонцидність. Фітонцидні властивості мають усі рослини. Ступінь фітонцидності досягає максимуму у весняно-літні місяці, особливо в період цвітіння й активного росту рослин, і знижується до осені, причому фітонцидна активність молодого листя і хвої зазвичай вища, ніж старого листя. Серед дерев фітонцидними властивостями особливо виділяються хвойні. Повітря над тайгою містить настільки незначну кількість мікроорганізмів, що відкриті пробірки з живильним агаром залишаються стерильними упродовж восьми днів.

Другим важливим проявом сприятливого санітарно-гігієнічного впливу лісу є бактерицидна дія фітонцидів на мікробоценоз повітря. У повітрі лісу міститься значно менше мікроорганізмів, ніж у місті, житлових і промислових приміщеннях. В 1 $м^3$ повітря міста налічують у середньому 30–40 тис. КУО мікроорганізмів, у повітрі лісу – від 30 до 400. Навіть у повітрі міських парків міститься у 200 разів менше бактерій, ніж у повітрі вулиць.

Хімічний склад повітря закритих приміщень суттєво не відрізняється від атмосферного, але повітря, яке виділяється людиною у процесі дихання, містить менше кисню і більше вуглекислого газу. У повітрі закритих, недостатньо вентильованих приміщень вміст вуглекислого газу може свідчити про ступінь забруднення середовища продуктами життєдіяльності людей і недостатню ефективність вентиляції.

Мікробоценози атмосферного повітря й повітря закритих приміщень відрізняються за кількісним і якісним складом. Бактеріальне контамінування житлових приміщень завжди чисельно перевищує контамінування атмосферного повітря і є відносно стабільним. У повітрі приміщень виявляють як сапрофітні мікроорганізми, так і мікроорганізми, що виділяються з дихальних шляхів людини.

Кількість мікроорганізмів у робочих і житлових приміщеннях обумовлена санітарно-гігієнічним режимом. У разі скупчення людей, поганої вентиляції, слабкого природного освітлення, неправильного прибирання приміщень кількість мікроорганізмів значно збільшується. Відомо, що людина в середньому за добу вдихає до 14 тис. л повітря, при цьому 99,8 % мікроорганізмів, які містяться в повітрі, затримуються в дихальних шляхах. Саме через повітря можуть передаватися збудники грипу, кору, туберкульозу, дифтерії, захворювань, спричинених стафілококами, стрептококами тощо.

Сухе прибирання, недбале миття підлоги, використання брудних ганчірок і щіток, сушіння їх у тому ж приміщенні створюють сприятливі умови для нагромадження в повітрі мікроорганізмів. Особливо багате на мікроорганізми повітря лікувально-профілактичних, дитячих дошкільних установ, шкіл тощо. Разом зі сапрофітами у повітрі часто виявляють і патогенні мікроорганізми. Серед мікроорганізмів домінують мешканці носоглотки людини, у тому числі патогенні види, що потрапляють у повітря.

Рівень мікробного забруднення залежить основним чином від густоти заселення, активності руху людей, санітарного стану приміщення, в тому числі забруднення пилом, частоти провітрювання, способу прибирання, ступеня освітленості й інших умов.

Сучасне фарбування, побілка стін і стелі, систематична вентиляція, особливо з фільтруванням повітря, значно знижують забрудненість приміщень і кількість у них мікроорганізмів. Регулярне провітрювання та вологе прибирання приміщень знижують забрудненість повітря у 30 разів.

В окремих випадках для очищення повітря від мікроорганізмів застосовують дезінфекцію. Для цього придатні лише ті дезінфікуючі речовини, які зумовлюють швидку загибель мікроорганізмів, але нешкідливі для людини, не псують обладнання й інших предметів, не мають кольору та позбавлені запаху.

Мікробоценоз повітря заслуговує на особливу увагу, оскільки з повітрям можуть поширюватися збудники інфекційних захворювань, які виділяють хворі під час розмови, чихання, кашлю.

На підприємствах харчової промисловості, у виробничих цехах і в місцях зберігання продуктів необхідно підтримувати не лише певну вологість і температуру повітря, але і його чистоту. Не можна допускати на прилеглій території й у підсобних приміщеннях закладів торгівлі та громадського харчування скупчення різноманітних відходів.

Людина з інфекцією дихальних шляхів є джерелом збудника і виділяє у повітря в період хвороби величезну кількість мікроорганізмів. Отже, варто зважати на ймовірне тривале надходження у повітря збудників кору, скарлатини, вітряної віспи, чуми (легенева форма), дифтерії, коклюшу, грипу, ендемічного паротиту, цереброспінального менінгіту тощо. Однак практичне виявлення збудників в атмосферному повітрі малоуспішне, що пояснюють як недосконалістю методів мікробіологічного дослідження повітря, так і особливостями фізіологічних бактерійних аерозолів, що утворюються під час розмови, кашлю, чихання. Розміри цих крапель сягають 100 мкм, а середній діаметр – 18 мкм. Початкова швидкість крапель у разі розмови – 16 м/с, чихання – 46 м/с, кашлю – 100 м/с. Краплі великих розмірів можуть розсіюватися на відстань до 10–11 м, дрібні – на 0,13 м. Дрібні краплі практично не осідають і перебувають у повітрі в завислому стані. У зв'язку з випаровуванням води розміри краплин швидко зменшуються, їхня зовнішня оболонка стає білково-сольовою, і вони

перетворюються на фазу висохлих бактеріальних крапель. Подальша доля цих крапель залежить від їхнього розміру: вони або довго переміщуються з масами повітря, або ж осідають на частинки пилу, підлогу, стіни, меблі. У завислому стані зазвичай перебувають плісняві гриби та пігментовані мікроорганізми. У пилу, що осів, зазвичай знаходять анаероби та спороутворювальні аероби.

Виживання патогенних мікроорганізмів у крапельних ядрах або в пилу залежить від виду мікроорганізму, температури, вологості повітря тощо. Для інфікування найбільшу небезпеку становлять дрібні часточки (1–2 мкм і менше), що проникають у глибокі відділи дихальних шляхів. Часточки розміром понад 50 мкм затримуються у верхніх дихальних шляхах, 3–10 мкм – проникають до бронхіол, а менше 3 мкм – досягають альвеол.

Мікроорганізми можуть перебувати у краплях, крапельних ядрах і пилу.

Тому розрізняють два шляхи інфікування людини – крапельний і пиловий. Збудники кору, коклюшу, грипу та інші зберігаються тільки в завислому стані у краплях бактерійного аерозолю. Паличка Коха і стафілокок, які витримують тривале висушування, можуть довго зберігатися в пилу і передаватися за допомогою дисперсних фаз бактерійного аерозолю.

Ще у минулому столітті легенева форма сибірської виразки була хворобою «шерстяників». У повітрі виявлено також збудників черевного тифу, паратифів, а також стафілококи та стрептококи, які на правах коменсалів постійно живуть на слизовій верхніх дихальних шляхів, носа та в ротовій порожнині людини, а за умови зниження резистентності організму можуть спричиняти захворювання.

Щоб оцінити санітарний стан закритих приміщень, залежно від завдань дослідження визначають загальну мікробну чисельність, наявність санітарно-показових мікроорганізмів. Найбільш правильне й точне уявлення про забруднення повітря приміщень дає виявлення у повітрі стрептококів і стафілококів, які є показниками контамінування повітря виділеннями з ротової порожнини та носоглотки людини.

Наразі дедалі більшу увагу приділяють безпосередньому виявленню патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів. Наприклад, під час дослідження повітря стаціонарів (хірургічні клініки, пологові відділення) основна увага спрямована на визначення патогенних стафілококів, *P. aeruginosa* й інших грамнегативних умовно-патогенних бактерій – збудників внутрішньолікарняних інфекцій. Досліджуючи повітря аптек, проводять обов'язкове визначення пліснявих грибів, оскільки через наявність антимікробних препаратів у таких приміщеннях бактерії гинуть досить швидко.

На підприємствах мікробіологічної промисловості вивчають наявність і вміст у повітрі мікроорганізмів-продуцентів (роду *Candida* на гідролізно-дріжджових заводах, роду *Aspergillus* і спороутворювальних бактерій – на заводах з виробництва ферментів, *B. thuringiensis* – на заводах, які виробляють бактеріальні засоби захисту рослин тощо).

Державні стандарти для оцінки санітарно-бактеріологічних показників повітря ще не розроблені. Запропоновані лише тимчасові положення про допустиме нормування мікробного забруднення окремих лікарняних та інших приміщень. Так, у повітрі операційних, пологових залів, реанімаційних, перев'язувальних і процедурних загальна кількість бактерій в 1 $м^3$ до роботи не має перебільшувати 500 КУО, після роботи – 1 000 КУО; кількість *S. aureus* не більше 4 КУО, а гемолітичних стрептококів узагалі не повинно бути. У повітрі лікарняних палат взимку ЗМЧ не має перевищувати 3 500 КУО, *S. aureus* – до 24 КУО, а гемолітичних стрептококів – не більше 24 КУО. Влітку ці показники не повинні перевищувати, відповідно, 5 000, 52 і 36 КУО.

6.4. Мікрофлора тіла здорової людини

Нормальна мікрофлора тіла здорової людини ***(еумікробіоз)*** сформувалась унаслідок взаємного пристосування мікро- і макроорганізму, яке склалося в процесі еволюції. Зазначений термін охоплює мікроорганізми, що більшою чи меншою мірою виділяються з людського організму. Ці мікроорганізми є необхідними для нормального функціонування макроорганізму.

Найбільш чисельні мікробіоценози утворились на шкірі, в ротовій і носовій порожнинах, товстому кишечнику. Але внутрішнє середовище макроорганізму (кров, лімфа, тканини) не містить мікробів. Порівняно мало їх у бронхах, легенях, жовчних і сечовивідних шляхах, на слизовій ока. З розвитком вірусології і вдосконаленням вірусологічної техніки розширились уявлення про мікрофлору організму людини. Доведено, що не тільки відкриті порожнини, а й тканини людського організму заселені персистуючими вірусами, які виділяються у навколишнє середовище з молоком, слиною, мокротинням, потом тощо.

Організм людини населяють близько 500 видів бактерій, 50 видів вірусів і 20 видів найпростіших. Усю сукупність мікроорганізмів тіла людини можна розподілити на дві групи (рис. 6.1).



Рис. 6.1. Мікрофлора тіла людини

Постійна (резидентна) – мікрофлора специфічна для цього біотопу (автохтонна). ***Тимчасова*** – мікрофлора занесена з інших біотопів хазяїна (алохтонна), мікрофлора занесена з інших біотопів довкілля (заносна).

Важливою особливістю нормальної мікрофлори є її індивідуальна й анатомічна стабільність. У разі контакту бактерії можуть передаватись від однієї людини до іншої. Але, як правило, не приживаються. Переважна більшість мікроорганізмів – сапрофіти-коменсали, але, як і в будь-якому біоценозі, у системі «мікроорганізм – макроорганізм» ці взаємовідносини носять як

симбіотичний, так і паразитичний характер, і провести чітку межу між сапрофітами і патогенними мікробами, які входять до складу нормальної мікробіоти людини, часто неможливо. Крім того, потрапляння патогенного мікроба в організм, який чутливий до його факторів патогенності, не завжди призводить до розвитку захворювання. Відповідно, можна зробити висновок, що, незалежно від вірулентних властивостей (*virulentus* – отруйний), усі бактерії зазнають впливу захисних факторів макроорганізму.

Видовий і кількісний склад мікрофлори шкіри змінюється під впливом зовнішніх і внутрішніх факторів. Серед зовнішніх факторів мають значення сезонні коливання температури, насиченість організму вітамінами, недостатність харчування, різні види опромінення, антибіотики тощо, з внутрішніх – стан захисних механізмів організму людини, бактерицидні властивості травних соків, інтенсивність злущування епітеліальних клітин, стан місцевого імунітету та ін. На склад мікрофлори впливає також вік людини.

Мікроорганізми шкіри. Основними зонами колонізації мікробіоти є епідерміс (особливо роговий шар), шкірні залози (сальні і потові) і верхні відділи волосяних фолікулів. На шкірі переважають грампозитивні бактерії: *Staphylococcus epidermidis*, *S. hiominis* і представники родів *Micrococcus*, *Acinetobacter*, *Propionibacterium*, *Corynebacterium*, *Brevibacterium* та ін.

Шкіру людини постійно контамінують мікроорганізми ґрунту і повітря, серед яких можуть бути умовно-патогенні та патогенні мікроорганізми. Але у здорової людини нормальна мікробіота шкіри та інші захисні фактори перешкоджають виникненню інфекційного процесу.

Мікрофлора слизових оболонок очей не досить багата, оскільки у сльозовій рідині очей є бактерицидна речовина лізоцим, яка знищує мікроорганізми. Зустрічаються стафілококи, коринебактерії, мікоплазми. Під час ослаблення організму, порушення зору, гіповітамінозах ці мікроорганізми можуть стати умовно патогенними і спричинити різні захворювання.

Мікроорганізми порожнини рота та травного тракту. Коменсалами ротової порожнини є майже 100 видів мікроорганізмів, серед яких є сапрофіти, патогенні та умовно-патогенні види. Цьому сприяють достатня кількість поживних речовин, вологість, темура, лужне або нейтральне середовище ротової порожнини. Серед бактерій домінують стрептококи, що становлять 30–60 % всієї мікробіоти ротоглотки. Це *Streptococcus saliiwrius, S. sanguis*, *S. mutans*, *S. mitis*, у ротовій порожнині зустрічаються лактобактерії, а також вейлонели, сапрофітні нейсерії, бактероїди та коринебактерії, виявляються трепонеми, гемофільні бактерії, дріжджеподібні грибки (*Candida albicans*), актиноміцети, мікоплазми та ін. Серед факультативних мікроорганізмів порожнини рота зустрічаються ендоспороутворювальні бактерії родів *Bacillus*, *Clostridium*, ентеробактерії (представники родів *Escherichia*, *Enterobacter*, *Proteus)*, а також синьогнійна паличка *(Pseudomonas aeruginosa)* та ін.

У шлунку мікроорганізмів порівняно небагато, оскільки шлунковий сік (pH 0,9–1,5) є захисним бар'єром, що не дає змогу патогенним і умовно-патогенним мікробам проникати в організм людини. У шлунку визначаються в невеликих кількостях молочнокислі бактерії, сардини *(Sarcina ventriculi*), спори бактерій, дріжджі.

У дванадцятипалій і тонкій кишках виявляється невелика кількість мікроорганізмів, переважно аеробів. Ферменти та жовч, які мають бактерицидні властивості, теж згубно діють на мікробів.

Кишкові бактерії постійно підтримують легке фізіологічне запалення у кишковій порожнині й таким чином стимулюють утворення окремих видів антитіл в організмі, на кінцевих етапах травлення запобігають ферментації вуглеводів і гниттю білкових речовин. Кишкова мікрофлора може з нітритів синтезувати нітрозосполуки, які є сильними канцерогенами.

У товстій кишці, навпаки, більш сприятливі умови для розвитку багатьох видів мікроорганізмів, у ній міститься понад 400 видів різних факультативних та облігатних анаеробів, серед яких домінуючою групою є аспорогенні анаеробні бактерії – біфідобактерії та бактероїди. З факультативних анаеробів у

кишечнику переважають кишкова паличка, ентерококи та лактобацили. У незначних кількостях виявляються представники родів *Clostridium*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus* та дріжджеподібні грибки *(Candida albicans)*. Останнім часом доведено, що мікрофлора товстої кишки метаболізує неперетравлені у тонкій кишці залишки рослинної їжі, сполучної тканини м'яса і перетворює їх на жирні та молочну кислоти, етанол, які утилізуються слизовою оболонкою товстої кишки.

Варто зазначити, що травний тракт у новонароджених стерильний. Через деякий час він заселяється мікрофлорою, яка потрапляє основним чином під час годування молоком. Надалі у кишечнику немовлят встановлюється специфічна мікрофлора, у якій переважають біфідобактерії. З припиненням годування дітей молоком ці бактерії зникають, а мікрофлора кишок повністю змінюється.

Мікроорганізми дихальних шляхів. Для верхніх відділів дихальних шляхів характерне високе мікробне навантаження – вони анатомічно пристосовані для осадження бактерій з повітря у разі вдихання. У верхніх дихальних шляхах виявляють як звичайні негемолітичні стрептококи, непатогенні нейсерії, стафілококи та ентеробактерії, так і патогенні бактерії: менінгококи, піогенні стрептококи, пневмококи, збудники коклюшу.

Мікроорганізми не потрапляють у трахеї, бронхи та легені. Їх проникненню перешкоджає ряд захисних механізмів: по-перше, більшість бактерій затримується слизовою оболонкою носоглотки і не може вільно пересуватися до легень, оскільки війчасті клітини епітелію, що вистилають трахею, постійно спрямовують слиз вгору; по-друге, легені є місцем активного фагоцитозу – механізму, завдяки якому чужорідні клітини захоплюються й інактивуються.

Мікроорганізми сечостатевої системи. Верхні відділи сечовидільних шляхів (нирки, сечові канали і сеча в сечовому міхурі) у нормі стерильні. У нижніх відділах домінують *Staphylococcus epidermidis*, негемолітичні стрептококи, дифтероїди; часто виділяють гриби родів *Candida* (*Torulopsis*) і *Geotrichum.* У зовнішніх відділах сечостатевої системи переважають *Mycobacterium smegmatis.*

Мікробне заселення здорової людини і тварин прийнято розглядати як своєрідну мікроекологічну систему, що виконує і регулює ряд життєво важливих функцій господаря, а саме:

- ✓ запобігає колонізації макроорганізму патогенними бактеріями;
- ✓ стимулює імунну систему;
- ✓ бере участь у метаболічних процесах організму і підтримує їх баланс.

Мікробіота здатна пригнічувати розвиток патогенних бактерій переважно шляхом вибіркового зв'язування поверхневих рецепторів клітин, особливо епітеліальних. Більшість представників резидентної мікробіоти виявляє виражений антагонізм щодо патогенних видів. Ця особливість характерна для біфідобактерій і лактобацил; антибактеріальний потенціал формується секрецією кислот, спиртів, лізоциму, бактеріоцинів та інших речовин. Крім того, висока концентрація вказаних речовин пригнічує метаболізм та виділення токсинів патогенними видами.

Мікроорганізми, що мешкають у здоровому організмі, є неспецифічним стимулятором імунної системи, а відсутність нормального мікробного біоценозу спричиняє численні порушення в імунній системі. Зокрема, мікроорганізми нормальної мікробіоти беруть участь у регуляції синтезу імуноглобулінів, стимулюють активність клітин фагоцитарного ряду, які локалізовані у стінці кишечника, та їх бактерицидну активність.

Нормальна кишкова мікробіота бере участь у метаболічних перетвореннях деяких речовин. Наприклад, первинні жовчні кислоти трансформуються у вторинні під впливом бактероїдів. Інактивація деяких ферментів і токсинів відбувається також за участі представників нормофлори.

Відома також участь нормального мікробного угруповання в обміні вітамінів та мінеральних речовин. Так, з'ясовано, що нормальна мікробіота забезпечує організм людини іонами Fe^{2+}, Ca^{2+}, вітамінами К, D, групи В (особливо B_1 рибофлавін), нікотиновою, фолієвою і пантотеновою кислотами. Кишкові бактерії беруть участь в інактивації токсичних продуктів ендо- та екзогенного

походження. Кислоти та гази, які виділяються в процесі життєдіяльності кишкових мікробів, сприятливо діють на перистальтику кишечника і своєчасне його випорожнення.

Таким чином, нормальна мікробіота перебуває у безпосередньому зв'язку з макроорганізмом. Водночас вона є високочутливою індикаторною системою, яка реагує кількісними та якісними порушеннями на зміни в макроорганізмі.

У разі тривалого й нераціонального застосування антибіотиків, під час інфекційних і соматичних захворювань змінюється видовий і кількісний склад мікробного угруповання. Це може негативно позначатися на динамічній рівновазі між макроорганізмом та його мікробіоценозом. Такий стан називають дисбактеріозом, або дисбіозом. До найбільш стійких та тяжких форм порушень мікробних ценозів призводить стафілококовий сепсис, системний кандидоз та псевдомембранозний коліт; серед усіх форм пошкоджень домінує ураження мікроорганізмів кишечника. Для нормалізації мікробного ценозу кишечника після тяжких захворювань і підвищення імунітету, як правило, потрібно проходити курс ліофілізованих молочнокислих бактерій або комбінованих препаратів, створених на основі молочнокислих бактерій і бактерій – продуцентів пробіотиків.

Варто зазначити, що дотримання правил особистої гігієни, чистоти рук, тіла, санація порожнини рота, підтримка належного стану здоров'я є необхідною вимогою щодо працівників сфери торгівлі, закладів громадського харчування, підприємств харчової промисловості та інших об'єктів господарювання, працівники яких мають справу з продовольчими товарами.

Питання для самоконтролю

1. Чим зумовлено широке розповсюдження мікроорганізмів у природі?
2. Мікрофлора ґрунту: кількісний та якісний склад.
3. Мікробіологічні показники санітарного стану ґрунту.
4. Мікрофлора води: кількісний та якісний склад.

5. Вимоги до якості питної води за мікробіологічними показниками.

6. Мікрофлора повітря: кількісний та якісний склад; оцінка якості повітря за мікробіологічними показниками.

7. Охарактеризуйте видовий і кількісний склад мікрофлори тіла людини.

8. Основні шляхи забруднення тіла людини мікроорганізмами.

9. Яким чином можна впливати на мікрофлору організму людини?

10. Які мікробні угрупування є в організмі людини?

РОЗДІЛ 7
ПОНЯТТЯ ПРО ІНФЕКЦІЇ ТА ІМУНІТЕТ

7.1. Загальні уявлення про інфекційні процеси та імунітет

Інфекція (від латин. *infectio* – зараження) – процес взаємодії мікро- та макроорганізмів у певних умовах навколишнього середовища.

Інфекційний процес – сукупність фізіологічних (захисних) і патологічних, адаптаційних і репаративних реакцій, які виникають і розвиваються в макроорганізмі під час проникнення в нього мікроорганізму.

Інфекційне захворювання – крайній ступінь розвитку інфекційного процесу, патологічний стан, за якого виявляються характерні клінічні ознаки (симптоми), а також біохімічні, імунологічні, гістологічні та інші зміни.

Багатьма інфекційними захворюваннями хворіють тільки люди. Такі інфекції називають ***антропонозами*** (від грецьк. *«антропос»* – людина і *«нозос»* – хвороба). До них належать такі кишкові інфекції, як дизентерія, холера, черевний тиф та інші; джерелом зараження при цьому є людина.

Інфекційні захворювання, якими хворіють люди та тварини, позначають терміном ***зоонози.*** До них відносять бруцельоз, ящур, сальмонельози та ін. Джерелом зараження, як правило, при цьому є тварина.

У природі досить часто виникає форма взаємодії мікро- та макроорганізмів, що має назву ***бактеріоносійство.*** Це так звана «прихована інфекція», яка зовнішньо у людини та тварини не виявляється, але супроводжується присутністю в організмі патогенних мікроорганізмів, що розмножуються в ньому і виділяються у навколишнє середовище. Бактеріоносійство обумовлене зниженим опором організму та низькою вірулентністю мікроорганізму. Бактеріоносії становлять серйозну небезпеку як джерело інфекції, тому що виділені у навколишнє середовище мікроби можуть

посилити свою вірулентність під впливом зовнішніх умов і стати причиною захворювання інших людей. Відоме бактеріоносійство збудниками кишкових інфекцій, стафілококу, патогенних вірусів та ін.

Місце проникнення збудника (вхідні ворота) інфекції, що є специфічним для більшості мікроорганізмів, носить назву ***тропізм*** (грец. *trope* – напрям). Наприклад, гонокок викликає типове ураження слизової оболонки статевих органів або очей, дизентерійна амеба – слизової оболонки кишечника. Для інших мікроорганізмів (збудників туберкульозу, чуми) характерним є ***пантропізм*** (грец. *pan* – весь, все + тропізм), коли інфекційний процес розвивається незалежно від шляхів їх проникнення в організм і які призводять до розвитку поліморфних уражень. Крім того, розрізняють ***локалізовану інфекцію*** – збудник може залишатися на місці проникнення, ***генералізовану інфекцію*** – збудник може поширюватися у всьому організмі, ***токсинемію*** – збудник залишається на місці проникнення, але виділяє токсини у кров.

Шляхи поширення інфекційного агента з осередку проникнення можуть бути різними. Найчастіше мікроорганізми дисемінують через кров (гематогенний шлях), лімфу (лімфогенний шлях), але можливі й інші шляхи. Деякі збудники поширюються, наприклад, нейрогенним шляхом (вірус сказу) або від клітини до клітини, по міжклітинних просторах (ВІЛ).

Збудник може розмножуватися на поверхні клітини або внутрішньоклітинно (віруси, рикетсії, хламідії, деякі бактерії). Під час проникнення збудника у кров можуть виникати: ***бактеріємія*** – патологічний стан, за якого інфекційний агент циркулює в крові, але не розмножується в ній (черевний тиф, бруцельоз); ***сепсис*** (грец. *sepsis* – гниття) – патологічний стан, за якого збудник циркулює та розмножується в крові; це відбувається, коли виникає безперервне або періодичне надходження збудників у кров чи у разі зменшення мікробіцидних властивостей крові; ***токсемія*** – патологічний стан, за якого розвивається інтоксикація, викликана циркуляцією екзо- або ендотоксинів збудників у крові; токсемія виникає у разі бактеріємії та сепсису, під час інфекцій, які спричинені грамнегативними мікроорганізмами.

Характер, інтенсивність і поширеність інфекційного процесу зумовлює безліч факторів, основними з яких можуть бути властивості і поширення збудника, географічне положення конкретних територій та багато інших. За цими ознаками вирізняють спорадичні випадки, епідемії та пандемії.

Спорадичні випадки (грецьк. *sporadikos* – розсіяний) – звичайний рівень захворюваності конкретною інфекцією в окремому регіоні за певний часовий період.

Епідемія (грецьк. *epi* – над + *demos* – народ) – масові захворювання, які реєструють на великих територіях (область, країна) і мають спільне джерело.

Пандемія (грецьк. *pan* – загальний + *demos* – народ) – масові захворювання, які поширюються одночасно в різних країнах і навіть на різних континентах (холера, грип).

Ендемія (грец. *en – в* + *demos* – народ) – захворювання, які постійно реєструють у певній місцевості, де є резервуар і переносник інфекцій (кліщовий енцефаліт, туляремія).

Для виникнення інфекційного захворювання необхідні три умови:

- ✓ джерело інфекції;
- ✓ шлях розповсюдження;
- ✓ сприйнятливий організм.

Джерелами інфекції можуть бути хворі люди, тварини та бактеріоносії, які виділяють у навколишнє середовище патогенні мікроорганізми.

Другою необхідною умовою виникнення інфекційних захворювань є наявність у навколишньому середовищі певних факторів, за участі яких проходить передача інфекції. Елементи зовнішнього середовища, через які здійснюється передача патогенних мікроорганізмів від ураженого організму до здорового, мають назву ***факторів (або шляхів) передачі інфекції.***

Основними механізмами передавання збудників інфекції є:

- ✓ фекально-оральний механізм – збудники локалізуються у травному тракті і в навколишнє середовище потрапляють з фекаліями. Зараження відбувається під час проникнення збудника через рот з харчовими продуктами та водою, через забруднені руки; так передаються дизентерія, гепатити А та Е, холера;

✓ аерогенний механізм (повітряно-крапельний) – збудники локалізуються в дихальних шляхах і в навколишнє середовище потрапляють з краплинками слизу під час кашлю, чихання, розмови; так передаються грип, скарлатина, кір;

✓ трансмісивний механізм – збудники локалізуються в крові, передаються кровосисними комахами (кліщами, вошами, комарами); так передаються висипний і зворотний тифи, малярія тощо;

✓ контактний механізм – збудники локалізуються на шкірі, слизових оболонках і поверхні ран, в організм потрапляють під час прямого та непрямого контакту через шкіру, рани, слизові оболонки; так передаються венеричні хвороби.

Обов'язковою третьою умовою, яка впливає на розвиток інфекційних захворювань, є ***схильність людей до певного захворювання***. Основну роль у ній відіграють механізми імунітету, тобто захисні реакції організму.

У разі інфекційного процесу ознаки захворювання виявляються через деякий проміжок часу, що має назву ***інкубаційного періоду.*** У цей часовий проміжок відбувається накопичення мікроорганізмів та їх токсинів у кількостях, що здатні викликати клінічні прояви захворювання, та формується відповідна реакція організму. Тривалість інкубаційного періоду залежить переважно від фізіологічних особливостей патогенних мікробів. Під час інфекційних захворювань у більшості випадків інкубаційний період обчислюється кількома днями або тижнями. Під час харчових отруєнь він становить зазвичай декілька годин, оскільки з недоброякісними харчовими продуктами в організм водночас надходить велика маса збудників захворювання або їх токсинів.

Взаємодія патогенних мікроорганізмів з живими організмами: рослинами, тваринами та людьми – визначається як хвороботворною дією мікроба на організм, так і захисними реакціями організму на проникнення патогенних мікробів та продуктів їхньої життєдіяльності.

Під терміном ***«імунітет»*** (від латин. *immunitas* – звільнення) мають на увазі нечутливість організму до чужорідних агентів, у тому числі й до патогенних мікроорганізмів.

Захисні фактори організму проти інфекційних агентів та інших чужорідних (генетично гетерогенних) речовин поділяють на три групи:

- ✓ неспецифічна резистентність;
- ✓ природжений імунітет;
- ✓ набутий імунітет.

Неспецифічна резистентність (стійкість) є захистом організму від мікробів незалежно від їхньої видової належності. Вона обумовлена комплексом механічних та фізіологічних реакцій макроорганізму, що направлені на забезпечення сталості внутрішнього середовища організму та його захист від чужорідних агентів.

До факторів неспецифічної резистентності належать: 1) бар'єрна (механічна) захисна функція шкіри та слизових оболонок; 2) бактерицидні речовини слини, сироватки крові та інших рідин організму; 3) температурна та запальна реакції; 4) видільна функція організму та ін.

Зазначені фактори сприяють знешкодженню чужорідних тіл і речовин за рахунок механічного та фізико-хімічного впливу. Встановлено, що чиста шкіра здорової людини згубно діє на ряд мікробів (стрептококи, сальмонели, кишкова паличка та ін.). У сльозовій рідині, мокроті, слині, крові, молоці та в ряді тканин і органів міститься антибіотична речовина лізоцим (фермент ацетилмурамідаза), яка знешкоджує мікроорганізми. Виражену бактерицидну дію, особливо щодо збудників кишкових інфекцій, має шлунковий сік (pH < 4,0).

Мікроби, які здолали бар'єр, створений шкірою та слизовими оболонками, затримуються та знешкоджуються лімфатичними вузлами, де розвивається запальна реакція, що згубно діє на патогенні мікроорганізми.

Могутнім неспецифічним захисним фактором проти чужорідних тіл та речовин є фагоцитарна реакція. ***Фагоцитоз*** – це процес активного поглинання та перетравлювання клітинами організму живих та вбитих мікробів або інших чужорідних часток, що потрапили до нього. Основоположником вчення про фагоцитоз був І. Мечников. Клітини, що здатні до фагоцитозу, він назвав

фагоцитами і поділив їх на *мікрофаги* (нейтрофіли, еозинофіли крові) та *макрофаги* (моноцити крові, клітини селезінки, лімфовузлів, печінки та ін.). Мікроорганізми, що поглинаються клітинами, перетравлюються ферментами фагоцитів і повністю руйнуються. Цей процес має назву *завершений фагоцитоз.*

Токсини патогенних мікроорганізмів призупиняють фагоцитоз. Наприклад, у разі деяких інфекцій має місце й *незавершений фагоцитоз:* при цьому клітини поглинаються фагоцитами, але не гинуть (наприклад, під час черевного тифу, бруцельозу та туберкульозу).

Разом з неспецифічною резистентністю на рівні клітин організм людини має також гуморальні фактори захисту, що утримуються у сироватці крові та інших рідинах організму. У сироватці крові до них відносять бактерицидну речовину білкової природи – *комплемент,* який має властивість розчиняти деякі мікроорганізми. Він містить *лізин, лейкіни* – термостабільні речовини, що виділяються з лейкоцитів та здатні знешкоджувати як грампозитивні, так і грамнегативні бактерії, та інші компоненти крові. Бактерицидні властивості мають компоненти сечі, екстракти з печінки, мозку та селезінки.

Певну роль у неспецифічній резистенції має нормальна мікрофлора тіла тварин і людей, деякі види якої є антагоністами патогенних мікробів.

Таким чином, сукупність анатомо-фізіологічних особливостей організму людини забезпечує неспецифічну видову стійкість до патогенних мікроорганізмів.

Вроджений видовий (спадковий) імунітет – це несприйнятливість до певних збудників захворювання, які вражають інші види живих організмів. Прикладом цього виду імунітету є несприйнятливість людей до деяких хвороб тварин (чума рогатої худоби, собак), а також несприйнятливість тварин до багатьох інфекцій людини (черевний тиф, дизентерія, холера та ін.).

Видовий імунітет є результатом тривалої еволюції. В основі механізму видового вродженого імунітету до інфекційних захворювань є відсутність у клітинах організму умов для розмноження певних збудників, а також здатність організму синтезувати

речовини, які пригнічують життєдіяльність цих мікробів. Цей імунітет передається від одного покоління наступному.

Набутий імунітет формується в організмі як специфічний захист проти одного певного чужорідного агента, в тому числі патогенних мікроорганізмів або їх токсинів, набутий у результаті контакту організму з цим агентом. Набутий імунітет не є спадковим. Відповідно до механізму формування в організмі набутий імунітет поділяють на *природний* та *штучний.*

Набутий природний імунітет може бути *активним,* тобто формуватися в організмі після перенесеного захворювання або прихованої інфекції (бактеріоносійство), і *пасивним,* тобто формуватися у новонароджених у період розвитку плоду в організмі матері та під час годування материнським молоком.

Набутий штучний імунітет створюється також шляхом активної та пасивної імунізації спеціальними препаратами – вакцинами й імунними сироватками.

Основою набутого імунітету є специфічна реакція «антиген – антитіло».

За Р. Петровим (1976 р.), ***антигени*** (від грецької *anti* – проти, *genes* – рід) – це речовини, що за хімічною природою є біологічними об'єктами, генетично чужорідними, й у процесі введення в організм викликають розвиток специфічної імунологічної реакції. Термін «антиген» був введений 1899 р. угорським дослідником Л. Дойчем. Антигени характеризуються двома основними функціональними властивостями в організмі:

✓ здатністю викликати активну імунну відповідь, у тому числі утворення антитіл;

✓ здатністю вступати у взаємодію з відповідними антитілами і знешкоджуватися ними.

Таким чином, реакція «антиген – антитіло» виключно специфічна.

До активних антигенів належать мікроорганізми та їх токсини. У мікробній клітині містяться різні антигени, що входять у структуру клітинної оболонки, джгутиків, капсул. Вони відрізняються за хімічним складом та імунологічною активністю. *Клітинні, або соматичні антигени,* – термостабільні складні

комплекси, які складаються з полісахаридів або поліпептидів; *джгутикові антигени* – це термолабільний білок – флагелін, що руйнується за температури 60–80°С; *капсульні антигени* – полісахариди та поліпептиди; антигенні властивості мають токсини мікробів.

Антитіла – це неспецифічні білки – імуноглобуліни (γ-глобуліни), які утворюються в організмі тварин та людей під впливом антигенів і містяться переважно у сироватці крові, а також у слині, сльозах, поті та ін. Це так званий ***гуморальний імунітет.***

Усі імуноглобуліни мають подібну структуру і відрізняються один від одного послідовністю амінокислот і, отже, специфічністю дії на антигени, що викликали їх утворення.

Основна властивість антитіл – їхня специфічність, тобто здатність реагувати тільки з тим антигеном, який викликав їх утворення. У результаті взаємодії антитіла з антигеном відбувається інактивація останнього.

Антиген і антитіло взаємодіють як молекули, які не змінюють своєї форми та структури. На першому етапі відбувається взаємодія антитіл з антигенами, що розміщені на поверхні мікробних клітин (притягання антитіла до антигена відбувається електростатично, бо вони мають протилежні електричні заряди), а потім реалізується інактивація антигена.

Реакції взаємодії антитіл з мікроорганізмами та іншими агентами проявляються по-різному залежно від природи антитіла:

1. *Аглютинація* – антитіла, з'єднавшись з клітинами мікроорганізмів, викликають їх склеювання.

2. *Преципітація* – антитіла, з'єднавшись з розчинними білками мікроорганізмів, спричинюють їх осідання.

3. *Бактеріоліз* – антитіла, з'єднавшись з клітинами мікроорганізмів, викликають їх розчинення (лізис).

Антитіла з'являються в організмі через 5–6 днів після введення антигену, їхня кількість поступово зростає і сягає ефективної антимікробної концентрації через 2–3 тижні.

За сучасними уявленнями, фактори специфічного набутого імунітету формуються переважно в органах лімфатичної системи.

До них відносять кістковий мозок, вилочкову ендокринну залозу – тімус, селезінку, лімфатичні вузли, а також лімфоїдну тканину кровоносних судин.

Клітини організму, що здійснюють імунні реакції, називають *імуноцитами,* або ***імунокомпетентними клітинами***. Основними імуноцитами є лімфоцити, що виробляються у кістковому мозку. Лімфоцити поділяються за функціональним призначенням на *Т-лімфоцити,* які повинні «пізнавати» антиген, і *В-лімфоцити,* які під час зустрічі з антигеном стають основними продуцентами специфічних імуноглобулінів, що інактивують антиген.

У процесі імуногенезу беруть участь й інші клітини організму: еозинофіли, макрофаги та ін. Комплекс клітин, що забезпечують реакцію «антиген–антитіло» визначає так званий ***клітинний імунітет***. Таким чином, основними механізмами специфічного набутого захисту від інфекції є складна взаємодія факторів клітинного та гуморального імунітетів.

7.2. Властивості патогенних мікроорганізмів

Величезна кількість мікроорганізмів (близько 5 000 видів) мешкає в організмах інших істот, включаючи людину, але лише деякі з них здатні викликати інфекційні захворювання.

Патогенність (від грецьк. *phatos* – страждання; *genos* – народжувати) – одна з характеристик життєдіяльності мікроорганізмів, що визначає їхні взаємовідносини з рослинним та тваринним світом, а саме здатність приживатися у макроорганізмі й викликати його захворювання. Патогенність або її відсутність як такої – видова, генетично детермінована ознака мікроорганізму. Патогенний потенціал багатьох збудників залежить як від властивостей, притаманних конкретному мікроорганізму, так і від стану факторів захисту організму-хазяїна.

Патогенність мікроорганізмів або потенційна здатність за визначених умов викликати захворювання характеризується складним комплексом біологічних властивостей мікробів, що сформувались у процесі еволюції на генетичному рівні та передаються у спадок. Наприклад, холерний вібріон викликає холеру,

туберкульозні мікобактерії – туберкульоз. Ця специфічність патогенних мікроорганізмів повинна враховуватись під час розробки профілактичних заходів.

Умовно-патогенні та непатогенні мікроорганізми, які зустрічаються в зовнішньому середовищі і входять до складу нормальної мікробіоти організму, можуть стати патогенними. Основними умовами їх розвитку є масивність інфікування і наявність імунодефіцитного стану організму. Якщо більш вираженими є ці порушення, то більший спектр мікроорганізмів здатний викликати інфекційні ураження. З цього випливає, що чіткої межі між непатогенними та умовно-патогенними мікроорганізмами немає. Більш правильною оцінкою паразитичних властивостей мікроорганізму є те, що в основі будь-якого інфекційного процесу полягає феномен паразитизму. Паразитичні мікроорганізми використовують організм-хазяїна як джерело живлення, середовище проживання та розмноження. Відповідно до ступеня паразитизму мікроорганізми поділяють на декілька таких типів:

✓ ***випадкові паразити*** – види, які вільно живуть і природним оточенням для яких є зовнішнє середовище, а паразитування в організмі є зовсім необов'язковою фазою життєвого циклу; випадковими паразитами є, наприклад, гриби, які викликають мікози;

✓ ***облігатні паразити*** – мікроорганізми, усі етапи життєвого циклу яких пов'язані з організмом господаря. До них належать хламідії, віруси, рікетсії;

✓ ***факультативні паразити*** – мікроорганізми, які більшу частину свого життєвого циклу проводять як вільноіснуючі особини, але паразитична фаза має місце і провідне значення; до них належить більшість кишкових бактерій.

Зазвичай характерними ознаками патогенності є специфічність (здатність викликати певне захворювання) й органотропність (здатність вибірково уражати певні тканини або органи), але патогенність не є постійною величиною, вона буває різною навіть у представників одного і того самого виду. Мірою патогенності мікроорганізмів є вірулентність.

Вірулентність (від латин. *virulentus* – отруйний) відображає ступінь патогенності певної культури (варіанта, штама);

вірулентність є показником якісної, індивідуальної ознаки патогенного мікроорганізму.

За одиницю виміру вірулентності прийнята летальна доза (**DL**, латин. *dosis letalis*) – найменша кількість патогенних мікроорганізмів або токсинів, яка здатна викликати загибель певної кількості чутливих до них тварин. На практиці використовують декілька похідних від величини DL:

- ✓ **DLM** (латин. *dosis letalis minima*) – найменша доза, що спричиняє загибель 90–95 % чутливих тварин;
- ✓ **DCL** (латин. *dosis certa letalis*) – безумовно, смертельна доза, що призводить до загибелі будь-якої тварини;
- ✓ **LD_{50}** – кількість патогенних мікроорганізмів, яка здатна спричинити загибель 50 % чутливих до них тварин; застосовують також величини LD_{70}, LD_{75}, LD_{90} тощо;
- ✓ **ID** (англ. *infectious dose – інфікуюча доза*) – мінімальна доза, яка здатна спричинити захворювання у певної кількості чутливих тварин; за аналогією з летальною дозою визначають ID_{100}, ID_{50} тощо.

До критеріїв, які визначають вірулентність мікроорганізмів, відносять інфекційність, здатність до колонізації, інвазійність, токсигенність і здатність до тривалої персистенції (рис. 7.1).

Інфекційність зумовлена факторами адгезії та колонізації, які є пусковими механізмами розвитку хвороби. ***Адгезія*** (латин. *adhaesio* – прикріплюватися до будь-чого) – закріплення бактерій на поверхні клітини-мішені. Закріплення на поверхні клітини реалізують адгезини, або фактори колонізації, – спеціальні адгезивні ґлікопротеїни (кадгерини, інтегрини), ліпополісахариди, ліпотейхоєві кислоти. Різноманітність адгезинів, унікальність їх будови зумовлюють високу специфічність процесу прикріплення до клітин. Цим пояснюється здатність одних мікроорганізмів прикріплюватися і колонізувати (заселяти) переважно епітелій дихальних шляхів, інших – сечовидільної системи, третіх – кишкового тракту.

Під час ***колонізації*** бактерії повинні витримати дію численних і різноманітних мікробоцидних факторів господаря. Для захисту від них мікроорганізми активно використовують ряд

структур (наприклад, капсули) і речовин, що синтезуються (наприклад, ферменти). Роль капсул полягає в тому, що вони захищають бактеріальні структури, а також структури, що розпізнаються імунокомпетентними клітинами. Наприклад, шар капсульної речовини захищає тейхоєві кислоти стафілококів від зв'язування опсонінами – білками, що стимулюють фагоцитоз. До цього ще варто додати, що гідрофільність капсул ускладнює їхнє поглинання фагоцитами, а капсульна речовина захищає бактерію від дії лізосомальних ферментів і токсичних оксидантів, які виділяються фагоцитуючими клітинами. Водночас безкапсульні мікроорганізми виявляють високу гідрофобність, що підсилює адгезивність; гідрофобні ділянки мають спорідненість до лігандів на поверхні клітин макроорганізмів, що приводить до міцності зв'язку. До того ж безкапсульні мікроорганізми непатогенні.

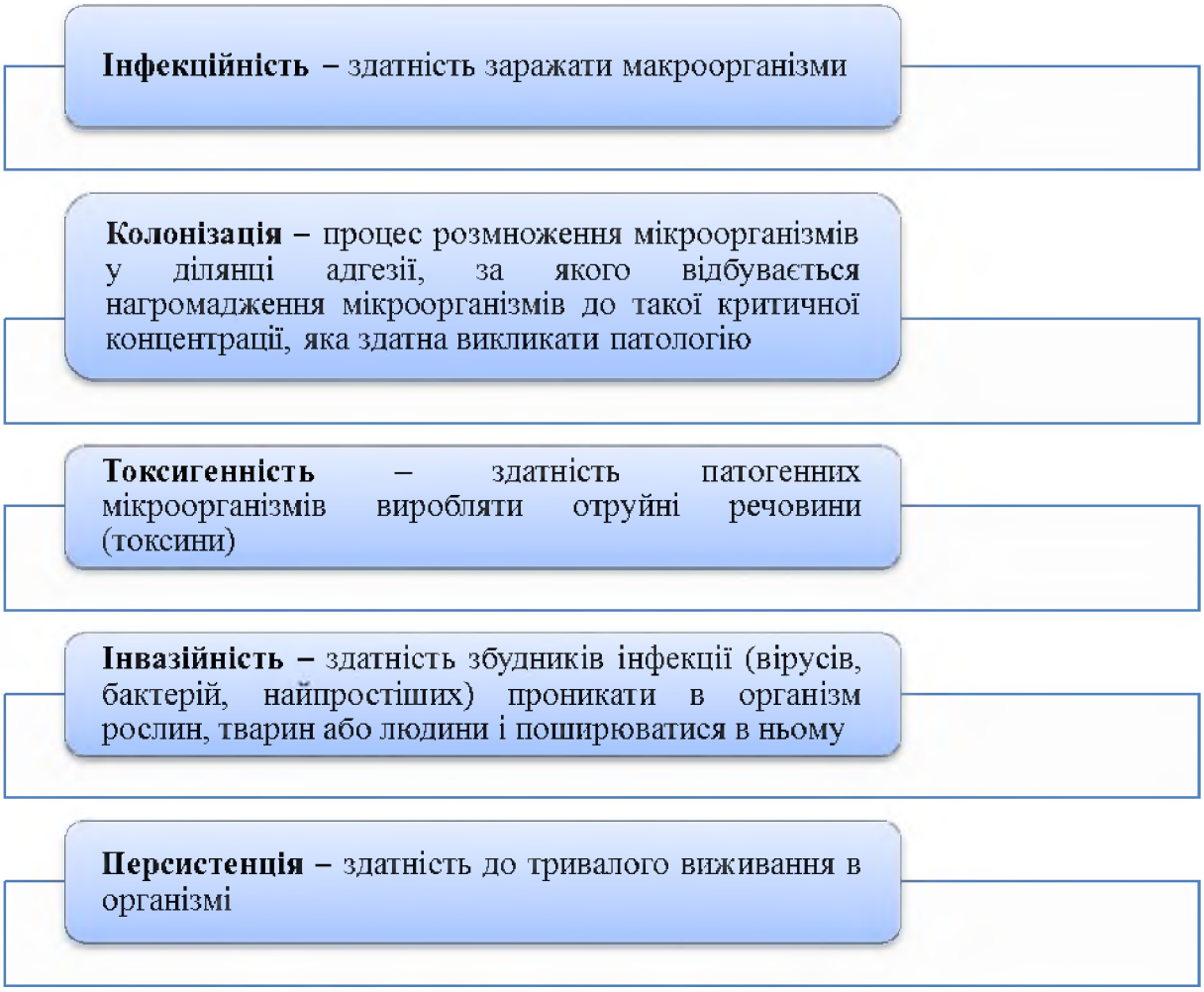


Рис. 7.1. Критерії, що обумовлюють вірулентність мікроорганізмів

Варто зазначити, що ферменти діють по-різному. Одні з них сприяють адгезії, руйнуючи компоненти слизу і звільняючи рецептори клітин (протеази, нейрамінідаза, лецитиназа). Інші забезпечують інвазійність (проникнення), наприклад гіалуронідаза сприяє проникненню мікроорганізмів у тканини. Бактеріальні ферменти також здатні змінювати pH навколишнього середовища і робити його придатним для розмноження, наприклад *Helicobacter pylori* виділяє уреазу, яка нейтралізує кисле середовище шлунка.

Основними факторами, що забезпечують інвазійність мікроорганізмів, є:

✓ рухомість, що забезпечує проникнення мікроорганізмів як у клітини, так і міжклітинний простір;

✓ особливі клітинні фактори – інвазини, що сприяють проникненню в клітини епітелію за допомогою ендоцитозу (наприклад, поверхневі білки грамнегативних бактерій). Полегшує інвазію синтез бактеріями деяких екзоферментів, таких як гіалуронідази, колагенази, еластази, ліпази, муцинази, нейрамінідази. Узагалі здатність до утворення екзоферментів багато в чому визначає інвазійність бактерій і насамперед можливість проникати через слизові оболонки, сполучнотканинні та інші бар'єри.

Найважливішими факторами патогенності, які виробляються мікроорганізмами і реалізують основні механізми інфекційного процесу, є ***мікробні токсини***. Токсичні речовини здатні полегшувати первинну колонізацію і викликають системні ураження, що характеризують специфічні прояви певного інфекційного процесу.

Токсичність мікроорганізмів зумовлена наявністю ендотоксину та здатністю виробляти екзотоксин (їх основні характеристики подані у табл. 7.1).

Ендотоксини являють собою комплекси протеїнів, ліпідних і полісахаридних залишків, входять до складу клітинної стінки тільки грамнегативних бактерій; більша їхня частина вивільнюється після загибелі бактеріальної клітини. Ендотоксини зумовлюють загальну інтоксикацію організму, виявляють запальну, пірогенну й алергізуючу дію. Вони виявляють порівняно слабку

імуногенну дію, та імунні сироватки не здатні повністю блокувати їх токсичні ефекти.

Варто зазначити, що деякі бактерії здатні водночас виділяти (у разі загибелі) ендотоксини (наприклад, токсигенні холерні вібріони, *Escherichia coli*) і синтезувати екзотоксини.

Таблиця 7.1

Характеристика бактеріальних токсинів

Показник	Ендотоксини	Екзотоксини
Продуцент	Грамнегативні бактерії	Грамнегативні і грампозитивні бактерії
Хімічна природа	Комплекси «білок – ліпополісахарид»	Білок (ферменти)
Локалізація	Внутрішньоклітинна	Внутрішньо- та зовнішньоклітинна
Термостійкість	Стабільні	Лабільні
Дія на клітини	Опосередкована через активаційні цитокіни (інтерлейкіни-2, фактор некрозу пухлин та ін.)	Пряма, специфічна
Біологічна активність	Загальна для всіх токсинів	Індивідуальна для кожного токсину

Екзотоксини – секреторні білкові речовини, що виділяються через клітинну стінку, високотоксичні, органотропні (вибірково уражують органи та тканини), діють дистанційно (далеко за межами місця інфікування); деякі з них виявляють ферментативну активність. Висока токсичність екзотоксинів обумовлена особливістю структури їх фрагментів, які імітують будову субодиниць ферментів, гормонів або нейромедіаторів господаря. Подібна властивість екзотоксинів (антиметаболітів) призводить до блокування функціональної активності природних аналогів. Екзотоксини виявляють також високу імуногенність – у відповідь на їх введення виробляються специфічні нейтралізуючі антитоксини.

Екзотоксини класифікують за трьома ознаками:

1. За ступенем зв'язку з бактеріальною клітиною їх поділяють на три групи – А, В і С. **Група А** – токсини, що секретуються

у зовнішнє середовище (наприклад, токсин *Corynebacterium diphtheriae*). **Група В** – токсини, що частково секретуються у зовнішнє середовище і частково асоційовані з бактеріальною клітиною (наприклад, тетаноспазмін *Clostridium tetani*). **Група С** – токсини, що зв'язані з бактеріальною клітиною і вивільнюються після її загибелі (наприклад, екзотоксини родини *Enterobacteraceae*).

2. За характером мішеней для їх ефектів: **нейротоксини** – уражають клітини нервової тканини, **гемолізини** – руйнують еритроцити, **ентеротоксини** – уражають епітелій тонкого кишечника, **дерматонекротоксини** – викликають некротичні ураження шкірних покривів, **лейкоцидини** – ушкоджують фагоцити (лейкоцити) тощо.

3. За механізмом дії розрізняють: **цитотоксини** (наприклад, ентеротоксини, антиелогатори, дерматонекротоксини), **мембраноактивні токсини** (наприклад, гемолізини, лейкоцидини), **функціональні блокатори** (наприклад, термостабільні і термолабільні ентеротоксини, токсикоблокатори).

Нерідко патогенні бактерії секретують кілька екзотоксинів, які виявляють різну дію: цитотоксичну, гемолітичну, летальну тощо.

Для забезпечення власної тривалої ***персистенції*** в організмі господаря мікроорганізми реалізують різні стратегічні підходи, але з однією метою – подолати опір імунної системи макроорганізму. До тривалого виживання у складі мікробного угруповання здатні не тільки сапрофітні й умовно-патогенні, а й деякі паразитні види. Тривале виживання в організмі хазяїна у багатьох випадках визначає здатність патогенів уникати дії захисних факторів. Це досягається або за рахунок зміни антигенної структури, або шляхом антигенної мімікрії (грец. *mimos* – імітувати) – захисної подібності. У деяких випадках запущені (знижені) імунні реакції позбавляють збудника можливості повністю реалізувати свої патогенні властивості, але при цьому він залишається в організмі. Таким шляхом формується організм-бактеріоносій.

7.3. Специфічна профілактика і терапія інфекційних захворювань

Будь-яка терапія (хіміотерапія, імунотерапія) повинна бути спрямована на нейтралізацію збудника або його токсинів, а також на активацію захисних реакцій організму. Профілактичні заходи можуть бути ефективними, якщо вони виключають хоча б одну ланку інфекційного процесу, а саме: джерело збудника, механізм передавання збудника, сприйнятливий організм.

Серед заходів, спрямованих на знешкодження патогенних мікроорганізмів, важливу роль відіграють антисептика, асептика та дезінфекція. Їх здійснення передбачає застосування фізичних засобів та хімічних речовин, які негативно впливають на мікроорганізми.

Антисептика – комплекс заходів, спрямованих на знищення або пригнічення росту мікроорганізмів на об'єкті (організм, рана, лікарняні приміщення тощо). Для цього застосовують бактеріостатичні або бактерицидні антисептики. ***Асептика*** – система профілактичних заходів, спрямованих на запобігання мікробному забрудненню приміщень будь-якого призначення, ран тощо. ***Дезінфекція*** – заходи, спрямовані на повне знищення вегетативних і спорових форм патогенних й умовно-патогенних мікроорганізмів у навколишньому середовищі. Вибір дезінфікуючого засобу, його концентрація, експозиція залежать від біологічних властивостей мікроорганізмів і властивостей патологічного матеріалу, в якому містяться ці мікроби.

Стерилізація (знепліднення) – це повне знезараження об'єктів навколишнього середовища (зменшення кількості вегетативних і спорових форм мікроорганізмів). Ефективність різних чинників, що використовуються для знищення мікроорганізмів, характеризується величиною $Д_{10}$, яка визначає час, необхідний для загибелі 90 % клітин певної популяції.

Повна або часткова стерилізація здійснюється за допомогою вологого жару (автоклавування), сухого жару (сушильні шафи), фільтрації (за допомогою мембранних фільтрів з різним діаметром пор), опромінення (ультрафіолетове, рентгенівське та гамма-

промені) або різних хімічних засобів (оксид етилену за 5–15 % вологості, β-пропіолактон та інші антимікробні засоби: бромна вода, нітрат срібла, фенол, сулема тощо). Під час культивування вірусів використовують ***біостерилізацію,*** яка ґрунтується на застосуванні антибіотиків.

Основу дії кожного антимікробного препарату становить принцип фізіологічної імітації, згідно з яким дія будь-якої речовини на патогенний мікроорганізм зумовлена відповідністю конформації молекул цієї речовини (або її частин) з конформацією молекул сполук, які беруть участь у фізіологічній регуляції процесів, специфічних для збудника.

Вибір певної речовини для хіміотерапії визначає спектр її активності та чутливості до неї мікроорганізмів. Препарати зі специфічною активністю включають антибактеріальні, протигрибкові, антипротозійні та противірусні засоби. Якщо три перші препарати гальмують ріст або викликають загибель мікроорганізмів, то противірусні препарати інгібують реплікацію вірусів, блокуючи їх адсорбцію на чутливих клітинах, вивільнення вірусного геному чи пригнічуючи вірусоспецифічні синтези.

Антибактеріальні засоби виявляють бактеріостатичну (пригнічують ріст клітин) і/або бактерицидну активність (призводять до загибелі клітин); до них відносять антибіотики, сульфаніламідні препарати, синтетичні антибактеріальні засоби різної хімічної будови (хінолони, похідні нітроімідазолу, нітрофурану тощо). ***Протигрибкові засоби*** виявляють фунгістатичну і/або фунгіцидну активність; механізм дії переважної більшості цих препаратів пов'язаний з порушенням синтезу стеролів, які входять до складу клітинної стінки збудника; до них відносять азоли (імідазол і тріазол), фторцитозин та ін. ***Антивірусні засоби*** виявляють вірусостатичну і/або вірусоцидну активність; широке застосування мають інгібітори адсорбції, проникнення та депротеїнізації вірусів, інгібітори синтезу ранніх білків, протеаз, нуклеїнових кислот.

Засоби, що застосовуються для впливу на імунну систему організму, відомі як ***імунобіологічні препарати.*** До них належать різні за хімічною природою та походженням речовини.

Введення з лікувальною метою імунних препаратів називають ***імунотерапією,*** а введення імунних препаратів з метою запобігання розвитку інфекційних захворювань – ***імунопрофілактикою.***

Усі відомі імунобіологічні препарати поділяють на такі види:

✓ профілактичні та лікувальні препарати мікробного походження (анатоксини, вакцини, еубіотики, бактеріофаги);

✓ лікувальні імунні препарати (імуноглобуліни, цитокіни);

✓ діагностичні імунні препарати (антисироватки), а також діагностичні бактеріофаги й алергени;

✓ імуномодулятори (різні синтетичні препарати, біостимулятори природного походження).

Залежно від ефекту всі імунобіологічні препарати можуть виявляти: ***специфічну дію*** – забезпечують захист від конкретного збудника (наприклад, правцевий анатоксин, протикорева вакцина); ***неспецифічну дію*** – невибірково стимулюють функції імунокомпетентних клітин (наприклад, імуномодулятори, біостимулятори та ін.); ***актшвну дію*** – індукування препаратами імунних реакцій; на такі ефекти здатні вакцинні препарати, які виготовлені на основі живих послаблених або загиблих мікроорганізмів, а також продукти їх життєдіяльності; ***пасивну дію*** – чинять препарати, ефекторними продуктами імунокомпетентних клітин (наприклад, імуноглобуліни, цитокіни та інші імунобіологічні препарати).

Для проведення ***імунізації*** (створення штучного імунітету) застосовують вакцини, сироватки й імуноглобуліни.

Вакцини (латин. *vaccinus* – коров'ячий, тобто препарат, виділений із патологічного матеріалу людей, які заразилися коров'ячою віспою) – імунобіологічні препарати, отримані з ослаблених, загиблих збудників хвороб або продуктів їх життєдіяльності і призначені для активної імунопрофілактики – активної специфічної несприйнятливості організму до конкретного збудника. Як антигени, у вакцинних препаратах використовують цільні мікробні тіла (живі чи загиблі), окремі антигени мікроорганізмів (як правило, протективні антигени), токсини мікроорганізмів, штучно створені антигени мікроорганізмів та генно сконструйовані антигени.

Розрізняють такі види вакцин: *живі, інактивовані* (загиблі, неживі), *молекулярні* (анатоксини), *генно-інженерні* (рекомбінантні); за наявності повного чи неповного набору антигенів вакцини поділяють на *корпускулярні (цільновіріонні)* і *компонентні (субодиничні)*, а за здатністю виробляти несприйнятливість до одного або кількох збудників – на моно- та асоційовані.

Живі вакцини – препарати із живих ослаблених (атенуйованих) мікроорганізмів чи генетично змінених патогенних мікроорганізмів, а також близькоспоріднених мікробів, які здатні індукувати несприйнятливість до патогенного виду. Основною перевагою живих вакцин є повністю збережений набір антигенів збудника, що забезпечує розвиток тривалої несприйнятливості навіть після одноразової імунізації.

Ослаблені *(атенуйовані)* вакцини виготовляють із мікроорганізмів зі зниженою патогенністю, але вираженою імуногенністю, і під час введення вакцинного штаму в організм імітується інфекційний процес – бактерії розмножуються і викликають розвиток імунних реакцій організму.

До живих вакцин належать вакцини проти сказу, епідемічного паротиту, туберкульозу, поліомієліту тощо.

Інактивовані вакцини – препарати культур мікроорганізмів, інактивованих дією різних чинників (високих температур, хімічних речовин – спирт, фенол, формалін тощо) або їх метаболітів чи окремих антигенів, які отримують біосинтетичним або хімічним шляхом. У разі термічного оброблення або дії хімічних агентів на вірулентні мікроорганізми отримують так звані корпускулярні (цільновіріонні) вакцини, які містять повний набір антигенів. Спектр збудників, використовуваних для приготування корпускулярних неживих вакцин, різноманітний; найбільшого поширення набули бактеріальні (наприклад, протичумна) та вірусні (наприклад, антирабічна) вакцини.

Різновидом корпускулярних неживих вакцин є ***компонентні (субодиничні) вакцини,*** які складаються з окремих (головних або мажорних) антигенних компонентів, здатних забезпечити розвиток несприйнятливості. Як антигени, використовують імуногенні компоненти збудника. На сьогодні розроблені субодиничні

вакцини проти сибірської виразки (полісахариди і поліпептиди капсул), грипу (вірусні нейрамінідази та гемаглютинін), черевного тифу (О-, Н та Vi – антигени), пневмококів (на основі полісахаридів капсул).

Необхідно зауважити, що вакцини, які містять загиблі мікроорганізми та їх структурні компоненти, виявляють меншу (порівняно з живими вакцинами) імуногенність, але водночас вони позбавлені баластних речовин, що значно зменшує частоту побічних ефектів, які спостерігаються у разі імунізації живими вакцинами.

Молекулярні вакцини (анатоксини) – препарати, що складаються не з цільних клітин мікроорганізмів, а з найбільш імуногенних метаболітів мікробної клітини. Як правило, у цій якості виступають молекули бактеріальних екзотоксинів – анатоксини, що здатні індукувати імунні реакції, які нейтралізують токсини; унаслідок імунізації синтезуються нейтралізуючі антитоксини (токсоїди). Анатоксини виготовляють з екзотоксинів мікроорганізмів шляхом знешкодження останніх термічним обробленням або формаліном.

Анатоксини (як і вакцини) використовують для формування несприйнятливості до одного збудника, це так звані ***моновакцини*** (моновалентні), наприклад дифтерійні, стафілококові та інші, й ***асоційовані вакцини*** (полівалентні), у яких суміщені антигени кількох мікроорганізмів. Для виготовлення асоційованих вакцин, як правило, використовують загиблі бактерії або їх компоненти. Прикладом полівалентних вакцин є коклюшно-дифтерійно-правцева вакцина (АКДП), яка містить інактивовані збудники коклюшу, а також дифтерійний і правцевий анатоксини.

Іноді для імунізації застосовують ***кон'юговані вакцини*** – комплекси бактеріальних полісахаридів і токсинів. Подібне поєднання значно посилює імуногенність компонентів вакцин, особливо полісахаридної частини (наприклад, поєднання антигенів *Haemophilus influenzae* та дифтерійного анатоксину).

Генно-інженерні (рекомбінантні) вакцини – містять антигени збудників, які отримані з використанням методів генної інженерії, і включають тільки високоімуногенні компоненти, які

сприяють формуванню захисного імунітету. Це досягається кількома шляхами:

✓ внесенням генів вірулентності в авірулентні чи слабковірулентні мікроорганізми (дріжджі, кишкова паличка);

✓ штучним виведенням генів вірулентності і використанням модифікованих організмів у вигляді корпускулярних вакцин;

✓ внесенням генів вірулентності в неспоріднені мікроорганізми з наступним виділенням антигенів та їх використанням як імуногенів.

Одним з прикладів генно-інженерних вакцин є виготовлення вакцини проти вірусного гепатиту В; для цього використовують клітини дріжджів, у які вносять ген, що кодує синтез поверхневого антигену вірусу гепатиту В.

Особливий вид вакцин – ***аутовакцини***, які отримують з мікроорганізмів, що виділені у хворого, і використовують для лікування хронічних інфекцій у цього самого хворого (наприклад, у разі гонореї). Аутовакцини спричиняють загострення інфекційного захворювання, що стимулює захисні реакції організму.

Сироватки та імуноглобуліни. До сироваткових імунних препаратів відносять імунні сироватки й імуноглобуліни, які забезпечують пасивну несприйнятливість до збудників інфекцій; вони містять специфічні антитіла (імуноглобуліни). Імунні сироватки та імуноглобуліни використовують як засіб для серопрофілактики й терапії. Для серопрофілактики ці препарати вводять в організм до можливого зараження чи безпосередньо після нього (до появи ознак захворювання) і за умов відсутності в організмі власних антитіл, які здатні захищати його від зараження. Під час терапевтичних заходів препарати вводять для лікування – нейтралізації токсинів чи вірусів, підсилення антимікробного захисту; вдаються до цього й у тих випадках, коли організм не здатний забезпечити власний захист.

Імунні сироватки та імуноглобуліни одержують із крові (периферичної, плацентарної та абортивної) штучно імунізованих тварин і людей-донорів.

Сироваткові імунні препарати застосовують для профілактики і лікування правцю, ботулізму, кліщового енцефаліту, стафілококових інфекцій тощо.

Для тривалого зберігання імунобіологічних препаратів нерідко застосовують ***ліофілізацію*** (грец. *lyo* – розчиняти + *phileo* – любити). Її сутність полягає у швидкому заморожуванні з наступним висушуванням за низького тиску (суха перегонка). Метод ліофілізації дає змогу отримувати препарати без втрати структурної цілісності та біологічної активності їх вмісту.

7.4. Харчові інфекції

До харчових інфекцій належать інфекційні захворювання, під час яких харчовий продукт є лише передавачем патогенних мікроорганізмів. Як правило, збудники інфекційних захворювань у харчовому продукті не розмножуються, що визначається вираженим паразитизмом цих мікробів, тобто потребою у живому організмі як середовищі для життєдіяльності. При цьому вони можуть тривалий час зберігати життєздатність і вірулентність, більшість з них виживають у продуктах і під час кріозаморожування.

Серед інфекційних захворювань, що передаються харчовими продуктами, розрізняють антропонозні (кишкові) та зоонозні інфекції.

До **кишкових інфекцій**, які є антропонозами, відносять черевний тиф та паратифи А і В, дизентерію, холеру, збудники яких вражають тільки людей. Джерелом інфікування є люди, хворі на кишкові інфекції, та бактеріоносії. Найбільш розповсюдженим шляхом передачі цих захворювань є інфіковані харчові продукти, але можлива передача збудника від хворих до здорових й іншими шляхами: контактно-побутовим – через інфіковані предмети, з ґрунтовими забрудненнями, а також водним шляхом.

Оскільки збудники кишкових інфекцій виділяються з організму хворих та бактеріоносіїв з виділеннями (фекаліями), а зараження здорових людей відбувається через ротову порожнину (з їжею, водою або у разі зіткнення з інфікованими предметами),

механізм передавання під час кишкових інфекцій має назву фекально-орального.

Черевний тиф та паратифи А та В протікають у людей як гостре кишкове захворювання з переважним ураженням тонкого кишечника. Збудниками цих інфекцій є бактерії з родини *Enterobacteriaceae,* роду *Salmonella.* Збудником черевного тифу є *Salmonella typhi* (відкрита 1870 р. К. Ебертом), паратифів А та В – відповідно, *Salmonella paratyphi A* та *Salmonella schottmueleri.* Усі вони мають подібні морфологічні й більшість біохімічних властивостей: це дрібні, грамнегативні, частіше – нерухливі палички, добре ростуть на живильних середовищах, факультативні анаероби. Диференціюють їх за рядом ферментативних та антигенних властивостей. Тифопаратифозні сальмонели не утворюють екзотоксин; у разі загибелі мікробної клітини в середовище виділяється ендотоксин, який є глюцидо-ліпідо-протеїновим комплексом, що має виражену хвороботворну дію. Більш вірулентними для людини є сальмонели, що викликають черевний тиф.

Основним шляхом передачі збудника черевного тифу є вода з будь-якого джерела, що забруднена фекаліями (виділеннями) хворих людей та бактеріоносіїв. З харчових продуктів найбільшу небезпеку має молоко, яке заражене людьми за його переробки та реалізації; можливе зараження через кулінарні вироби та страви, під час вживання сирих плодів та овочів. У разі паратифозних інфекцій основним шляхом передачі є харчові продукти.

Особливості розповсюдження інфекцій зумовлені стійкістю їхніх збудників у навколишньому середовищі. Так, термін виживання черевнотифозних паличок у воді становить від 5 до 30 днів, на річковій кризі – впродовж усього зимового періоду, в м'ясі – більше 3 місяців, на овочах та фруктах – до 10 днів, у кисломолочних продуктах – 3–5 днів, у вершковому маслі – до 26 днів. Більш тривалі терміни виживання у харчових продуктах мають паратифозні бактерії: наприклад, у вершковому маслі – до 33 днів; у кулінарних виробах (м'ясних котлетах, смаженій рибі, картопляному пюре, круп'яних гарнірах та ін.) паратифозні сальмонели не тільки зберігають життєздатність, але й за кімнатної температури можуть інтенсивно розмножуватися.

Сальмонели черевного тифу та паратифів чутливі до впливу різних фізичних і хімічних факторів, і тому присутність їх у воді та харчових продуктах свідчить, як правило, про порушення режимів знезаражування, що передбачені технічною та санітарною документацією на відповідних виробництвах. Так, сальмонели черевного тифу та паратифів чутливі до нагрівання: за 56°С вони гинуть упродовж 45–60 хв, під час кип'ятіння – за кілька секунд, під впливом дезінфікуючих речовин – за кілька хвилин. Присутність у воді активного хлору в дозі 0,05–0,5 мг на 1 л забезпечує надійне знезаражування води від черевнотифозних та паратифозних сальмонел, що покладено в основу державних регламентів із знезаражування питної води.

Бактеріальна дизентерія є типовою антропонозною кишковою інфекцією з фекально-оральним механізмом зараження. Збудниками дизентерії є бактерії родини *Enterobacteriaceae,* роду *Shigella.* Їх морфологічні та культуральні властивості відповідають характеристиці родини кишкових бактерій, проте на відміну від тифо-паратифозної групи вони не мають джгутиків і, отже, нерухливі. Відповідно до Міжнародної класифікації відомі чотири різновиди (підгрупи) шигел: *Sh. disenteriae, Sh. flexneri, Sh. boydii, Sh. sonne.* Підгрупи відрізняються за ферментативними та антигенними властивостями, здатністю до токсиноутворення і, отже, вірулентністю для людини, яка є єдиним біологічним «господарем» цього збудника. *Sh. disenteriae* продукує екзотоксин, який вибірково уражає слизову оболонку кишечника та нервову систему. Інші підгрупи дизентерійних бактерій розчинних токсинів не утворюють. Вони містять у клітинах речовини глюцидоліпідо-протеїнової природи – ендотоксини.

Стійкість дизентерійних бактерій у навколишньому середовищі досить висока: вони можуть зберігати життєздатність до 5–14 днів на предметах, посуді, в прісній та морській воді, на грошових знаках, сирих фруктах та овочах. Встановлені тривалі терміни виживання шигел у різних харчових продуктах, де вони не тільки зберігають вірулентність та життєздатність, але й можуть інтенсивно розмножуватись за кімнатної температури. Так, у молоці та молочних продуктах вони виживають упродовж одного

місяця і більше, ковбасних виробах – до 7 днів, кулінарних – від кількох годин до 40 днів і більше залежно від кислотності виробу та температури його зберігання. Більш тривалий термін виживання в харчових продуктах мають *Sh. sonne* (наприклад, у молоці після кип'ятіння та пастеризації до 17 днів за температури 4–6°С).

Під впливом високої температури дизентерійні бактерії гинуть у разі 60°С через 10–20 хв, під час кип'ятіння – за 3–4 хв; вони чутливі до дії дезинфікуючих речовин, наприклад розчинів хлорного вапна та хлораміну, тому причиною захворювань людини, як правило, є порушення санітарних і технологічних режимів виробництва харчових продуктів та охорони водоймищ. Більш чутлива до фізичних та хімічних факторів *Sh. disenteriae,* менш чутлива – *Sh. sonne.*

Найбільш розповсюдженим шляхом передачі збудників дизентерії є харчові продукти, що забруднені фекаліями людей – хворих та бактеріоносіїв; відомо також водний шлях передачі, а також контактно-побутовий – через предмети побуту (іграшки, посуд та ін.). Аналіз спалахів дизентерії серед населення свідчить про те, що з харчових продуктів найбільшу епідемічну небезпеку становлять молоко та молочні продукти. З ними пов'язана більшість спалахів дизентерії, які називають «молочними спалахами». Найчастіше вони викликаються шигелами Зонне, мають виражений сезонний (влітку і восени) та територіальний характер, тобто розповсюджуються в регіоні реалізації інфікованого молока. Водні спалахи дизентерії у 80 % випадків викликаються шигелами Флекснера. Для них характерна зимово-весняна сезонність, що пов'язана з паводками та вимиванням фекалій у водоймища, і масовість захворювань (до 1 000 і більше).

Клінічні прояви дизентерії різні й залежать від виду шигел: від захворювань типу харчових отруєнь до важких тривалих форм. Особливо важко проходить дизентерія, яка викликана *Sh. disenteriae,* що здатна продукувати екзотоксин. Після перенесеного захворювання часто залишається тривале бактеріоносійство, яке особливо епідеміологічно небезпечне серед персоналу харчових підприємств.

Холера – це гострий гастроентерит, важка кишкова інфекція, яка виникає, як правило, у вигляді спалахів захворювання в певних регіонах. Смертність від холери в минулому становила від 50–60 %. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), у зв'язку з використанням сучасної терапії (за умови своєчасно початого лікування) смертність значно знизилась і становить до 17 % серед хворих.

Холера – стародавнє захворювання. Її природними осередками постійного перебування (епідемічними) є Індія, басейни річок Ганг та Брахмапутра. В історії людства зареєстровано сім найбільш розповсюджених епідемій холери. 1970 р. випадки холери реєструвались і на території України (Одеса, Керч). Після перенесеного захворювання залишається тривале бактеріоносійство. Широко відоме також тривале, до кількох місяців, бактеріоносійство у людей, які не хворіли на клінічну форму холери, що особливо небезпечно як джерело розповсюдження захворювання.

Збудниками холери є холерний вібріон *Vibrio cholerae,* який належить до родини *Vibrionaceae,* роду *Vibrio.* Вперше холерні вібріони описані 1854 р. Ф. Пацині й детально досліджені 1883 р. Р. Кохом. Вони мають форму вигнутої маленької (до 3,0 мкм) палички, рухливі завдяки присутності джгутика, не утворюють спор і капсул, грамнегативні, продукують як екзо-, так і ендотоксини, що мають виражену токсичну дію.

Холерні вібріони стійкі у навколишньому середовищі: у виділеннях виживають до 5 місяців, у ґрунті – 2 місяці, на поверхні риби – до 40 днів. Найбільш вірулентний і стійкий до низьких температур різновид холерних вібріонів Ель-Тор виживає у морській та річковій воді більше 4 тижнів, на харчових продуктах – до 10 днів, у кишечнику мух – до 5 днів. Як показали дослідження, холерний вібріон може не тільки виживати у водоймах, але й розмножуватися у них, що обумовлює найбільш розповсюджений шлях передачі холери – водний. Разом з тим холерні вібріони менш стійкі до висушування, високих температур (за температури 100°С вони гинуть миттєво, за 80°С – впродовж 5 хв), чутливі до дезінфікуючих речовин, особливо до кислот, найбільш чутливі до дії шлункового соку (в розчині соляної кислоти 1/10 000 ги-

нуть за 1 хв). Факторами передачі холерних вібріонів є вода, їжа, забруднені предмети, брудні руки. У реалізації шляху передачі інфекції велику роль відіграють мухи. Мікроби потрапляють в організм людини через ротову порожнину в тонкий кишечник. Отже, механізм передачі інфекції, як і за інших кишкових інфекцій, – фекально-оральний.

Основним у профілактиці холери є проведення загальних протиепідемічних заходів з виявлення та ізоляції за особливими правилами хворих та бактеріоносіїв, санітарно-епідемічний контроль водойм та харчових підприємств.

Вірусні кишкові інфекції. Збудниками вірусних кишкових інфекцій є ентеровіруси. Це велика група вірусів, які живуть переважно у кишечнику людини, виділяються з фекаліями в навколишнє середовище і викликають різні за проявами захворювання людини.

Ентеровіруси найбільш дрібні (діаметр 20–30 нм) і найбільш просто організовані, мають сферичну форму, складаються з одноланцюгової лінійної плюс-стрічкової РНК і капсиду. Капсид побудований із 60 білкових субодиниць, розміщених за кубічним типом симетрії. Віруси не мають суперкапсидної зовнішньої оболонки. У їх складі не має вуглеводів і ліпідів, тому вони не є чутливими до ефіру та інших розчинників.

Ентеровіруси стійкі до факторів оточуючого середовища. Вони тривалий час зберігаються і виживають у воді, ґрунті, на деяких харчових продуктах і предметах побуту. Такі дезінфектанти, як фенол, спирт, поверхнево-активні речовини, малоефективні щодо ентеровірусів. Віруси гинуть унаслідок висушування, впливу ультрафіолетових променів, окиснювачів, формаліну, за температури 50°С упродовж трьох хвилин, під час кип'ятіння – через декілька секунд.

Спалахи ентеровірусних інфекцій реєструють упродовж усього року, але найбільше у літні місяці. Захворювання, викликані ентеровірусами, відзначаються масовістю. Щодо більшості захворювань специфічні засоби профілактики відсутні.

Протозойні кишкові інфекції. Збудниками протозойних кишкових інфекцій є найпростіші одноклітинні організми, які належать до роду протозоа.

Амебіоз – інфекційна хвороба викликана амебами *Entamoeba histolytica.* Збудник був відкритий 1875 р. Ф. Лешем. Збудник має дві стадії розвитку: вегетативну і цистну. Вегетативна стадія має декілька форм – тканинну, велику вегетативну, просвітну і передцистну. Циста (клітина у стадії спокою) має овальну форму, діаметр 9–14 мкм, утворюється з вегетативних форм у кишечнику. Просвітна форма має розмір 15–20 мкм, пересувається повільно, живе у просвіті товстої кишки, нешкідлива, але за певних умов стає патогенною і перетворюється у тканинну форму. Тканинна форма має розмір біля 30 мкм, рухлива, проникає у стінку кишки, викликає виразкові процеси.

Поза організмом людини тканинна і просвітна форми гинуть через 30 хв. Цисти стійкі в навколишньому середовищі, у воді і фекаліях зберігаються за температури 20°С упродовж місяця. У продуктах харчування, на овочах і фруктах цисти зберігаються декілька днів.

Джерелом інфікування амебіозом є людина. Зараження відбувається під час занесення цист з продуктами харчування, особливо овочами і фруктами, рідше з водою і через предмети домашнього побуту.

Цисти, які потрапили у кишечник людини, за сприятливих умов починають розмножуватися, викликаючи хворобу. Уражається верхній відділ товстої кишки з утворенням виразок, а часом і пряма кишка. Можлива перфорація кишкової стінки з розвитком гнійного перитоніту. Амеби з потоком крові часто заносяться у печінку, головний мозок, легені, спричинюючи некишковий амебіоз.

Профілактика амебіозу пов’язана з виявленням і лікуванням носіїв амеб і цист.

Балантідіоз (інфузорна дизентерія) – інфекційна хвороба, збудником якої є *Balantidium coli* з роду протозоа. Паразит має вегетативну і цистну стадії розвитку. Цисти з фекаліями потрапляють у зовнішнє середовище, де зберігаються тривалий час. Паразит у вегетативній стадії має овальну форму з війками. Зараження відбувається через рот. Паразит широко розповсюджений у природі, але рідко викликає захворювання.

7.5. Хвороби, що передаються людині від тварин

Зоонозні інфекції – це захворювання, на які хворіють люди та тварини. Джерелом зараження зоонозних інфекцій здебільшого є хвора тварина або бактеріоносій. До зоонозних інфекцій належать такі захворювання, як бруцельоз, сибірка, туляремія, туберкульоз, ящур.

Бруцельоз як захворювання людей був відомий ще Гіппократу. Більш детально вивчали цю хворобу в другій половині XIX ст. англійські дослідники на о. Мальта. Звідси бруцельоз називають ще «мальтійською лихоманкою». 1886 р. Д. Брюс відкрив і виділив збудника бруцельозу.

Бруцельоз поширений в усіх країнах. Найбільше він зустрічається у районах, де займаються тваринництвом.

Збудником бруцельозу людей і тварин є ***бруцели*** – дрібні, нерухливі бактерії, кулястої, овальної або більш продовгуватої форми, грамнегативні, спор не утворюють. За типом дихання бруцели є аеробними. Оптимальна температура росту – 37°С, однак вони можуть рости у широких температурних межах: від 6 до 45°С. Бруцели відносно стійкі до висушування та до високих температур: під час нагрівання до 55°С вони гинуть через 25–60 хв, до 65°С – через 5–10 хв, до 80°С – через 2 хв, у разі кип'ятіння – через декілька секунд. Сухий жар (90–95°С) вбиває їх через годину. Ультрафіолетові промені залежно від інтенсивності знищують бруцели від декількох хвилин до години.

Бруцели чутливі до дезинфікуючих речовин: 2 %-а карболова кислота, 1 %-е хлорне вапно, 0,01 %-ий хлорамін, 0,1 %-а сулема і соляна кислота вбиває їх упродовж декількох хвилин.

Усі види бруцел характеризуються тривалими термінами виживання у харчових продуктах: коров'ячому молоці – 2–3 дні, молоці кіз та овець – до кількох місяців, вершковому маслі – до 60 днів, сирах – 25–67 днів, бринзі – 14–45 днів, іноді 60 днів, м'ясі – 14–20 днів, кислому молоці, вершках, свіжих сирах – упродовж усього періоду їх харчової цінності, замороженому м'ясі – більше трьох місяців.

У воді бруцели зберігаються від 5 до 150 днів, у вологому ґрунті – до 72 днів, у сухому ґрунті – до 44 днів. У вовні бруцели зберігаються 3–4 місяці, у засолених шкурах – до двох місяців. До бруцельозу схильні всі сільськогосподарські, домашні, багато диких тварин, гризуни і птахи. У лабораторних умовах ним хворіють черепахи, жаби, ящірки та ін.

Тварини заражуються бруцельозом переважно через слизові оболонки травного тракту, очі, шкіру, піхви, у разі контакту з кормом, гноєм, виділеннями тварин, новонародженими і мертвонародженими тваринами від хворих самок. Потрапивши в організм, збудники проникають у лімфатичні вузли, де розмножуються, потім течією крові розносяться до різних органів, де знову розмножуються і потрапляють у кров. Для хворих тварин характерним є безсимптомний перебіг хвороби. У перші дні температура підвищується на 1–1,5°С, спостерігається втрата апетиту, часом виникають артрити, у самок у другій половині вагітності спостерігаються аборти. В організмі тварини бруцели можуть зберігатися 7–9 років. Від хворих бруцельозом тварин можна отримати здоровий молодняк. Заходів щодо лікування бруцельозу у тварин не розроблено.

Люди заражаються бруцельозом під час догляду за хворими тваринами, у процесі сортування вовни, обробки шкур каракулю, м'ясної сировини, вживання молока і молочних продуктів, бринзи, контакту з ґрунтом, гноєм і водою, зараженими бруцелами. Найчастіше хворіють на бруцельоз чабани, пастухи, доярки, робітники м'ясокомбінатів, вовнопереробних підприємств, ветеринарні і зоотехнічні працівники. Хвора людина рідко є джерелом зараження для оточуючих.

Вхідними для бруцел у людини є травний тракт, дихальні шляхи, слизові оболонки, пошкоджена шкіра. Інкубаційний період у людей у разі бруцельозу становить 1–3 тижні. Збудники проникають у лімфатичні вузли, кровоносні судини і розносяться течією до мозку та інших органів. Інфекційний процес уражає серцево-судинну, кістково-суглобову, нервову, статеву системи, органи зору і слуху.

Одним з найбільш постійних і об'єктивних проявів бруцельозу у людини є лихоманка, незначне підвищення температури.

Хворий скаржиться на поганий загальний стан, безсоння, апатію, пітливість, потім на болі у суглобах, крижах. Хвороба триває довго – від 3 до 10 місяців, у деяких хворих інвалідність спостерігається багато років.

З метою знезараження продуктів тваринництва молоко варто пастеризувати нагріванням до 70°С упродовж 30 хв або кип'ятити. Бринзу витримують не менше двох місяців, тверді сири не менше трьох місяців. М'ясо проварюють або витримують після посолу не менше двох місяців, консервують або переробляють на ковбаси. Вовну від овець з метою самоочищення від бруцел випускають після попереднього витримування на складах не менше двох місяців, овчину витримують на складах також не менше двох місяців, а шкури – не менше одного місяця.

Для попередження захворювання людей проводять охоронні заходи у місцях, де обробляють продукти тваринництва. Хворих на бруцельоз людей ізолюють і лікують, приміщення дезінфікують. Важливим є дотримання людьми правил особистої гігієни, використання робітниками м'ясопереробних підприємств спецодягу.

Сибірська виразка, сибірка (злоякісний карбункул, вогневик, перський вогонь) належить до древніх інфекцій. Перший опис цього захворювання у людини зробив Моран 1766 р. у Парижі. Випадки захворювання на сибірку тварин і людей реєструються по всій планеті. У Європі найбільш висока кількість захворювань відзначається в Португалії, Іспанії, Італії, Греції; у Латинській Америці – у Мексиці й Чилі; в Азії – у Туреччині та Іраку. Сибірка зустрічається у Дагестані, Казахстані, Киргизії, Узбекистані, Таджикистані, Ставропольському краї, Україні.

Збудник сибірки першим побачив під мікроскопом і описав А. Паллендер 1849 р., чисту культуру його виділив Р. Кох 1876 р.

Збудником сибірки є *Bac. antracis* – нерухлива, спороутворювальна, грампозитивна паличка. Вегетативні форми збудника у зовнішньому середовищі малостійкі. У разі нагрівання до 50°С паличка гине через 30 хв, до 60°С – через 15 хв, більше 75°С – через 1 хв. Мікроб стійкий до низької температури. Вегетативні клітини сибірки знешкоджуються 5 %-м розчином хлорного

вапна або карболової кислоти, 1 %-м розчином сулеми, формальдегідом, перекисом водню.

Поза організмом тварини і людини палички сибірської виразки за сприятливої температури (15–42°С) і наявності кисню утворюють спори, які у зовнішньому середовищі, на відміну від вегетативних форм, досить стійкі. У воді вони зберігаються декілька років, у ґрунті – десятки років. Сухий жар вбиває спори за 140°С через 3 год, кип'ятіння – через 45–60 хв, 10 %-ий розчин їдкого натру і 1 %-ий розчин формаліну – через 2 год. У шкірах тварин після дублення спори сибірки залишаються живими і зберігаються роками. Засолювання м'яса не знищує спор сибірської виразки. Потрапивши у зовнішнє середовище, спори сибірки за наявності кисню, температури 30–37°С, відповідних поживних речовин проростають і перетворюються на вегетативну форму.

До сибірки сприятливі майже всі види сільськогосподарських тварин: велика рогата худоба, коні, олені, вівці, кози, рідше свині; дикі тварини: кабани, козулі, лосі, зубри, зебри, жирафи. Сибіркою хворіють хижаки, м'ясоїдні тварини, гризуни, навіть слони. Легко заражаються нею лабораторні тварини: кролики, морські свинки, білі миші, мавпи.

Сільськогосподарські тварини заражаються сибіркою переважно на пасовищах через ґрунт, уражений мікробами. Внаслідок високої стійкості спор пасовища є зараженими багато років. У народі їх називають «прокляті поля». Збудниками сибірської виразки земля може забруднюватися під час вимушеного забою хворих тварин, у разі здирання шкур і розтину трупів, виносу на поверхню ґрунту спор із неправильно влаштованих скотомогильників, рознесення частин трупів хворих тварин хижаками (вовки, лисиці та ін.) і птахами, вивозу на поля мулу, використання кісткового борошна, отриманого від хворих тварин, для удобрення. У період надмірних опадів, розливів річок, зливів, які розмивають ґрунт, спори сибірки можуть рознестися водою на значні відстані. Небезпечними є водоймища, у які стікають незнезаражені води підприємства, що переробляють тваринну сировину, земляні роботи під час будівництва та освоєння нових угідь. М'ясоїдні тварини (вовки, лисиці, єноти, коти, собаки та ін.) заражаються

сибіркою у разі поїдання хворих тварин і довгий час виділяють з калом спори та заражають ними землю, переносячи хворобу на великі відстані. Причиною зараження свійських тварин може бути згодовування їх кістковим, кров'яним чи м'ясним борошном, одержаним від хворих тварин, фуражем, коренеплодами і картоплею, погано очищеною від землі. Сибірка може передаватися від хворих тварин кровосисними мухами, мошками, ґедзями, комарами та іншими комахами.

В організм тварин збудник сибірки проникає через слизисту оболонку шлунково-кишкового тракту і шкіру. У тварин захворювання протікає у кишковій або шкірній формі. Інкубаційний (прихований) період переважно триває 1–3 доби, часом у великої рогатої худоби, свиней і коней – 5–7 діб. У всіх хворих тварин підвищується температура до 41–42°С і вище, частішає пульс, дихання, стан пригнічений або збуджений.

За шкірної форми на голові, у грудній частині, плечах й інших місцях розвиваються карбункули та інфільтрати. У великої рогатої худоби на губах, щоках, язиці, піднебінні утворюються пухирі. У хворих свиней часто виявляють ангіну або фарингіт, набряки гортані, язика і твердого піднебіння, спостерігається блювання, кашель, слабкість, бажання заритися у підстилку, шкіра набуває синювато-червонуватого відтінку.

За кишкової форми сибірки характерні запор, кров'яний пронос, здуття, кольки, виділення після смерті кров'янистої рідини.

Зараження людей сибіркою відбувається переважно від хворих домашніх тварин під час догляду за ними, вимушеного їх забою, розтину трупів, здирання шкур, розбирання туш, у разі контакту з тваринною сировиною під час обробки вовни, хутра, волосу, щетини, костей, рогів, копит, кулінарної обробки м'яса, у процесі зберігання, використання, транспортування, шиття й використання хутряного одягу (головні убори, рукавиці, кожухи, шкарпетки, панчохи та ін.), щіток, помазків для бриття. Трапляються випадки зараження людей внаслідок споживання м'яса і м'ясних продуктів, молока від хворих тварин, вдихання інфікованого повітря, через ґрунт, воду, одяг, укуси комах. Випадки зараження людини від людини досить рідкі.

В організм людини збудники сибірки проникають переважно через шкіру відкритих частин тіла і слизові оболонки дихальних шляхів та травного тракту. Інкубаційний період триває від декількох годин до 8 днів. Залежно від місця проникнення збудника розрізняють шкірну, кишкову і легеневу форми хвороби.

Шкірна форма виникає найчастіше (більше 95 % випадків) і характеризується розвитком специфічного карбункула та проявами загальної інтоксикації. У місці проникнення мікроба після закінчення інкубаційного періоду з'являється червонувата або синювата плямка, потім утворюється мідно-червона свербляча папула, яка перетворюється у пухирець 2–3 мм у діаметрі, наповнений червонуватою рідиною. Після розриву пухирця утворюється виразка, а навколо неї багровий набряк у формі валика – сибірковий карбункул, характерним для якого є відсутність болю і те, що він не гноїться. Біля пухирця, що лопнув утворюються дочірні пухирці, що також лопаються, збільшуючи розмір виразки. Найтяжче переноситься карбункул на шиї та голові. У перші дні у разі появи прища стан хворого задовільний, потім під час інтоксикації підвищується температура до 39–40°С, спостерігається загальна слабкість, запаморочення і головний біль, зниження артеріального тиску, апетиту, може бути нудота і блювання. Цей період триває від 3 до 6 днів. У процесі своєчасного і правильного лікування хворий видужує. Струп на карбункулі відпадає на 10–30-й день. У деяких випадках розвивається сепсис і хворий помирає.

Кишковою формою сибірки людина заражається у разі споживання ковбас, фаршу, непровареного м'яса хворих тварин. Захворювання починається гостро: температура підвищується до 39–40°С, з'являється слабкість, запаморочення, головний біль, часом блювання, пронос, збільшується селезінка і печінка, артеріальний тиск і частота пульсу знижаються, з'являється ріжучий біль у животі, можуть бути судоми, втрата свідомості. Хвороба триває 1–4 дні й закінчується смертю. У виключних випадках хворий видужує.

Легенева хвороба сибірки є переважно професійним захворюванням, пов'язаним із сортуванням вовни, волосся, обробкою

шкур заражених тварин. Перебіг хвороби бурний і важкий. Температура підвищується до 39–40°С, з'являється біль у грудях, кашель, катар, сльозовиділення, карбункул, що утворюється у трахеї, уражає бронхіальні лімфатичні залози, викликає запалення легень, швидко прогресують явища загальної інтоксикації. На 2–3-й день у разі явищ колапсу, набряку легень хворий помирає.

Для попередження зараження ґрунту трупи померлих на сибірку тварин знезаражують у чіткій відповідності з «Ветеринарно-санітарними правилами при утилізації, прибирання й знищення трупів тварин і відходів». За підприємствами, які переробляють тваринну сировину, встановлюють постійний ветеринарно-санітарний нагляд. Стічні води таких підприємств дезінфікують, сміття і відходи спалюють.

У несприятливих місцях проводять профілактичну вакцинацію тварин. На зараженій території заборонено випас худоби. Хворих тварин і підозрілих на захворювання сибіркою негайно ізолюють, а приміщення, де вони перебували, дезінфікують. Залишки кормів, підстилку, гній спалюють, землю, де лежав труп тварини, обпалюють і заливають 20 %-им розчином хлорного вапна.

М'ясо хворих на сибірку тварин, вироби з нього і молоко заборонено вживати в їжу. Тваринну сировину: шерсть, волос, щетину, шкури тощо – дезінфікують.

Під час виявлення захворювання на сибірку у господарствах встановлюють ветеринарний карантин, який знімають через 15 днів після реєстрації останнього випадку захворювання серед тварин.

З метою запобігання зараження сибіркою людей, які працюють на м'ясокомбінатах, підприємствах з переробки тваринної сировини, забороняється заготівля сировини у господарствах, де існує карантин. Роботу, пов'язану з контактом із заразними тваринами і сировиною, варто виконувати у захисному одязі: комбінезоні, гумових чоботях, рукавицях, масці. Людей, хворих на сибірку, ізолюють, забезпечують окремим посудом та іншими необхідними предметами. На місці проживання хворого на сибірку проводять дезінфекцію. Білизну, одяг, посуд також дезінфікують.

Особи, які контактують із заразними тваринами чи хворими людьми, проходять профілактичне щеплення.

Збудниками **туляремії** є дрібні, аеробні, паличкоподібні, близькі до кулястих бактерії – рухливі, грамнегативні, інколи в організмі утворюють капсули, добре ростуть на середовищах, які багаті на вітаміни. Наявність екзотоксину в них не встановлено. Палички туляремії досить стійкі до зовнішнього впливу: у зерні збудник зберігається до 130 днів, у воді та трупах гризунів – до 90, в печеному хлібі – до 20, у ґрунті – до 10 днів, за низьких температур – більше 3-х місяців. Однак під час нагрівання вже до 60°С палички туляремії гинуть через 10–15 хв.

Джерелом інфекції є хворі на туляремію польові та домашні гризуни, а з домашніх тварин – коти, собаки, свині, верблюди. Люди заражаються туляремією різними шляхами, одним з яких є харчовий, що викликає розвиток кишкової форми захворювання. При цьому збудники передаються людині у разі вживання води та продуктів харчування, що забруднені виділеннями хворих гризунів.

Профілактика включає загальні протиепідемічні заходи в осередках: боротьбу з гризунами, комахами-носіями, охорону водоймищ, харчових продуктів та продовольчої сировини від доступу гризунів, а також імунізацію людей за епідемічними показниками.

На **туберкульоз** хворіє багато сільськогосподарських тварин. Збудниками хвороби є паличкоподібні мікроби *Mycobacterium tuberculosis,* відкриті й описані 1882 р. Р. Кохом (звідси назва «паличка Коха»). Туберкульозні бактерії аеробні, нерухливі, спор не утворюють, грампозитивні. Туберкульозні палички не утворюють екзотоксини, вони містять токсичні речовини, що виділяються під час розпаду клітин. Характеризуються стійкістю до фізичних та хімічних факторів навколишнього середовища і можуть тривалий час зберігатися у харчових продуктах: у сировині – до 2-х місяців, у кисломолочних продуктах – до 20 днів, у замороженому м'ясі – до одного року. Знезараження харчових продуктів здійснюється основним чином за термічної обробки: у молоці туберкульозна паличка гине під час нагрівання

до 100°С одразу, до 70°С – через 0,5–1,0 хв, до 55°С – через одну годину.

Зараження людини можливе через дихальні шляхи у разі контакту з хворими тваринами, через молоко та молочні продукти, у процесі вживання в їжу недостатньо провареного м'яса, отриманого від хворих тварин або курячих яєць. Профілактика туберкульозу включає великий комплекс державних заходів, серед яких санітарні заходи знезараження харчових продуктів.

Можливість та спосіб використання м'яса тварин, що хворі на туберкульоз, визначають ветеринарно-санітарні органи залежно від форми захворювання та ступеня генералізації (розповсюдження інфекційного процесу в організмі тварин). Молоко хворих тварин використовувати для вживання не дозволяється. Оскільки зараження людини можливе й пташиним видом мікобактерій туберкульозу, курячі яйця із заражених господарств використовують тільки у кондитерській промисловості у процесі виготовлення виробів, що підлягають високотемпературній обробці.

Збудниками зоонозів можуть бути й віруси. Прикладом вірусної харчової інфекції є **ящур** – гостре інфекційне захворювання, джерелом зараження якого є хворі тварини: велика рогата худоба, вівці, кози та свині. Збудником захворювання є вірус роду *Rhinovirus,* який вперше описали 1897 р. Ф. Лефлер та П. Фрош. Вірус ящуру стійкий до впливу факторів зовнішнього середовища. У виділеннях хворих тварин він зберігається впродовж двох місяців, на вовні – до двох днів, у м'ясі інфікованих тварин вірус гине через 2–3 дні. В умовах низьких плюсових температур він може виживати до 10–12-ти днів. Так, у свіжому вершковому маслі вірус виявляють упродовж 8-ми днів, а під час зберігання масла на холоді – до 45-ти днів. Разом з тим вірус чутливий до дезінфікуючих речовин – формаліну та лугів, до дії кислот (у кисломолочних продуктах він практично не виживає).

Зараження людини вірусом ящуру відбувається у разі безпосереднього контакту з хворими тваринами або з предметами догляду за ними, а також під час вживання продуктів харчування, які отримані від хворих тварин (сирого молока та молочних

продуктів, незнешкодженого м'яса та виготовлених з нього м'ясопродуктів).

Профілактика забезпечується кип'ятінням молока та його реалізацією в межах господарств, знезараженням м'яса тварин, що хворі на ящур, проварюванням з наступним використанням у ковбасному виробництві. Важливим гігієнічним заходом профілактики ящуру у господарствах є захист рук та обличчя у процесі догляду за тваринами.

7.6. Харчові отруєння

Харчові отруєння мікробного походження – це гострі захворювання, що виникають у результаті споживання харчових продуктів, які масово забруднені певними видами мікроорганізмів або містять токсичні для організму речовини мікробного походження.

Загальними ознаками для харчових отруєнь мікробного походження є: чіткий зв'язок з прийманням певної їжі, раптовий початок, короткий інкубаційний період, швидке одужання після вилучення з раціону недоброякісної їжі, а також відсутність контагіозності, тобто зараження людей безпосередньо від контакту з хворими. Збудниками харчових отруєнь є, як правило, потенційно-патогенні мікроорганізми, що викликають захворювання у результаті одночасного масового попадання (більше 1 млн / г ($см^3$) у шлунково-кишковий тракт мікробних тіл та продуктів їхньої життєдіяльності – токсинів.

Причини цих захворювань, особливості розповсюдження та заходи профілактики користувались пильною увагою в суспільстві здавна, але тільки у XX ст. на основі еволюційних поглядів щодо збудників захворювань і сучасного уявлення про механізм передачі інфекцій та їх протікання сформульоване поняття харчового отруєння та запропонована класифікація.

Класифікація харчових отруєнь мікробного походження, що систематизує їх стосовно етіологічного (збудник) та патогенетичного (розвиток хвороби) механізму захворювання наведена у табл. 7.2.

Таблиця 7.2

Класифікація харчових отруєнь

Група отруєнь	Збудник захворювання
Токсикоінфекції	Бактерії роду *E. coli* (ентеропатогенні серотипи) Бактерії роду *Proteus (mirabilis et vulgaris)* Ентерококи *(St. faecalis var liquefaciens et zymogenes)* Спороносні анаероби *(Cl. perfringens)* Спороносні аероби *(Bac. cereus)* Патогенні галофіли (*Vibrio parahaemoliticus*) Маловивчені мікроорганізми (*Citrobacter, Hafnia, Klebsiella, Edvardsiella, Yersinia, Pseudomonas, Aeromonas* та ін.)
Бактеріотоксикози, токсикози	Ентеротоксигенні стафілококи (*St. aureus*) *CI. botulinum*
Мікотоксикози	Гриби роду *Aspergillus* Гриби роду *Fusarium* Гриби роду *Claviceps purpurea*
Міксти (змішаної етіології)	*Bac. cereus* та ентеротоксигенний стафілокок *Proteus* та ентеротоксигенний стафілокок

Відповідно до наведеної класифікації мікробні харчові отруєння поділяють на *токсикоінфекції, токсикози* та *міксти* (змішаної етіології). Серед мікробних токсикозів розрізняють *бактеріотоксикози* й *мікотоксикози.*

7.7. Харчові токсикоінфекції

Харчові токсикоінфекції – це гострі, нерідко масові захворювання, що виникають у процесі вживання харчових продуктів, які містять велику кількість (10^5–10^6 і більше на 1 г або 1 мл продукту) живих збудників і їх токсини, що виділені під час розмноження та загибелі мікроорганізмів. Поряд з ознаками, що є загальними для всіх харчових отруєнь мікробного походження, токсикоінфекції характеризуються такими особливостями:

✓ розвиваються як масовий спалах захворювання у колективі людей, що виникає у разі централізованої реалізації забрудненого мікробами продукту через мережу громадського харчування або великі торговельні підприємства; дрібні групові або

окремі захворювання виникають під час використання епідеміологічно небезпечного продукту в сімейному або індивідуальному харчуванні;

✓ мають територіальну обмеженість захворювання, що обумовлена ареалом реалізації забрудненого мікробами продукту;

✓ виникають одночасно у всіх, хто вживав одну й ту саму їжу, що була забруднена потенційно-патогенними мікроорганізмами.

До найбільш розповсюджених збудників харчових токсикоінфекцій належать бактерії родів *Escherichia* і *Proteus,* ентерококи, *Cl. perfringens, Bac. cereus, Vibrio parahaemoliticus* та ін.

Токсикоінфекції, викликані бактеріями роду кишкової палички. Упродовж тривалого часу рід *Escherichia coli* відносили до умовно-патогенних бактерій. На сьогодні передбачається розподіл різних штамів *Escherichia coli* на непатогенні й патогенні. Патогенність кишкових паличок визначається здатністю штаму до токсиноутворення, а також до розмноження не тільки у товстій, але й у тонких кишках. Токсичність *Escherichia coli* пов'язана з глюцидо-ліпідо-протеїновим комплексом клітини, тобто з ендотоксином, проте значна частина патогенних штамів здатна до утворення термолабільних і термостабільних екзотоксинів (ентеротоксинів). Деякі штами *Escherichia coli* здатні до гемолітичної дії, виділяють нейротропні екзотоксини та ін.

Для диференціації патогенних *Escherichia coli* від непатогенних визначають антигенну структуру цих бактерій. При цьому провідне значення має антиген внутрішнього вмісту клітини, який називають *О-антиген.* На підставі антигенної структури кожний варіант кишкової палички за цією ознакою позначається формулою із зазначенням антигену та його різновидів, яку позначають арабською цифрою. Відповідно до класифікації ВООЗ патогенні ешеріхії за клінічними проявами захворювань умовно поділяють на три групи:

✓ ентеропатогенні *Escherichia coli* – викликають коліентерити – ураження тонких кишок у дітей;

✓ ентероінвазивні *Escherichia coli* – викликають дизентерієподібні захворювання з ураженням товстих кишок;

✓ ентеротоксигенні *Escherichia coli* – викликають холероподібні гастроентерити, які пов'язані з продукуванням кишковими паличками ентеротоксинів. Поряд з токсикоінфекціями наведені й інші захворювання, що викликані патогенними штамами *Escherichia coli:* менінгіт, пієліт, цистіт, сепсис та ін.

Резистентність *Escherichia coli* у навколишньому середовищі досить висока. Вони можуть місяцями зберігати життєздатність у ґрунті, воді, на предметах побуту. *Escherichia coli* більш стійка до дії фізичних і хімічних факторів навколишнього середовища, ніж сальмонели та шигели.

Джерелами патогенних штамів *Escherichia coli* є люди та тварини. На відміну від сальмонельозів за колітоксиноінфекцій основним джерелом забруднення харчових продуктів є люди, хворі на коліентерит та на інші захворювання, що викликаються *Escherichia coli,* а також бактеріоносії.

Причиною харчового отруєння, викликаного патогенною кишковою паличкою може бути споживання овочевих, яєчних, молочних, м'ясних, рибних страв (салати, вінегрети, картопляне пюре, холодні закуски, ковбаси, смажена риба та ін.) уже термічно оброблених і заражених бактеріями через інвентар, обладнання, тару, руки в результаті недотримання санітарних правил. Захворювання частіше спостерігається у теплу пору року.

За колібактеріальної токсикоінфекції інкубаційний період становить 4–10 год, тривалість захворювання 1–3 дні. Клінічні вияви хвороби подібні до токсикоінфекцій, спричинюваних іншими мікробами.

Профілактика захворювань включає: своєчасне виявлення та лікування хворих і бактеріоносіїв серед персоналу харчових підприємств; ветеринарно-санітарний нагляд за тваринами з метою виявлення хворих на коліентерити та реалізацію м'яса хворих тварин за правилами «умовно придатної» сировини; чітке дотримання санітарного режиму обігу продуктів харчування.

Токсикоінфекції, викликані бактеріями роду «протей». Токсичність протея пов'язана основним чином з ентеротоксином – глюцидо-ліпідо-протеїновим комплексом клітини і виявляється у

разі її руйнування, однак відомі штами протея, що виробляють ентеротоксин.

Протей широко розповсюджений у природі, може перебувати у кишечнику здорових людей (у 6–8 % випадків виділяється з фекаліями здорових людей) і є відомим збудником гнильного псування харчових продуктів.

На харчові продукти протей потрапляє через забруднення фекаліями людей і тварин під час транспортування, зберігання та технологічної обробки. Відомі випадки зараження м'яса за життя тварин, хворих на кишкові захворювання, що викликаються протеєм. Найчастіше спалахи протейних токсикоінфекцій виникають у процесі куштування сирого фаршу, вживанні кров'яних ковбас, риби, інколи страв з овочів та картоплі, які виготовлені з порушенням санітарних правил виробництва та реалізації продуктів харчування. Відомі випадки отруєнь й у разі індивідуального харчування. Варто зазначити, що протей як протеолітичний мікроорганізм не здатний розщеплювати молекулу білка, і його участь у процесі гниття починається зі стадії розпаду поліпептидів, тобто протей приєднується до процесів, що почали інші гнильні мікроорганізми. Тому у продуктах, які піддавались тепловій обробці і після цього були забруднені протеєм, відсутні будь-які ознаки псування і на вигляд вони доброякісні.

Збудниками харчових токсикоінфекцій переважно є *Proteus vulgaris* або *Proteus mirabilis.*

Закономірність розповсюдження у процесі спалахів протейних токсикоінфекцій мало чим відрізняється від спалахів колібактеріальних токсикоінфекцій. Відомо, що під час спалахів протей виявляють у виділеннях у 65–100 % хворих.

За протейних токсикоінфекцій інкубаційний період триває 4–6 год, іноді 24–36 год. Характерні ознаки захворювання: температура 38,5°С, рідко до 40°С, біль у животі, багаторазове блювання, стілець з домішками крові, у тяжких випадках – загальна слабкість, корчі, синювато-червоне забарвлення шкіри. Особливістю спалахів протейної токсикоінфекції є їхня тривалість, іноді поворотність. Спалахи найчастіше виникають у теплу пору року. Профілактичні заходи ті ж самі, що й у разі

інших токсикоінфекцій – базуються на наведенні санітарного порядку на всіх етапах виготовлення їжі та посиленні санітарного нагляду.

Токсикоінфекції, викликані ентерококами. Ентерококи (стрептококи) як можливі збудники харчових токсикоінфекцій стали відомими близько п'ятдесяти років потому. Вони є постійними жителями кишечника людини і тварин, крім того, часто виявляють їх у зовнішньому середовищі. Серед великої групи ентерококів існують патогенні штами, які є збудниками харчових токсикоінфекцій. Ентеротоксигенні властивості виявлено у *Str. faecalis var liquefaciens* і *Str. faecalis var zymogenes.* Унаслідок високої адаптивної здатності до умов існування ентеротоксигенність цих мікробів непостійна.

Джерелами інфікування харчових продуктів ентерококами – збудниками харчових токсикоінфекцій є люди та тварини (хворі та бактеріоносії); шляхи забруднення ті ж самі, що й за інших токсикоінфекцій. Механізм зараження людини – фекально-оральний. Як правило, харчові токсикоінфекції ентерококового походження виникають після вживання в їжу різних готових страв та харчових продуктів, що не підлягають повторній тепловій обробці перед вживанням: ліверних та кров'яних ковбас, сосисок, сиру, м'ясних січених виробів, холодцю та заливних страв, картопляного пюре, кремів, пудингів та ін. Ентерококи інтенсивно розмножуються на харчових продуктах за кімнатної температури, за добу їх концентрація у їжі досягає значної кількості. Ентерококи викликають ослизнення продуктів і надають їм неприємного гіркого смаку.

Інкубаційний період від моменту проникнення збудника в організм людини до появи перших ознак захворювання від 3 до 18 год. Проявами хвороби є нудота, блювання, біль у шлунку та животі, пронос. Тривалість захворювання від декількох годин до декількох діб.

Профілактичні заходи для попередження харчових токсикоінфекцій ентерококового походження аналогічні до тих, які здійснюються у разі колібактеріальних та протейних токсикоінфекцій.

Токсикоінфекції, викликані бактеріями *Clostridium.* Джерелом зараження харчових продуктів *Cl. perfringens* є люди та тварини, а найбільш вірогідним фактором передавання – ґрунтові забруднення сировини і, отже, недотримання режимів первинної обробки продовольчої сировини. Можливе забруднення сировини тваринного походження патогенними штамами *Cl. perfringens* як за життя тварини, так і після забиття. Спори *Cl. perfringens* можуть зберігатися життєздатними після звичайної кулінарної обробки і переходити в активні вегетативні форми під час зберігання готових виробів у сприятливих для росту умовах (температура 22–37°С).

Описано токсикоінфекції, що викликані вживанням у їжу переважно кулінарних виробів та страв, які забруднені *Cl. Perfringens:* котлет з яловичини та баранини, тушкованого, смаженого та вареного м'яса, пирогів з лівером, виробів з курячого м'яса, холодцю. Частота виникнення токсикоінфекцій у результаті вживання виробів з м'яса пояснюється тим, що основним джерелом зараження сировини є тварини. Описані також випадки захворювання, що пов'язані з вживанням молока, бринзи, риби та ін.

Токсикоінфекції, викликані бактеріями *Cl. perfringens*, відзначаються коротким інкубаційним періодом (від 5 до 22 год) і бурхливим перебігом. У разі попадання в організм людини мікробів у хворих з'являється нудота, пронос, біль у животі, спазми, температура переважно нормальна. Перебіг хвороби, звичайно, легкий, а у дітей, літніх та ослаблених людей – більш тяжкий. Тривалість захворювання – одна-дві доби, у тяжких випадках – до п'яти діб і більше. За епідемічних спалахів смертність може становити 7 %.

Оскільки основний механізм передачі обумовлений збереженістю спор у продуктах та стравах після термічної обробки, профілактичні заходи включають чітке дотримання термінів швидкої реалізації кулінарних виробів та страв з м'яса, молока, риби тощо для запобігання можливому проростанню спор та накопиченню у продуктах активних вегетативних клітин.

Токсикоінфекції, викликані бактеріями *Bac. cereus.* Перший вірогідний опис спалаху харчової токсикоінфекції, викликаного *Bac. cereus,* належить С. Хауге (1950 р.). Пізніше *Bac. cereus* були виявлені у разі харчових отруєнь у багатьох країнах Європи та в Америці, на території країн колишнього СРСР, однак частота харчових захворювань, що викликані *Bac. cereus,* невелика і, за даними Г. Каліни, становить 2–3 % від загальної кількості харчових токсикоінфекцій.

Джерелом зараження навколишнього середовища *Bac. cereus* є люди та тварини. Так, наприклад, причиною зараження молока та молочних продуктів може бути мастит вимені корів, що був викликаний *Bac. cereus.* Шляхом передавання збудників є продукти рослинного та тваринного походження; описані спалахи токсикоінфекцій, обумовлені смаженою рибою, свининою, ліверною ковбасою, ванільним, кремовим та яєчним соусами тощо, що були забруднені *Bac. cereus.* Встановлено, що *Bac. cereus* є типовим умовно-патогенним мікроорганізмом, оскільки для розвитку харчового отруєння, що ним викликається, суттєве значення має кількісний фактор: у продуктах, що викликали токсикоінфекцію, кількість *Bac. cereus,* як правило, перевищує $10–10^6$ КУО/г. Під час лабораторних досліджень харчових продуктів *Bac. cereus* виявляється досить часто у копчених ковбасах, котлетах, котлетному фарші, січеній свинині.

Токсичну дію на організм людини спричиняють екзотоксини, що виділяються *Bac. cereus.* Однак скандинавський учений Б. Нігрен (1961 р.) дійшов висновку, що суттєве значення у розвитку отруєння мають також і біохімічні перетворення деяких компонентів харчових продуктів під впливом *Bac. cereus.* Наприклад, розщеплення лецитину, який міститься у продукті або був введений як емульгатор, з утворенням фосфохоліну, що справляє специфічну токсичну дію на епітелії тонкого кишечнику.

Інкубаційний період під час токсикацій, обумовлених бактеріями *Bac. cereus*, триває від 4 до 16 год. Захворювання починається гостро: нудота, рідко блювання, колікоподібні болі у животі, пронос до 10–20 разів на добу, температура нормальна або

трохи підвищена. Тривалість перебігу до двох діб. У разі тяжкого перебігу хвороби можлива загальна інтоксикація організму.

Профілактичні заходи є аналогічними до тих, які проводяться у випадку токсикоінфекцій, що викликаються *Cl. perfringens.*

Сальмонельозні токсикоінфекції. Сальмонельози є найбільш розповсюдженими захворюваннями, які пов'язані зі споживанням харчових продуктів. В Україні сальмонельози займають провідне місце серед харчових отруєнь мікробного походження. У США щорічно на сальмонельоз хворіє від 40 тис. до 4 млн людей.

Основним джерелом зараження людей є хворі на сальмонельоз тварини та птиця. Найбільшу епідемічну небезпеку має велика рогата худоба, свині, свійська птиця, водоплавна птиця, в тому числі гуси та качки. В останні роки виділено сальмонели у курей та індиків. У ряді країн Європи зареєстровано великі спалахи сальмонельозів у результаті зараження від домашніх тварин – собак, кішок, черепах. Виявлено випадки сальмонельозів, за яких джерелом зараження були люди – хворі та бактеріоносії. Таким чином, сальмонельози за характером джерела збудника є зоонозно-антропонозними захворюваннями.

Основним джерелом у передачі сальмонел є м'ясо та м'ясопродукти (70–80 %), зараження яких настає як за життя забійних тварин, так і після забою, а м'ясопродуктів – у разі порушення технологічних режимів та санітарних умов виробництва й зберігання. Епідеміологічна небезпека м'яса хворих сальмонельозами тварин та птиці криється в тому, що захворювання супроводжується інтенсивним накопиченням бактерій у м'язовій тканині та всіх органах; крім того, за даними В. Ванханена та К. Данилова, до 5–8 % зовнішньоздорових тварин є носіями сальмонел.

Фактором передачі сальмонельозів є також молоко, отримане від хворих тварин, та молочні продукти. Відомий, наприклад, шлях розповсюдження захворювань через морозиво, виготовлене у фризерах («м'яке» морозиво).

Описано випадки захворювань, пов'язані з птахопродуктами, особливо яйцями водоплавної птиці.

Небезпечним та достатньо відомим шляхом передачі сальмонельозів є харчові продукти, що заражені сальмонелами, так званим перехресним шляхом, тобто у процесі зіткнення з інфікованими продуктами тваринного походження. У зв'язку з цим описано великі спалахи сальмонельозів, які викликані продуктами, що не є природним резервуаром сальмонел – салатами з овочів, вінегретами, стравами з риби та ін.

Під час порушення правил особистої гігієни персоналом харчових підприємств, особливо закладів ресторанного господарства, джерелом та фактором передачі сальмонел можуть бути виділення хворих та бактеріоносіїв, а також заражені ними продукти.

У розвитку захворювань людини сальмонельозом основну роль відіграють живі збудники, патогенетичні прояви яких різноманітні. Ендотоксин, який звільняється під час загибелі сальмонел, викликає в організмі характерний для цього захворювання комплекс харчової токсикоінфекції.

Існують різні клінічні прояви сальмонельозів. У людини сальмонели найчастіше викликають захворювання, під час яких основним клінічним симптомом є гострий гастроентерит або гострий гастроентероколіт, тобто вони проходять за типом харчового отруєння мікробного походження – токсикоінфекції. Перебіг цієї форми захворювання різний – від легкої форми до надто тяжкої зі смертельним кінцем; тривалість інкубаційного періоду (від моменту зараження до проявів клінічних ознак хвороби) – від 6 до 24 год, рідше – до 2 діб; тривалість захворювання – 1–2 доби, рідше – 4–5 діб.

Причиною (етіологічним фактором) цього є ентеротоксини сальмонел, що містяться у харчових продуктах, а також виділяються під час руйнування бактеріальних клітин в організмі.

Можлива й інша, більш рідкісна форма захворювання, що має назву «тифоїдна» та є близькою за клінічними ознаками до інфекційного захворювання – черевного тифу, а у дітей зустрічається й холероподібна форма сальмонельозу. Відома грипоподібна септична форма захворювання, яка проходить з тяжкою лихоманкою. Розвиток сальмонельозів за типом інфекційного

захворювання може бути обумовлений і малою кількістю вірулентних бактерій, що надходять в організм переважно із зараженими харчовими продуктами та можуть інтенсивно розмножуватись у ньому.

Таким чином, сальмонельози можуть проходити за типом гострого харчового отруєння – токсикоінфекції або як інфекційне захворювання, що обумовлене вірулентністю збудника та співвідношенням в організмі патогенетичних чинників токсичного та інфекційного початку.

Профілактика сальмонельозів ґрунтується на комплексних заходах, які включають чітке виконання регламентованих технологічних та санітарних режимів на всіх етапах обігу харчових продуктів, а також мікробіологічний контроль якості продовольчої сировини та харчових продуктів.

Токсикоінфекції, викликані парагемолітичним вібріоном. *Vibrio parahaemoliticus,* відкритий 1963 р. японськими вченими Р. Саказакі та іншими, був виділений з морської води, морських риб та ракоподібних. В останні роки відомий як збудник харчових токсикоінфекцій, що обумовлено вживанням в їжу морської риби та інших продуктів моря, переважно у сирому вигляді або слабосолоних та напіввисушених. У регіонах морського узбережжя, де населення споживає переважно продукти моря, до 70 % усіх харчових токсикоінфекцій обумовлені *V. parahaemoliticus.*

Варто відмітити, що далеко не всі штами *V. parahaemoliticus* є патогенними: серед виділених з морської води штамів тільки 1 % здатний викликати захворювання у людей. Вірулентні штами виділяють ентеротоксин та термолабільний гемолізин. Поряд із вживанням в їжу заражених продуктів моря (риба, молюски, устриці, краби, креветки, омари) описані випадки захворювань, що пов'язані з вторинно-інфікованими м'ясними та овочевими стравами у разі використання морської води на підприємствах харчової промисловості та громадського харчування.

Основними заходами профілактики харчових токсикоінфекцій, що викликаються *V. parahaemoliticus*, є дотримання термінів і температурних режимів зберігання та правил теплової обробки

страв з продуктів моря. Оскільки продукти моря посідають значне місце в харчуванні нашої країни, заходам профілактики цієї токсикоінфекції повинна приділятися велика увага. До цих заходів поряд із загальними для токсикоінфекцій належать такі, що запобігають розмноженню вібріона в сировині та готових продуктах: швидке охолодження та заморожування виловленої морської риби й інших продуктів моря, заборона реалізації риби, в якій виявлені вібріони у концентрації 10^4 і більше КУО/г, без термічної обробки. За міжнародними вимогами, рибна продукція вважається стандартною, якщо в 1 г міститься не більше 10 КУО/г парагемолітичних вібріонів.

Токсикоінфекції, викликані іншими бактеріями. До мікробів, які можуть бути збудниками харчових токсикоінфекцій відносять бактерії родини *Enterobacteriaceae*, родів *Edwardsiella, Citrobacter, Klebsiella, Hafnia, Yersinia.* Спільним для них є те, що всі вони грамнегативні, не утворюють спор, факультативні анаероби, добре ростуть за температури 35–37°С.

7.8. Харчові токсикози (інтоксикації)

Харчові бактеріальні токсикози розвиваються в організмі людини як гостре захворювання, викликане вживанням продуктів харчування, які містять мікробні екзотоксини. При цьому живі мікробні клітини у продукті можуть бути відсутні або виділятися у незначних кількостях.

Стафілококовий токсикоз. Серед мікробів-збудників харчових отруєнь стафілококи посідають одне з перших місць. За сучасними даними, від 20 до 40 % спалахів захворювань, що пов'язані з використанням харчових продуктів, є результатом стафілококового отруєння.

Перше повідомлення про стафілококові отруєння з'явилося 1884 р., коли у штаті Мічиган (США) був зареєстрований спалах захворювання, викликаний споживанням сиру чеддер. Пізніше етіологічна роль стафілокока була обґрунтована роботами П. Лащенкова (1901 р.), Бардера (1914 р.), Дакка (1930 р.) та багатьох інших дослідників. Харчові отруєння виникають у результаті

накопичення у харчових продуктах ентеротоксинів, які виділяють стафілококи, що розмножуються в продукті.

Вірогідність контамінування патогенними стафілококами харчових продуктів досить висока. Основні джерела збудників – люди, що хворіють на гнійничкові захворювання, ангіни та ін., а також бактеріоносії. У людини патогенні стафілококи залежно від виду захворювання локалізуються на шкірі, в слизовій носоглотці, кишечнику. І тому шляхи забруднення харчових продуктів можуть бути різними: контактно-побутовими або повітряно-крапельними. Рідше джерелом патогенних стафілококів є тварини, в основному корови, хворі на мастит вимені, що призводить до зараження стафілококами молока та молочних продуктів.

Оскільки здатність продукувати ентеротоксини мають далеко не всі патогенні штами *Staph. aureus,* що можуть викликати гнійничкові та інші захворювання людини, у разі лабораторної ідентифікації збудника харчового отруєння обов'язково проводять спеціальні дослідження на здатність виділеного стафілокока продукувати ентеротоксин.

Стафілококи відносно не досить вибагливі до умов розвитку та здатні розмножуватись на багатьох субстратах.

Біологічною особливістю стафілококів є виражений мікробний антагонізм, тому найбільш активно вони розмножуються у харчових продуктах, що пройшли теплову обробку, у разі якої основна мікрофлора сировини знищена або пригнічена у розвитку (варені овочі, гарніри, пастеризоване молоко та ін.), а також у продуктах з високим вмістом солі та цукру (наприклад, у заварному кремі).

Швидкість продукування ентеротоксину стафілококами суттєво коливається залежно від виду продукту та умов зберігання.

Сприятливими середовищами для накопичення стафілококами ентеротоксину є м'ясо та м'ясопродукти, молоко та молочні продукти. В умовах кімнатної температури у молоці ентеротоксин може накопичитись уже через 8 год, а за температури 35–37°С – упродовж 5 год. У кисломолочних продуктах молочна кислота гальмує розмноження стафілококів, а отже,

затримує токсиноутворення, тому отруєння, що пов'язані з кисломолочними продуктами, можна пояснити накопиченням екзотоксину у молоці до скисання. Оптимальним середовищем для розвитку стафілокока і токсиноутворення є кондитерські вироби із заварним кремом у разі концентрації цукру нижче 50 %, у яких за температури 36–37°С ентеротоксин накопичується за 4 год. У м'ясному фарші, вареному м'ясі за оптимальної температури (35–37°С) ентеротоксин накопичується через 14–26 год, а у картопляному пюре та кашах – через 5–8 год.

Ентеротоксини, що накопичилися у середовищі, більш стійкі до факторів зовнішнього середовища, ніж мікробні клітини, та зберігають свою активність в умовах, за яких розмноження стафілококів та токсиноутворення пригнічуються.

Так, у нейтральних та слабокислих середовищах для повного руйнування ентеротоксинів потрібне як мінімум двогодинне кип'ятіння. У разі скисання молока молочна кислота пригнічує розвиток стафілококів та їх токсиноутворення, але не інактивує ентеротоксин, що вже утворився. Під час дозрівання сиру, який був масово забруднений стафілококами, ентеротоксин виявляється на п'яту добу в умовах кімнатної температури. При цьому загибель стафілококів у сировині помічається через 15 діб, після чого ентеротоксин зберігається ще впродовж 75 діб.

У процесі зниження температури руйнування ентеротоксину не відбувається впродовж тривалого часу. Встановлено факт зберігання активності ентеротоксину під час сушіння молока методом розпилення та подальшого зберігання молочного порошку. Захворювання проходить за характерних симптомів: короткий (2–3 год) інкубаційний період, поява гострого гастроентериту із симптоматичним комплексом враження шлунково-кишкового тракту та вегетативної нервової системи. Процес, як правило, буває короткочасним, але хворіють до 75–90 % осіб, що використовували заражені продукти. Одужують хворі через 1–3 доби.

Аналіз оптимальних умов розвитку стафілококів і токсиноутворення у харчових продуктах пояснює закономірності розповсюдження стафілококових токсикозів та обґрунтовує заходи їх

профілактики. Так, стафілококові отруєння виникають в основному після вживання м'яса та м'ясних продуктів, кондитерських виробів із заварним кремом, а в умовах підприємств масового харчування та у побуті – картопляного пюре, пшеничної каші, макаронів «по-флотськи», солодких крохмалевмісних підлив, окрошок та ін.

Профілактика стафілококових токсикозів передбачає комплекс заходів, що спрямовані на: 1) виявлення джерел забруднення харчових продуктів стафілококами; 2) знезараження можливого шляху передачі збудника, у тому числі на забезпечення умов приготування, зберігання та реалізації харчових продуктів, за яких не утворюватиметься ентеротоксин.

З цією метою санітарними правилами передбачені: усунення від роботи з харчовими продуктами осіб, що хворі на гнійничкові захворювання; лікування робітників харчових підприємств – бактеріоносіїв стафілококів у верхніх дихальних шляхах, а також сезонне регламентування асортименту продукції (наприклад, заборону виробництва та реалізації кондитерських виробів із заварним кремом у літній період).

Ботулізм – бактеріальний токсикоз, часто зі смертельними випадками, виникає під час вживання їжі, яка містить токсин, що продукується бактеріями *Clostridium botulinum.* Токсин ботулізму розглядається як найбільш сильнодіюча отрута, що входить в арсенал бактеріологічної зброї.

Свою назву ботулізм отримав від латинського слова *botulus* – ковбаса, оскільки першими були описані та проаналізовані спалахи цього захворювання, що були пов'язані з використанням кров'яних ковбас (1792 р., Німеччина).

Наразі існують різні точки зору щодо механізму токсиноутворення *Cl. botulinum* та розвитку захворювання. Поряд з класичним уявленням про продукування екзотоксину в процесі життєдіяльності мікробних клітин висунута думка про те, що ботулінічний токсин виділяється з бактеріальної клітини та спор за їх автолізу. Є думка про те, що ботулізм не є чистим токсикозом, тобто отруєнням, викликаним екзотоксинами. За даними багатьох дослідників, в органах загиблих від ботулізму людей виявляють

клостридії, що свідчить про їх розповсюдження в організмі під час захворювання і, отже, про процеси токсикоінфекції.

Ботулізм – найважче харчове отруєння. За останні роки смертність від нього досягла 20 %. Інкубаційний період становить, як правило, 4–72 год. За цей час токсин всмоктується в кишечнику та досягає центральної нервової системи, де настає фіксація отрути, яка викликає нервово-паралітичні симптоми ураження організму. У деяких випадках на початковій стадії захворювання переважають ознаки гострого гастроентериту, порушення зору, задуха та ін. У разі проникнення у центральну нервову систему та фіксації у нервових клітинах токсин не нейтралізується навіть великими дозами антитоксичної сироватки. І тільки своєчасна діагностика та введення в організм специфічної протиботулінічної сироватки можуть забезпечити одужання.

Cl. botulinum широко розповсюджений у природі, спори його містяться у ґрунті та воді. Джерелом забруднення навколишнього середовища є люди, домашні та дикі тварини, птахи, риби, ракоподібні, у кишечнику яких містяться спори клостридій, що виділяються у навколишнє середовище з випорожненнями.

Для різних географічних широт характерне забруднення визначеними серологічними типами палички. В Україні переважно розповсюджений тип А, меншою мірою – типи В та Е.

Численними дослідженнями вивчена резистентність до факторів навколишнього середовища вегетативних клітин *Cl. botulinum,* спор та токсинів, що мають вирішальне значення для організації заходів з попередження захворювань людини ботулізмом.

У харчові продукти *Cl. botulinum* потрапляє різними шляхами, але, як правило, зараження обумовлене забрудненням фекаліями, що містять спори клостридій. Так, м'ясо може бути забруднене у процесі забивання тварин, зокрема у разі порушення правил видалення кишечника та розроблення м'ясної туші. Забруднення риби відбувається через зовнішні покриви у процесі їх порушення під час відлову або за життя у разі заковтування рибою мулу та придонних організмів, що містять спори клостридій.

Продукти рослинного походження (овочі, фрукти, гриби та ін.) забруднюються спорами клостридій в основному через ґрунт, куди вони надходять з фекаліями людей та тварин.

У процесі переробки продуктів спори не завжди знищуються, оскільки вони досить стійкі. Для масового проростання спор та розмноження *Cl. botulinum* з продукуванням екзотоксинів необхідні анаеробні умови та певний час. Тому ботулізм ніколи не виникає після вживання свіжовиготовлених страв та виробів.

Найбільша кількість випадків ботулізму виникає під час вживання консервованих продуктів, що не підлягають термічній обробці перед вживанням. Статистичні дані останніх років свідчать про те, що до 90 % осіб, які захворіли на ботулізм, були отруєні продуктами домашнього приготування, а саме – домашніми маринованими грибами (до 30 % випадків), рибою домашнього засолу та рибою в'яленою (до 28 %), консервованими овочами та фруктами (20 %), салом (до 11 %), м'ясними консервами у банках (до 10 %). У різних регіонах України отруєння маринованими та солоними грибами становить від 17 до 87 % випадків ботулізму.

Органолептичні властивості харчових продуктів, що заражені *Cl. botulinum* та містять їхні токсини, не завжди змінюються. Можливий запах прогірклого масла, поява деформації (бомбажу) консервних банок, але у природі існують види клостридій ботулізму, що не мають протеолітичної активності, і отже, їх розвиток у харчових продуктах може не супроводжуватися вказаними вище ознаками.

Оскільки *Cl. botulinum* широко розповсюджений у природі, основні заходи профілактики ботулізму мають бути спрямовані на максимальне видалення спор клостридій із сировини, тобто на забезпечення ефективної первинної та термічної обробки сировини, а також на попередження можливого розвитку спор, що залишились у напівфабрикатах, та накопичення токсину. Оскільки термічна обробка в домашніх умовах не винищує спори, а зберігання консервованих продуктів за кімнатної температури сприяє їх проростанню та накопиченню токсину, не рекомендується консервувати в домашніх умовах з герметичним закупорюванням м'ясо, рибу, рослини та овочі, що стеляться по землі

(кріп, петрушку), коренеплоди та гриби. Та ж сама рекомендація стосується й м'яса сільськогосподарських та диких тварин, птахів, у м'язах яких бактерії добре розмножуються, а за термічної обробки температура готовності м'ясних виробів (80°С) є недостатньою для їх знищення.

Оскільки розмноження та токсиноутворення *Cl. botulinum* за значної кислотності середовища пригнічується, найнебезпечнішими в епідеміологічному відношенні є рослинні продукти (гриби, огірки, цвітна капуста, зелений горошок та ін.), їх рекомендують маринувати із вмістом не менш ніж 5–8 % есенції оцтової кислоти, а в ряді рецептур водночас використовувати не тільки оцтову, але й лимонну кислоту.

Особливої уваги заслуговує риба, виловлена у прісних водоймах, в якій спори палички ботулізму виявляються в 4–6 % випадків з усієї кількості виловленої риби. Встановлено, що вже через 2–3 год після вилову зараженої риби в м'язах, що прилягають до кишечника, виявляються спори. У зв'язку з цим у процесі переробки риби передбачається швидке видалення кишечника та використання для консервування великої риби, під час розроблення якої менш вірогідне ушкодження кишечника та забруднення його вмістом тканин риби.

Суттєве значення мають профілактичні заходи, що спрямовані на знезараження токсину, накопичення якого в продукті можливе у разі порушення санітарних режимів первинної і теплової обробки та зберігання харчових продуктів. Особливу небезпеку в цьому відношенні становлять консерви тваринного та рослинного походження, що зберігались за кімнатної температури. За даними Г. Ванханена та співавторів, у м'ясних і рибних консервах, а також деяких рослинних консервах (зелений горошок, спаржа та ін.), що забруднені спорами, токсин виявляється вже на 3–4 добу зберігання; в консервах рослинного походження (перець, помідори фаршировані, баклажани та ін.) – через 5–6 місяців.

Небезпечним є розвиток у консервах пліснявих грибів, які активно споживають кисень та органічні кислоти і, таким чином, створюють сприятливі умови для проростання спор палички ботулізму та накопичення токсинів.

Ефективним заходом знезараження токсину ботулізму є термічна обробка перед їжею деяких консервованих продуктів: проварювання або тривале прогрівання у духовці м'ясних консервованих продуктів, промивання гарячою водою та проварювання у свіжоприготовленому маринаді грибів, що консервовані у великих ємностях або у герметично закупореній тарі.

Санітарними правилами торгівлі продовольчими товарами забороняється без лабораторного аналізу реалізація консервів з ознаками бомбажу або підвищеним рівнем браку (більше 2 %): негерметично закупореними кришками, деформаціями корпусу та ін.

Суттєве місце у профілактиці ботулізму надається санітарній пропаганді серед населення небезпек домашнього консервування, особливо герметично закупорених консервів з м'яса, риби та грибів.

Мікотоксикози. До харчових отруєнь цієї групи відносять як гострі, так і хронічні захворювання, що викликані вживанням харчових продуктів, забруднених мікотоксинами, – метаболітами мікроскопічних грибів, які характеризуються високою токсичністю для організмів людей та тварин.

Як правило, мікотоксини в організмі людини виявляють нейротоксичну дію, уражають печінку, нирки, серцево-судинну систему; багато з них мають мутагенні (змінюють генетичну інформацію), тератогенні (викликають потворність у розвитку потомства) та канцерогенні (стимулюють ріст злоякісних пухлин) властивості. Відомо більше 250 видів пліснявих грибів, які продукують близько 100 токсичних сполук, що здатні викликати харчові токсикози у людини та сільськогосподарських тварин.

Вивченню та профілактиці мікотоксикозів нині приділяється серйозна увага в усьому світі, оскільки встановлена реальна небезпека мікотоксинів для людини, зазначено широке розповсюдження у природі продуцентів мікотоксинів та різноманітність шляхів забруднення ними харчових продуктів; виявлена значна стійкість мікотоксинів у навколишньому середовищі та харчових продуктах, а також стійкість за різних способів технологічної обробки продовольчої сировини.

Державні санітарні заходи з профілактики мікотоксикозів передбачають виконання умов переробки та зберігання харчової продукції, які попереджають розвиток мікроскопічних грибів та продукування мікотоксинів, а також їх знезараження. Поряд з цим найважливішим заходом профілактики мікотоксикозів є санітарний контроль якості продовольчої сировини та харчових продуктів, за яким встановлюється відповідність вмісту в них мікотоксинів діючим регламентам.

За медико-біологічними вимогами «Медико-біологічні вимоги і санітарні норми якості продовольчої сировини і продуктів харчування», мікотоксини віднесені до групи критеріїв безпеки – «токсичні елементи», їх допустимий вміст у продуктах виражається граничнодопустимою концентрацією (далі – ГДК) у масі продукту. Оскільки мікотоксини є сильнодіючою біологічною отрутою та виявляють свою активність у малих концентраціях, а деякі з них здатні накопичуватись в організмі у разі тривалого вживання забруднених продуктів, їх ГДК встановлюють у мг на кг ($дм^3$) маси продукту та диференціюють залежно від виду токсину та призначення продукту від 1 мг/кг до 0,0005 мг/кг. У продуктах дитячого та дієтичного харчування присутність мікотоксинів забороняється.

З відомих мікотоксинів найбільш токсигенними і розповсюдженими у природі є афлатоксини, патулін, охратоксини, тріхотецени, ерготоксини та зеараленон (табл. 7.3).

Афлатоксини – це група близьких за хімічним складом та біологічною дією токсигенних сполук, які виробляються мікроскопічними грибами класу *Ascomycetes,* роду *Aspergillus,* переважно *Asp. flavus і Asp. parasiticus.*

Основні метаболіти цих грибів – дві сполуки, які за люмінесцентної мікроскопії виявляють блакитне світіння та ідентифікуються як афлатоксини B_1 і B_2, а також дві сполуки, що люмінесціюють зеленим світлом, і тому позначаються як G_1 і G_2. Крім того, виділено більше десяти похідних вказаних токсинів. Афлатоксини відомі як найбільш сильнодіючі та найнебезпечніші з мікотоксинів. Їх токсична дія на печінку (гепатотоксична активність) та здатність викликати рак печінки перевищує активність відомого канцерогену бенз(а)пірена.

Таблиця 7.3

Мікотоксини та їх продуценти

Мікотоксин	**Продуценти**	**Характер дії на організм**	**Продукти, які переважно уражаються грибом-продуцентом**
Афлотоксини	*Aspergillus flavus Aspergillus parasiticus*	Ураження печінки, нирок, нервової системи, рак печінки, пригнічення імунітету	Продукти тваринного та рослинного походження
Патулін	*Penicillium expansum*	Злоякісні новоутворення, ураження печінки, серцево-судинної та нервової системи	Овочі, фрукти, ягоди та продукти їхньої переробки
Охратоксини	*Aspergillus ochraceus Pénicillium viridicatum*	Захворювання нирок	Рослинні продукти, корми
Тріхотецени	*Fusarium sporotrichiodes*	*Фузаріотоксикози* – ураження системи кровотворення, нервової системи	Зернові, зернобобові, олійні культури
Зеараленон	*Penicillium* (різні види)	Мутагенна дія	Зернові, олійні культури
Ерготоксини (алкалоїди ріжок)	Склероції Ріжок – *Claviceps purpurea*	*Ерготизм* – ураження центральної нервової системи, гладкої мускулатури та ін.	Зернові культури

Продуценти афлотоксинів – мезофільні аспергілові гриби широко розповсюджені у природі, і тому афлатоксини виявлені у всіх країнах у різних продуктах рослинного та тваринного походження: зернових продуктах, олійних культурах, бобах, зернах какао, кави. Часто афлатоксини містяться в зернах кукурудзи, рису, пшениці, ячменю, а також у горіхах. Найчастіше виявляють їх в арахісі (земляному горісі), звідки вони вперше і були виділені, а також у кукурудзі. Можлива присутність афлатоксинів у молоці та м’ясі тварин, яйцях птиці, що пов’язано зі споживанням заражених мікотоксинами кормів.

Основними умовами зовнішнього середовища, які сприяють розвитку грибів-продуцентів та синтезу афлатоксинів, є позитивні температури (від 12–13°С до 44–46°С при оптимумі розвитку 27–30°С), а також висока вологість субстрату (9–18 %) та атмосферного повітря (не менше 85 %). Максимальний синтез афлатоксинів спостерігається у продуктах, які багаті на крохмаль (наприклад, зернові) та ліпіди (арахіс, насіння соняшника та ін.).

Афлотоксини, що накопичилися у продовольчій сировині та харчових продуктах, характеризуються високою стійкістю як у зовнішньому середовищі, так і в процесі технологічної обробки. Так, наприклад, за теплової обробки арахісу концентрація афлатоксину знижується тільки на 15–17 %, у процесі обсмажування кукурудзи за температури 145–165°С – приблизно на 50 %, під час варіння рису в автоклавах – на 70 %. Але навіть незначні залишкові кількості цієї отрути (до 1 мг/кг) є небезпечними, особливо для маленьких дітей.

Токсична дія афлатоксинів обумовлена їх здатністю до внутрішньоклітинної дії. Проникаючи у клітини організму, вони порушують його метаболізм: вступають у ковалентні зв'язки з ДНК, змішують синтез нуклеїнових кислот, інгібують дію багатьох ферментів та ін.

У світі зареєстровані як гострі спалахи афлатоксикозів у людей, так і хронічні ураження. 1974 р. у кількох селищах Індії були заражені близько 400 осіб, з яких померли більше 100 від ураження печінки. Причиною отруєння була кукурудза, заражена афлатоксинами у концентраціях від 0,25 до 15,6 мг/кг. Відомі смертельні енцефалопатії (ураження мозку) у дітей, які були викликані афлатоксином в Таїланді. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, афлатоксин визначений як одна з причин раку у людей. Цироз та рак печінки розвиваються у разі хронічних афлатоксикозів.

У зв'язку із серйозною небезпекою афлатоксикозів, а також інтенсивними міжнародними торговельними зв'язками на профілактику афлатоксикозів спрямовано ряд державних заходів. До них віднесено перш за все організацію регіональних умов, які перешкоджають забрудненню продуктів плісеневими грибами та

їхньому розвитку (особливо за підвищеної вологості). Встановлено санітарний контроль як за вітчизняними, так і за імпортними продуктами на наявність у них афлатоксинів. Вивчаються способи знешкодження забруднених продуктів та кормів, у тому числі хімічні. Встановлено максимально жорсткі регламенти допустимого вмісту афлатоксинів у різних видах продовольчої сировини та харчових продуктах. Гранично допустимі концентрації афлатоксину В у всіх харчових продуктах для масового харчування визначені на рівні 0,005 мг/кг та його метаболіту M_1 для молока та молочних продуктів – 0,0005 мг/кг. Вміст афлатоксину B_1 і всіх інших видів афлатоксинів у продуктах дитячого харчування не допускається. Якщо у продуктах виявлено присутність аспергілових грибів, але токсини відсутні, продукти підлягають негайній реалізації.

Патулін – небезпечний мікотоксин, продуцентами якого є мікроскопічні гриби класу *Ascomycetes,* роду *Penicillium,* переважно виду *Penicillium expansum.* Патулін справляє на організм мутагенну, тератогенну, а за деякими даними й канцерогенну дію. У природних умовах він є в яблуках, грушах, ягодах, овочах, а також у продуктах їх переробки: соках, джемах, пюре, компотах та ін. Встановлено, що в м'якоті яблук, вражених гниллю, може міститися патуліну до 136 мг на 1 кг фруктів. Патулін виявляють не тільки в частині овочів та фруктів, що підгнила, але й в ділянках без ознак псування.

До профілактичних заходів з попередження патулінотоксинів належить ретельне сортування фруктів та овочів з видаленням одиниць з ознаками псування, а також санітарний контроль плодоовочевої продукції на наявність патуліну. Відповідно до медико-біологічних вимог ГДК патуліну у свіжих фруктах та овочах, а також у фруктових та овочевих соках і пюре становить 0,05 мг/л (кг), а в продуктах дитячого харчування – 0,02 мг/л (кг).

Охратоксини – це група споріднених токсинів, що продукуються деякими видами як аспергілових, так і пеніцилінових грибів. Вони відомі як розповсюджені забруднювачі рослинних продуктів (зернових, бобових, какао, кави та ін.) та кормів; характеризуються

вираженою токсичною дією на нирки і, за спостереженнями епідеміологів, вважаються збудниками «балканської епідемічної нефропатії».

Тріхотецени – це токсичні сполуки, які продукують гриби переважно родів *Fusarium, Merothecium, Trichoderma* та ін. Вперше мікотоксикози, що були викликані тріхотеценами, описані 1971 р. під час спалаху захворювання у штаті Вісконсин (США), причиною якого стало уражене токсином м'ясо тварин, які споживали заражений корм (рівень контамінації – 0,002 мг/кг кормів).

Відомо більше 40 тріхотеценових сполук, багато з яких є сильнодіючими токсинами поліфункціональної дії. Найвідомішими у наших географічних широтах є мікотоксикози, обумовлені вживанням в їжу зернових продуктів, що виготовлені із зерна, яке містить тріхотецени грибів *Fusarium.*

Захворювання рослин, що були викликані грибами роду *Fusarium,* мають назву *фузаріозів.* Залежно від ураження колоскових культур (пшениці, ячменю та ін.) розрізняють дві стадії фузаріозу – ранню та пізню. За *раннього фузаріозу,* який уражає зерно у фазі молочної стиглості, спостерігаються виражені зовнішні зміни зерна, втрати врожаю становлять 30–50 %. Більш небезпечним є *пізній фузаріоз,* за якого уражені зерна зовні не відрізняються від здорових і залишаються в партії товарного зерна.

Гриби *Fusarium* синтезують на зерні декілька різновидів тріхотеценів, найбільш часто з цієї групи зустрічається *фузаріотоксин* – вомітоксин (дезоксиніваленол), а також тріхотецен T_2. Оптимальними умовами для біосинтезу більшості тріхотеценів є температура 24–30°С та висока вологість атмосферного повітря, але деякі види грибів є психрофілами і здатні синтезувати токсин за температури, близької до 0°С (наприклад, токсин T_2), що визначає можливість ураження зерна, яке було пізно зібране в полі або зимувало під снігом. Мікотоксини грибів роду фузаріум, як правило, характеризуються високою термостійкістю і зберігаються під час випікання хліба, варіння каш та супів з крупами, що одержані із зараженого зерна.

Мікотоксикози людей і тварин, які спричинені токсинами грибів фузаріум, мають назву *фузаріотоксикози.* Найбільш розповсюдженими та вивченими формами фузаріотоксикозів є аліментарно-токсична алейкія та отруєння «п'яний хліб».

Аліментарно-токсична алейкія (септична ангіна) розвивається у разі вживання в їжу продуктів переробки зерна хлібних злаків, що зимувало під снігом та було пізно зібране. Збудником є холодостійкі гриби виду *Fusarium sporotrichiella* з класу недосконалих грибів, яким зерно заражується у полі. Він продукує токсини, які містяться у всій масі зерна. Гриб має багатоклітинний міцелій, розмножується безстатево конідіями. Для фузаріуму є характерним серповидно зігнуті багатоклітинні конідії, які розвиваються на коротких розгалужених конідієносцях.

Оптимальна температура розвитку гриба 18–27°С, але він здатний рости і за температури, нижчої за 0°С. Токсиноутворення відбувається за температури –1–5°С. Токсичні речовини, які утворює гриб, є комплексом хімічних сполук, з яких ведуче місце в інтоксикації має *стерол – ліпотоксол.* Він стійкий під час зберігання, не розкладається у продуктах у процесі випікання хліба, варіння каш і супів з крупою, бродіння.

Інкубаційний період у разі отруєння триває від декількох хвилин до декількох годин після вживання продуктів, приготованих із зараженого зерна. Ще до явних клінічних проявів хвороби під час дослідження крові спостерігається зниження лейкоцитів до 1×10^9/л і збільшення кількості еритроцитів до $1{,}8 \times 10^{12}$/л. У хворих підвищується температура, з'являються різкі болі у роті, стравоході, уражаються пухирцями, наповненими кров'янистою рідиною, мигдалини, гортань, м'яке небо з наступним омертвінням тканин. На тілі й верхніх кінцівках спостерігаються крововиливи у вигляді висипки. Можлива кровотеча з носа, горла, кишечника і матки. Для алейкії характерні апластичні зміни кісткового мозку, некрози слизових оболонок, лімфатичних вузлів, паренхіматозних органів. Смертність при цьому отруєнні – 60–70 %. Деякі види гриба продукують нефротичний токсин, який пошкоджує нирки і сечовивідні шляхи. У хворих утворюються поліпи, папіломи і карциноми.

Це захворювання спостерігалося переважно у сім'ях, які вживали хліб із власного зерна.

Профілактичні заходи включають заборону використання зерна, що зимувало в полі, лабораторний контроль підозрілих партій зерна (пізно збираного, ураженого пліснявою та ін.). ГДК мікотоксину T_2 у продовольчому зерні – 0,1 мг/кг, а вомікотоксину – 0,5–1,0 мг/кг для різних сортів пшениці.

Отруєння «п'яний хліб» настає у разі споживання у їжу виробів з різних видів зерна, зараженого мікроскопічним грибом *Fusarium graminearum.* Гриб пошкоджує злакові культури у період їх росту, а також у снопах і валках у полі, особливо у дощову погоду, в зерносховищах під час зволоження та пліснявінні зерна.

Токсичність зерна і виробів з нього обумовлена наявністю в них глюкозидів і алкалоїдів, які виробляє гриб. У разі захворювання токсин гриба уражає центральну нервову систему, порушується координація рухів, збудження змінюється депресією і спадком сил, часом з'являється нудота, пронос. Стан людини нагадує сильне оп'яніння. У процесі тривалого використання зараженого хліба розвивається анемія і психічні розлади.

Заходами профілактики є виконання агротехнічних вимог до збирання, переробки та зберігання зернових культур.

Зеараленон продукується різними видами мікроскопічних грибів роду *Penicillium.* Вперше він був описаний 1962 р., за хімічною структурою є похідним лактона резорцилової кислоти. Зеараленон міститься у злакових культурах: пшениці, ячмені, вівсі, сорго, кукурудзі, а також у деяких продуктах їх переробки (силос, олія, крохмаль). В організмі людини спричиняє мутагенну дію. Токсичність зеараленона збільшується тим, що він часто міститься у рослинах у комплексі з іншими мікотоксинами – афлатоксинами, охратоксинами, токсином T_2 та іншими тріхотеценами.

Гранично допустима концентрація зеараленона у зерні, зернових продуктах, насінні олійних рослин, оліях, маслах, білкових ізолятах становить 1 мг/кг; у продуктах дитячого та дієтичного харчування наявність його не допускається.

Ерготизм – захворювання, зумовлене споживанням продуктів із зерна (частіше жита, рідше пшениці), у якому є ріжки. Ріжки – це склероції мікроскопічного гриба *Claviceps purpurea* з класу *Ascomycetes*. Цей гриб широко розповсюджений у природі й вражає більш ніж 150 видів дикорослих та культурних рослин родини злакових (жито, пшеницю, овес, ячмінь, просо та ін.). У зав'язі рослин під час їх цвітіння аскоспори гриба проростають у міцелій. Гіфи утворюють склероцій у вигляді темно-фіолетового ріжка, довжиною до 4 см, який у колосі міститься замість зерна. Токсичні властивості ріжок обумовлені в них 0,015–0,017 % алкалоїдів. У ріжках знайдено ергозин, ерготамін, ергосекалін, ергометрин, корнутин, ефаделінову й ерготинову кислоти, біогенні аміни (гістидин, тирамін), квавінові алкалоїди (агрокпавін, емілоклавін та ін.).

Токсичні сполуки ріжок стійкі до нагрівання, зберігаються в зернових продуктах після теплової обробки та не інактивуються під час зберігання продуктів упродовж двох років. Проте опубліковано й інші спостереження: за даними, наведеними Л. Донченком та В. Надиктою (1999 р.), у процесі випікання хліба з борошна, що заражене ерготоксинами, їхній вміст у пшеничному хлібі знижувався до 0, а в житньому – на 85 %.

Захворювання на ерготизм може протікати у конвульсивній, гангренозній або змішаній формах. Конвульсивна форма («злі корчі») розвивається як гостре захворювання у результаті одноразового отруєння великою кількістю ерготоксинів. Ця форма отруєння характеризується ураженням нервової системи, появою корчів різних м'язових груп, нудотою, блюванням, болями у животі, кольками. У тяжких випадках спостерігаються розлади свідомості, галюцинації. Гангренозна форма («антонів вогонь») виникає після тривалого, впродовж 10–20 діб, вживання харчових продуктів, що містять невелику кількість ріжок. За гангренозної форми переважають ураження судинно-нервової системи, розлад кровообігу, порушення кровообігу кінцівок, особливо нижніх кінцівок (стоп), сильними болями, згодом може розвинутися гангрена з явищами некрозу. Специфічне лікування захворювання відсутнє. На сьогодні завдяки виконанню агротехнічних правил

вирощування та збирання врожаю зернових культур, що попереджають забруднення рослин ріжками, ці захворювання практично ліквідовано. Важливим заходом їх профілактики є лабораторний контроль якості продовольчої сировини за показниками біологічної безпеки, серед яких регламенти на допустимий вміст у злакових культурах ріжок. Так, вміст ріжок у борошні за санітарними нормами не має бути більше ніж 0,05 %.

Варто підкреслити, що для лабораторного контролю безпеки продовольчої сировини та харчових продуктів перелік мікотоксинів, що регламентуються, диференційований для кожного з видів продукту залежно від розповсюдження грибів-продуцентів у природі.

За останні роки у Міжнародній нормативній документації суттєво скорочений перелік харчових продуктів, які підлягають контролю на забрудненість мікотоксинами, що обумовлено ефективністю агрохімічних та технологічних заходів профілактики мікотоксикозів. Значна увага приділяється контролю на забрудненість мікотоксинами продуктів переробки овочів та фруктів (джеми, варення, соки, напої та ін.). При цьому пріоритетними забруднювачами вважаються: для молока та молочних продуктів – вомітоксин – афлатоксин M_1, для зернових продуктів – вомітоксин (дезоксиніваленол), для горіхів та насіння олійних культур – афлатоксин B_1, для продуктів переробки фруктів, ягід та овочів – патулін.

У продовольчій сировині та харчових продуктах, що призначені для дитячого та дієтичного харчування, присутність мікотоксинів не допускається.

Питання для самоконтролю

1. Які мікроорганізми називаються патогенними?
2. Дайте визначення понять «патогенність», «вірулентність», «агресивність».
3. Чим відрізняються екзотоксини від ендотоксинів?
4. Що таке інфекція й інфекційний процес? Джерела інфекції.
5. Дайте визначення поняття «імунітет».

6. Охарактеризуйте види імунітету.

7. Поясніть механізм профілактики захворювань за допомогою вакцин.

8. Назвіть три групи захисних факторів організму проти інфекційних агентів.

9. Що таке антигени й антитіла?

10. Реакції взаємодії антитіл з мікроорганізмами.

11. Які захворювання відносять до харчових інфекцій?

12. Дайте визначення антропонозним і зоонозним інфекціям.

13. Охарактеризуйте збудників черевного тифу, холери, дизентерії.

14. Вірусні та протозойні кишкові інфекції: збудники, шляхи інфікування.

15. Зоонозні інфекції: визначення, шляхи інфікування, збудники.

16. Охарактеризуйте харчові отруєння, які належать до токсикоінфекцій.

17. Харчові стафілококові токсикози: джерела отруєння, характеристика збудника.

18. Ботулізм: причини та характеристика збудника.

19. Мікотоксикози: визначення, характеристика збудників.

20. Заходи профілактики у разі харчових отруєнь.

РОЗДІЛ 8
ПОКАЗНИКИ САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ОСНОВИ ЕКСПЕРТНОЇ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ТОВАРІВ

8.1. Поняття про санітарно-показові мікроорганізми

Основними джерелами поширення збудників більшості інфекційних хвороб, що уражають людство, є люди і теплокровні тварини. Найбільш масивне виділення ними мікроорганізмів у навколишнє середовище відбувається повітряно-крапельним і фекальним шляхами. Оскільки для багатьох видів мікроорганізмів єдиним природним середовищем існування є кишечник, то виявлення їх поза організмом свідчить про забруднення навколишнього середовища та ймовірну небезпеку через наявність збудників інфекцій. Такі мікроорганізми виступають індикаторами санітарного неблагополуччя і називаються *санітарно-показовими мікроорганізмами* (далі – СПМ).

Санітарно-показовими є мікроорганізми, які постійно перебувають у природних порожнинах тіла людей і тварин та разом з їх виділеннями потрапляють у навколишнє середовище, де можуть зберігати життєдіяльність упродовж нетривалого часу. Для СПМ не характерне постійне перебування у навколишньому середовищі як сапрофітів, хоча за деяких умов вони можуть бути там у стані спокою тривалий час і навіть іноді (наприклад, у харчових продуктах, які є сприятливим середовищем) розмножуватися. У таких випадках їх санітарно-показове значення знижується чи повністю нівелюється.

Оскільки разом із виділеннями в навколишнє середовище можуть потрапляти патогенні мікроорганізми (збудники захворювань), то виявлення певного санітарно-показового мікроорганізму, специфічного для певного об’єкта і типу виділень, непрямо вказує на ймовірну наявність у цьому об’єкті і патогенного мікроорганізму. Кількісне врахування СПМ у навколишньому середовищі характеризує ступінь забрудненості, що, у свою

чергу, визначає ступінь епідемічної небезпеки досліджуваних об'єктів.

Як правило, санітарно-показові мікроорганізми є коменсалами людського чи тваринного організму. Лише за зміни умов співіснування з хазяїном вони можуть спричинити патологічні процеси.

Значимість певного мікроорганізму, обраного мікробіологами як санітарно-показовий, визначають комплексом його властивостей і характером досліджуваного об'єкта.

Санітарно-показовими можуть бути визнані не всі мікроорганізми, що входять до складу нормальної мікрофлори тіла людини чи тварин. На основі численних досліджень були сформульовані вимоги, яким повинні відповідати санітарно-показові мікроорганізми:

✓ мікроорганізм повинен постійно бути у виділеннях людини чи тварини і потрапляти у навколишнє середовище у великій кількості;

✓ мікроорганізм не повинен мати іншого природного резервуара, крім організму людини чи тварини;

✓ у мікроорганізмі не повинно бути у навколишньому середовищі «двійників» чи аналогів, з якими його можна було б переплутати;

✓ тривалість виживання мікроорганізму у навколишньому середовищі повинна бути не меншою, а трохи більшою, ніж терміни виживання патогенних мікроорганізмів, що виділяються з організму тими самими шляхами;

✓ мікроорганізм не повинен розмножуватися у навколишньому середовищі (крім харчових продуктів) чи розмножуватися упродовж короткого часу;

✓ біологічні властивості санітарно-показового мікроорганізму у навколишньому середовищі не повинні змінюватися або мінливість має бути мінімальною;

✓ ріст СПМ на живильних середовищах не повинен залежати від впливу інших мікроорганізмів;

✓ в об'єкті навколишнього середовища санітарно-показові мікроорганізми повинні бути розподілені за можливості рівномірно;

✓ методи виявлення, ідентифікації та кількісного обліку повинні бути сучасними, простими та доступними.

Наведений перелік вимог до СПМ не може бути повністю дотриманий щодо конкретного мікроорганізму. Проте чим більшій кількості вимог відповідає певний вид, тим вища його цінність як показового мікроорганізму. Тому більш показовим є паралельне виявлення у досліджуваному матеріалі декількох СПМ. Такий підхід дозволяє компенсувати недоліки одного мікробіологічного показника за рахунок порівняння з іншими. Санітарно-показовими можуть бути і деякі сапрофітні мікроорганізми, які у природних умовах живуть поза організмом людини і тварин (амоніфікуючі та нітрифікуючі бактерії, деякі слизоутворюючі бактерії, актинобактерії, ціанобактерії, целюлозолітичні бактерії, гриби тощо). Визначення кількості зазначених мікроорганізмів може виступати показником процесів самоочищення.

Мікроорганізми, що характеризують санітарний стан певного об'єкта навколишнього середовища, поділяють на три групи (рис. 8.1).

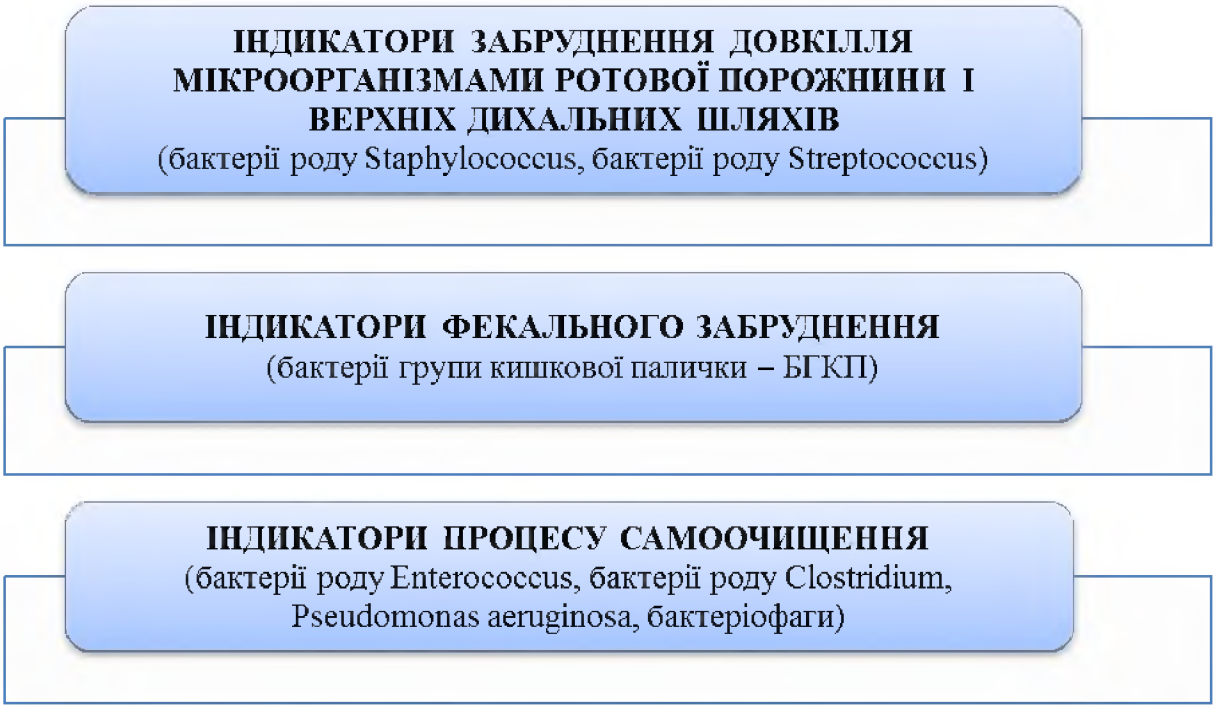


Рис. 8.1. Групи санітарно-показових мікроорганізмів

Безпосереднє визначення патогенних мікроорганізмів у навколишньому середовищі ще не завжди є методично доступним. Тому варто вважати правильним визначення санітарно-показових мікроорганізмів і здійснювати індикацію патогенних бактерій лише в тому разі, коли цього вимагає епідемічна ситуація.

До групи **індикаторів забруднення довкілля мікроорганізмами ротової порожнини і верхніх дихальних шляхів** належать мікроорганізми, що населяють верхні відділи дихальних шляхів і носоглотки. Виділення їх із носа та зіву спричиняє забруднення повітряно-крапельним шляхом. Індикаторами такого забруднення є золотистий стафілокок *(Staphylococcus aureus)* і гемолітичний стрептокок *(Streptococcus haemolyticus)*.

Бактерії роду *Staphylococcus* (з грецьк. *staphyle* – кетяг винограду, *coccus* – зерно) – грампозитивні бактерії, серед яких виділяють понад 100 видів, більшість з яких є представниками мікробіоценозу шкіри та слизових оболонок людини й інших організмів або мікробіоценозу ґрунту. Мають правильну округлу форму, розмір – 0,5–1,5 мкм. Факультативні анаероби, хемоорганотрофи. У мазках клітини розміщуються у вигляді неправильних скупчень, які нагадують грона винограду.

До патогенних стафілококів належать в основному *Staph. aureus, Staph. epidermidis, Staph. saprophyticus.* Штами *Staph. epidermidis* виділяють від хворих на кон'юнктивіт і септицемію, *Staph. saprophyticus* і *S. sciuri* – від хворих з інфікованими ранами.

Серед неспороутворювальних мікробів стафілококи найбільш стійкі до впливу різних фізичних і хімічних чинників. У висушених субстратах вони зберігаються до 6 міс. За 80°С стафілококи гинуть через 10–40 хв, під час кип'ятіння – миттєво. Розчин фенолу (5 %-ий) згубно діє після 15–30 хвилин впливу. Стафілококи чутливі до анілінових фарбників і антибіотиків.

Стафілококи можуть уражати будь-яку тканину чи орган, що зумовлено наявністю у них комплексу чинників патогенності – мікрокапсула, компоненти клітинної стінки, перехресно реагуючі антигени, ферменти. Стафілококи можуть продукувати до 30 різних позаклітинних сполук, більшість з яких мають власти-

вості токсинів і відрізняються за механізмом дії. Вони порушують функції нейтрофілів, макрофагів, Т-і В-лімфоцитів.

Staph. aureus виявляють у носоглотці, зіві та на шкірних покривах людини і деяких теплокровних тварин. Звідси вони виділяються у повітря, після чого зі слиною і мокротою заковтуються та вторинно забруднюють шкіру, кишечник і навколишнє середовище. Потрапляючи у довкілля (за винятком харчових продуктів), патогенні коагулазопозитивні стафілококи не розмножуються. Виявлення *Staph. aureus* у повітрі приміщень свідчить про повітряно-крапельне забруднення, на предметах побуту – про крапельне чи контактне контамінування. Інфікування молочних продуктів може бути спричинене маститами у корів або гнійно-запальними захворюваннями людей, що мають справу з виробництвом продуктів. Оскільки наявність *S. aureus* у харчових продуктах може стати причиною тяжких харчових інтоксикацій, вміст цих мікроорганізмів суворо нормують.

Як санітарно-показові мікроорганізми, патогенні стафілококи використовуються також під час оцінки повітря в лікувальних і дитячих закладах.

Бактерії роду ***Streptococcus*** (з грецьк. *streptos* – ланцюжок, *coccus* – зерно) – кулясті бактерії, що утворюють ланцюжки. Представники роду *Streptococcus* – сапрофіти й паразити, збудники гнійно-запальних процесів, сепсису, хронічних і респіраторних захворювань. Серед стрептококів виділяють облігатні паразити людини (*Str. pyogenes*), облігатні й умовно-патогенні паразити людини і тварин (*Str.pneumoniae, Str. faecalis, Str. faecium, Str. equisimilis*), умовно-патогенні паразити людини (*Str. anginosus, Str. salivarius, Str. mitis*), облігатно-патогенні й умовно-патогенні паразити тварин (*Str. zooepsdemicus, Str. bovis, Str. avium, Str. uberis*), сапрофіти (*Str. lactis, Str. cremoris, Str.thermophlus*).

Бактерії роду ***Streptococcus*** – грампозитивні, цитохромнегативні, каталізонегативні. Клітини мають овальну чи кулясту форму діаметром 0,6–1,0 мкм, у мазках розташовані попарно або утворюють ланцюжки. Факультативні анаероби, але трапляються й облігатні анаероби. Хемоорганотрофи, метаболізм бродильний.

Спор не утворюють, нерухомі, здатність до капсулоутворення виявлена у *Str. pneumoniae*.

Факторами патогенності стрептококів виступають капсула, фактори адгезії, специфічний білок М, перехресно реагуючі антигени, фактори пригнічення хемотаксису, фактори пригнічення комплементності та активності фагоцитів, фактор помутніння, ферменти та токсини.

Стрептококи – відносно резистентні мікроорганізми. У гної, мокроті й інших виділеннях людини і тварин, що перебувають у висушеному стані, стрептококи можуть зберігатися упродовж 4–6 місяців. Під дією прямих сонячних променів гинуть через 2–3 год. За температури 70–75°С стрептококи гинуть через 1 год, під час кип'ятіння – негайно або через декілька секунд. Під дією хімічних речовин, зокрема 3–5 %-го розчину фенолу, 2 %-го розчину формаліну, сулеми в розведенні 1:1 000 вбивають стрептококи через 15 хв.

Стрептококи – мікроорганізми, що населяють шкірні покриви і слизові оболонки людини і тварин. Вони постійно виділяються у навколишнє середовище зі слиною і повітрям під час розмови, кашлю, чхання. Саме цим зумовлене використання стрептококів як санітарно-показових мікроорганізмів для оцінки забруднення повітря мікроорганізмами, що передаються повітряно-крапельним шляхом. Стрептококи можуть виділятися також з поверхні шкіри, травного тракту людини і тварин, з відкритих осередків запалення. Тому, крім аерозольного, у передачі збудників стрептококової інфекції важливе значення має контактно-побутовий шлях інфікування.

Стрептококи не здатні розмножуватись у навколишньому середовищі (крім деяких харчових продуктів). Термін їх виживання поза макроорганізмом не відрізняється від виживання інших збудників, які поширюються повітряно-крапельним шляхом. Тому виявлення цих бактерій у повітрі приміщень свідчить про його ймовірне забруднення патогенами, а виявлення їх на різних об'єктах – про повітряно-крапельний або контактно-побутовий шлях контамінування. Зростання частоти гострих респіраторних інфекцій в осінньо-зимовий і весняний періоди пов'язують зі

зростанням носійства гемолітичних стрептококів. Негемолітичні стрептококи санітарно-показового значення не мають.

Індикатори фекального забруднення є представниками мікробіоценозів товстого відділу кишечника людини і теплокровних тварин, яких об'єднують у групу бактерій кишкової палички. Санітарно-показові мікроорганізми, що входять до цієї групи, вказують на фекальне забруднення води, ґрунту, харчових продуктів, а також посуду, інвентарю й обладнання харчових підприємств. Це представники родини *Enterobacteriaceae* (роди *Escherichia, Citrobacter, Klebsiella, Enterobacter, Serratia*). До групи БГКП належать аеробні та факультативно-анаеробні грамнегативні палички, які не утворюють спор, не проявляють оксидазної активності, зброджують лактозу та глюкозу до кислоти й газу за температури 37°С упродовж 24 год, добре ростуть на універсальних живильних середовищах. У групу БГКП входять не лише мікроорганізми, природним середовищем існування яких є кишечник людини чи тварини, але й види, поширення яких вважається дискусійним, а також епіфітні та фітопатогенні види. Усі ці види об'єднано під спільною назвою «коліформи».

Критерії санітарної оцінки харчових продуктів та інших об'єктів зовнішнього середовища за присутності санітарно-показових мікроорганізмів передбачені відповідними ДСТУ та Санітарними правилами і нормами, де зазначається, що бактерії групи кишкової палички не повинні виявлятися у визначених кількостях продукту. Тобто нормується кількість санітарно-показових мікроорганізмів в одиниці продукту. Так, наприклад, у пастеризованому молоці кишкові палички не повинні виявлятися в 1 $см^3$, у рідкій заквасці для кефіру – в 3 $см^3$, у сметані і сирі – у 0,001 $см^3$ (г) тощо.

Бактерії групи кишкової палички поділяють на три підгрупи:

1. БГКП, здатні зброджувати цукри (лактозу і глюкозу або лише глюкозу) за температури 37°С, не проявляють оксидазної активності. Крім *E. coli,* до цієї групи входять й інші представники родини *Enterobacteriaceae*, зокрема *Citrobacter, Klebsiella, Enterobacter.* Не допускається наявність представників цієї

підгрупи БГКП в початково чистих об'єктах чи таких, які пройшли термічну обробку. Тому виявлення БГКП цієї підгрупи у питній чи дистильованій воді, термічно оброблених харчових продуктах (м'ясних, рибних та ін.), у відібраному з пастеризатора молоці, у різних стравах з підприємств громадського харчування, а також у змивах, взятих через годину після проведення дезінфекції, свідчить про санітарне неблагополуччя досліджуваних об'єктів.

2. БГКП, які здатні зброджувати лактозу та глюкозу з утворенням кислоти і газу за температури 43–44,5°С. Ця підгрупа, як і попередня, представлена великою кількістю бактерій родини *Enterobacteriaceae*. Стосовно цієї групи особливо високі вимоги до об'єктів, які пройшли термічну обробку. Виявлення мікроорганізмів цієї групи у воді відкритих водойм, стічних водах, ґрунтах, харчових продуктах майже завжди свідчить про фекальне забруднення, невизначене у часі.

3. БГКП, які вказують на свіже фекальне забруднення, розщеплюють лактозу за температури 43–44,5°С.

Бактерії роду ***Escherichia*** – грамнегативні рухливі палички, розміром 1,1–1,5 × 2,0–6,0 мкм, у мазках клітини розташовуються поодиноко або парами. Факультативні анаероби, які добре ростуть на звичайних живильних середовищах. Спор не утворюють, деякі штами мають капсулу чи мікрокапсулу; крім джгутиків, іноді виявляються пілі. Рід включає 7 видів. Основним представником є *E. coli,* яка підтримує місцевий імунітет у фізіологічно активному стані шляхом постійного його антигенного подразнення. Це представник облігатного мікробіоценозу кишечника. У кишечнику з'являється у перші дні після народження, зберігаючись упродовж життя на рівні 10^7–10^8 КУО/г. Деякі види *E. coli* продукують коліцини, які гальмують ріст ентеропатогенних штамів ешеріхій. Їх вважають родоначальником усіх санітарно-показових мікроорганізмів.

Бактерії групи кишкової палички знешкоджуються звичайними методами пастеризації (63–75 °С). За 60°С кишкова паличка гине через 15 хв. Розчин фенолу концентрацією 1 % викликає загибель мікроба через 5–15 хв, сулема в розведенні 1:1 000 – через 2 хв. Стійкі до дії багатьох анілінових барвників.

Основні фактори патогенності *E. coli* зумовлені наявністю ендотоксинів, плазмід, капсули, гемолізинів.

Багато штамів *E. coli* проявляють патогенні властивості й можуть зумовлювати коліентерити, холероподібні та дизентеріє-подібні захворювання. Разом зі стафілококами чи іншими умовно-патогенними мікроорганізмами вони стають причиною внутрішньолікарняних інфекцій, причому лікарняні штами часто виявляють множинну резистентність до антибіотиків.

Патогенні *E. coli,* що виділяються у разі кишкових і септичних хвороб, поділяють на ентеропатогенні, ентеротоксигенні, ентероадгезивні, ентероінвазивні, ентерогеморганічні та дифузоадгезуючі. Поділ ґрунтується на наявності у кишкової палички певних факторів патогенності і є досить умовним, тому один і той самий штам може одночасно мати різні фактори патогенності.

Санітарно-показове значення *E. coli* зумовлене такими причинами:

✓ *E. coli* займає той самий біотоп, що й інші мікроорганізми, які належать до БГКП;

✓ терміни виживання кишкової палички у навколишньому середовищі близькі до термінів виживання патогенних бактерій, які спричиняють кишкові інфекції;

✓ більшість об'єктів навколишнього середовища непридатні для розмноження *E. coli*;

✓ процедура виявлення та кількісної оцінки *E. coli* на об'єктах і предметах навколишнього середовища досить проста й доступна.

Виявлення *E. coli* у харчових продуктах, воді, ґрунті, на обладнанні свідчить про свіже фекальне забруднення. Наявність кишкової палички у продуктах харчування свідчить про ризик харчового отруєння. Виявлення кишкової палички здійснюють для контролю правильності термічної обробки під час виготовлення ковбасних виробів, пастеризації молока тощо, а також під час дослідження санітарно-гігієнічного стану виробництва, оцінки ефективності застосування дезінфектантів, миття обладнання, апаратури та рук працівників харчового виробництва.

Недолік *E. coli* як показника фекального забруднення полягає в тому, що цей мікроорганізм менш стійкий до умов пастеризації харчових продуктів, впливу хлору та деяких інших речовин, які використовують для знезараження води. Низькою є і стійкість *E. coli* до висушування на поверхні овочів.

Бактерії роду ***Klebsiella*** – короткі, товсті, нерухомі грамнегативні палички з округлими кінцями, розміром 0,3–0,6 × 1,5–6,0 мкм, що утворюють, на відміну від інших ентеробактерій, виражені полісахаридні капсули. Спор не утворюють, джгутиків немає. Клітини поодинокі або зібрані попарно. Їх виявляють на шкірі та слизових оболонках людини і тварин. Рід нараховує декілька видів. Основну роль у патології людини відіграють бактерії *Klebsiella pneumonia*. Представники роду *Klebsiella,* як і інші ентеробактерії, є факультативними анаеробами, хемотрофами і невибагливими до живильних середовищ організмами.

Бактерії роду *Klebsiella* чутливі до впливу різних дезінфікуючих засобів, за температури 6°С гинуть упродовж години. Досить стійкі до факторів навколишнього середовища: капсула захищає від висихання, тому мікроорганізми можуть зберігатись у ґрунті, часточках пилу, на обладнанні, меблях за кімнатної температури упродовж тижнів і навіть місяців.

Основними факторами патогенності бактерій роду *Klebsiella* є полісахаридна капсула, фімбрії, здатність токсиноутворення (ендо- та екзоферменти), поверхневі білки, мембранотоксин, сидерофорна система.

Бактерії роду *Klebsiella* широко розповсюджені в природі. Вони можуть бути в організмі людини і тварин, зокрема, входити до складу кишкового біоценозу. Їх виявляють на шкірі та слизових оболонках. Можуть спричиняти хронічні запальні процеси слизових оболонок верхніх дихальних шляхів, бронхів з утворенням інфільтратів, які потім рубцюються. Збудники можуть бути виявлені у гранулемах, де вони локалізуються всередині та поза клітинами. *K. pneumonia*, яка трапляється у кишечнику, після проникнення в інші внутрішні органи спричиняє їхнє запалення.

Рід ***Citrobacter*** об'єднує групу бактерій, назва яких походить від здатності утилізувати цитрат і використовувати його як єдине

джерело карбону. Представники цього роду широко розповсюджені у навколишньому середовищі, їх виділяють із фекалій тварин і людини, водойм, ґрунту, стічних вод і харчових продуктів. Вони належать до умовно-патогенної мікробіоти травного тракту свійських тварин і людей. Деякі штами, входячи до складу нормальної мікробіоти кишечника, можуть спричиняти захворювання у тварин самостійно або в асоціації з іншими мікроорганізмами. У багатьох випадках штами, виділені з клінічного матеріалу, є збудниками опортуністичних інфекцій.

Бактерії роду *Citrobacter* – дрібні грамнегативні, переважно рухливі палички за рахунок перитрихіально розміщених джгутиків, розміром 1,0 × 2,0–6,0 мкм, у мазках клітини розташовуються поодиноко або парами. Факультативні анаероби, хемоорганотрофи, для яких характерний дихальний і бродильний тип метаболізму. Рід включає такі види: *C. amalonaticus, C. braakii, C. farmeri, C. freundii, C. gillenii, C. koseri, C. murliniae, C. rodentium, C. sedlakii, C. werkmanii, C. Youngae.* Вид *C. diversus* може стати причиною менінгіту новонароджених, абсцесів мозку тощо.

Клінічні штами бактерій роду *Citrobacter* характеризує ряд факторів патогенності: поверхневий білок адгезії; мікроворсинкн, джтугики (здатність до інвазії); токсиноутворення, синтез ферментів агресії, які задіяні в інфекційному процесі, а також фактори захисту від згубного впливу захисних факторів макроорганізму та протимікробних препаратів.

Бактерії роду *Citrobacter* є причиною широкого спектра внутрішньолікарняних інфекцій у пацієнтів, які проходять тривалі процедури у лікарні – інфекції дихальних шляхів, сечових шляхів, печінки, підшлункової залози, жовчних шляхів, рани, кістки, черевини, ендокарда, мозкових оболонок (неонатальний менінгіт), сепсис тощо. Бактерії роду *Citrobacter* здатні спричиняти спалахи гастроентеритів і токсикоінфекцій. Інфікування відбувається внаслідок споживання молока, молочних продуктів, масла, кондитерських виробів, м'яса птиці і тварин. В ослаблених дітей раннього віку можливий контактно-побутовий шлях інфікування через іграшки, предмети догляду тощо.

Бактерії роду *Citrobacter* самостійно чи в асоціації з іншими мікроорганізмами можуть спричиняти захворювання домашніх і диких тварин, риб і бджіл. Відомі випадки, коли їх виявляли у фабрично виготовленому комбікормі. Корми, які заражені бактеріями роду *Citrobacter* або які мають сумнівну якість, потребують обов'язкового проварювання за температури не нижчої 100°С упродовж щонайменше години.

Бактерії роду *Citrobacter* мають важливе екологічне значення. Відновлюючи нітрати до нітритів, вони беруть участь у кругообігу сполук нітрогену у природі; клітини цих бактерій здатні накопичувати уран, який є основним матеріалом для ядерних технологій; представники виду *C. freundii* здатні до біодеградації дубильної кислоти. Вивчають також участь *C. freundii* у накопиченні свинцю, що може мати важливу роль.

Бактерії роду *Citrobacter* зазвичай трапляються у навколишньому середовищі, в основному у ґрунті, воді, на рослинах, рідше в кишечнику. Вони також виявлені у різних органах хворих тварин, у тому числі ссавців, птахів, рептилій і амфібій. Потрапляючи з виділеннями людей і тварин у навколишнє середовище, бактерії роду *Citrobacter* можуть забруднювати об'єкти довкілля, їжу тощо, їх вважають індикатором забруднення води. Хоча бактерії роду *Citrobacter* мають менше санітарно-показове значення порівняно з бактеріями роду *Escherichia*, проте вони є показником більш давнього фекального забруднення.

Бактерії роду ***Enterobacter*** – прямі грамнегативні, факультативні анаероби, розміром 0,6–1,0 × 1,2–3,0 мкм, рухливі завдяки перитрихіально розміщеним джгутикам. Клітини поодинокі, рідше зібрані у короткі ланцюжки. Деякі штами здатні утворювати капсулу. Хемоорганотрофи з дихальним чи бродильним типом метаболізму. Рід представлений *E. cloacae, E. aerogenes, E. gergoviae, E. sakazakii, E. agglomerans.*

Факторами патогенності бактерій роду *Enterobacter* виступають фактори адгезії та інвазії, ДНКаза, лецитиназа, ендотоксин, ентеротоксин, шигаподібний токсин, сидерофорна система, гемолізини, поверхневий білок.

Бактерії роду *Enterobacter* поширені у природі. Найчастіше їх виявляють у ґрунті, на рослинах, рідше – в кишечнику. Мікроорганізми трапляються також у прісній воді, стічних водах, на рослинах, овочах, а також у фекаліях людей і тварин. Деякі види спричиняють виникнення опортуністичних інфекцій – раневих, опікових, сечостатевих шляхів, а в деяких випадках – септицемію та менінгіт. Вони є показником більш давнього фекального забруднення і мають менше санітарно-показове значення порівняно з бактеріями роду *Escherichia.*

Бактерії роду ***Serratia*** – один з найстаріших видів родини *Enterobacteriaceae.* Інтерес до їхнього вивчення обумовлений здатністю бактерій утворювати червоний пігмент. Уперше їх виділив італійський бактеріолог Б. Бізіо, назвавши *Serratia marcescens* на честь лоцмана Серафіно Серраті, який проводив кораблі річкою Арнб.

Бактерії роду *Serratia* – прямі, рухливі завдяки перитрихіально розміщеним джгутикам палички розміром 0,9–2,0 × 0,5–0,8 мкм, деякі штами утворюють капсулу. Червоно-рожевого кольору бактеріям надає водорозчинний пігмент продигіозин. Факультативні анаероби, хемоорганотрофи, метаболізм окисний чи бродильний.

Фактори патогенності бактерій роду *Serratia* досліджені мало. Основними з них виступають фімбрії, гемолізини, сидерофорна система, цитотоксин, протеази.

Бактерії роду *Serratia* поширені у навколишньому середовищі всюди – їх виділяють з ґрунту, води, повітря, з рослин, різних предметів, з випорожнень комах і гризунів. Раніше їх вважали непатогенними та навіть використовували у випробуваннях аерозолів або дослідженнях циркуляції повітря у приміщеннях завдяки їхньому яскраво-червоному пігменту. У 60-х роках XX ст. була встановлена здатність бактерій роду *Serratia* спричиняти бактеріемію у лікаріняних стаціонарах. Згодом з'ясувалося, що у дорослих людей бактерії роду *Serratia* найчастіше колонізують сечовивідні та дихальні шляхи, а у дітей шлунково-кишковий тракт. *S. marcescens* спричиняє до 10 % випадків госпітальних бактеріемій і пневмоній, 5 % випадків інфекцій сечовивідних шляхів, хірургічних ран і гнійничкових уражень шкіри.

Важливим моментом у поширенні інфекцій, спричинених бактеріями роду *Serratia*, є їхня здатність до горизонтальної передачі через руки персоналу. Найчастіше мікроорганізми цього роду проникають в організм через постійні катетерії, інтубаційні прилади, а також через препарати і розчини для внутрішньовенних інфузій. У наркоманів, які вводять препарати внутрішньовенно, нерідко виникають септичні артрити, ендокардити й остеомієліти. Тому важливе санітарне значення має виявлення бактерій роду *Serratia* у лікарняних відділеннях як збудників внутрішньолікарняної інфекції.

Індикаторами процесу самоочищення є сапрофітні мікроорганізми, які населяють природні середовища (амоніфікуючі та нітрифікуючі мікроорганізми, гриби, актинобактерії, ціанобактерії). Вони беруть участь у процесі розщеплення органічних сполук у ґрунті. До них належать бактерії родів *Enterococcus, Clostridium*, *Proteus*, а також *P. aeruginosa* та коліфаги.

Бактерії роду ***Enterococcus*** належать до порядку *Lactobacillales* родини *Enterococcaceae.* Через те, що ентерококи відрізняються від стрептококів за морфологічними, культуральними, ферментативними властивостями й антигенною структурою, їх запропонували виділити в самостійну групу (рід) *Enterococcus,* який наразі нараховує 16 видів: *E. faecalis, E. faecium, E. bovis*, *E. equinus* та інші.

Бактерії роду *Enterococcus* – грампозитивні, факультативно-анаеробні бактерії кулястої чи овальної форми, розміром 0,6–2,0 × 0,6–2,5 мкм. У мазках із культур, вирощених на рідких середовищах, клітини розташовані парами або короткими ланцюжками. Ентерококи не утворюють капсул, спор; деякі види обмежено рухливі (мають невеликі джгутики). Хемоорганотрофи з метаболізмом бродильного типу.

Ентерококи входять до складу мікробоценозів порожнини рота, кишечника та сечостатевої системи дорослих. У людини найчастіше ураження спричиняють *E. faecalis, E. faecium* і *E. durans.* Більшість інфекцій має ендогенний характер, що обумовлено проникненням мікроорганізмів за надмірної колонізації. Також встановлено можливість нозокоміальної передачі інфекції,

спричиненої ентерококами. Частота подібних інфекцій зростає на тлі застосування цефалоспоринів (антибіотиків) широкого спектра дії.

Факторами патогенності бактерій роду *Enterococcus* виступають «субстанція агрегації», цитолізин, позаклітинний поверхневий протеїн, позаклітинний супероксидрадикал, желатиназа.

Бактерії роду *Enterococcus* є постійними мешканцями кишечника людини і тварин, у великій кількості виділяються в навколишнє середовище. Виявлення їх у ґрунті, воді, харчових продуктах свідчить про свіже фекальне забруднення цих об'єктів чи продуктів.

Ентерококи не змінюють своїх властивостей у навколишньому середовищі, стійкі до багатьох несприятливих факторів довкілля (нагрівання, високі концентрації хлориду натрію, жовчі, дезінфікуючих засобів, значних коливань pH (від 5 до 12) тощо), що робить їх досить зручним показником у дослідженні деяких специфічних об'єктів. Так, вони витримують нагрівання за температури 60–65°C упродовж 30 хв, здатні рости за наявності 6,5 % NaCl, 40 % жовчі, у середовищах, pH яких становить 9,6–10. Стійкість ентерококів до вищезгаданих факторів отримала назву «тести Шермена».

Бактерії роду *Enterococcus* прийнято вважати показниками свіжого феального забруднення, що пов'язано з їхніми біологічними властивостями. Стійкість бактерій роду *Enterococcus* до нагрівання за температури 65°C використовують для перевірки якості термічної обробки або пастеризації, стійкість до високих концентрацій солей – для перевірки морських продуктів. Наявність великої кількості ентерококів у продуктах, що піддаються тепловій обробці, свідчить про слабку ефективність пастеризації (порушення режимів), післяпастеризаційне забруднення або збереження їх в умовах, сприятливих для розвитку ентерококів.

Ентерококи як санітарно-показові мікроорганізми мають значні переваги порівняно з бактеріями групи кишкової палички. Ентерококи не піддаються настільки глибоким змінам і не розмножуються (за винятком харчових продуктів) в об'єктах зовнішнього середовища. Тому для продуктів, що довгостроково

зберігаються за низьких температур, краще ніж санітарно-показові мікроорганізми визначати ентерококи, а для продуктів, що не піддаються збереженню, достатньо визначати БГКП. Це зумовлено тим, що БГКП гинуть швидше від ентерококів і наявність або відсутність їх не відображає санітарного стану таких продуктів.

Бактерії роду *Enterococcus* легше ідентифікувати й диференціювати, а також виділяти зі забруднених іншими мікроорганізмами об'єктів завдяки наявності селективних середовищ (середовище Хайна та Перрі з натрій азидом, середовище накопичення Мак-Конкі з калій телуритом, лужне поліміксинове середовище Калини).

У стандартах Всесвітньої організації охорони здоров'я щодо води кількісне визначення ентерококів використовують як додатковий показник фекального забруднення, зокрема у плавальних басейнах, де бактерії групи БГКП гинуть унаслідок хлорування води. Їх кількість у виділеннях на порядок нижча, ніж БГКП. Варто зазначити, що деякі штами ентерококів використовують у виробництві харчових продуктів (деякі сири, кисломолочні продукти та ін.). У таких випадках ентерококи не мають санітарно-показового значення.

Бактерії роду ***Proteus*** – одним із трьох найстаріших родів родини *Enterobacteriaceae*, вперше описані Г. Хаузером 1885 р. Найкраще вивченими є *Proteus vulgaris* та *P. mirabilis*. Ці мікроорганізми досить поширені у природі, беруть участь у процесах аеробного гниття і слугують показником присутності органічних речовин тваринного походження у водоймах. Їх можна виявити в організмі людини та на рештках рослин і тварин. Протеї виявляються у виділеннях близько 5–10 % здорових людей, причому значно частіше в літній період.

Бактерії роду *Proteus* – грамнегативні палички з заокругленими кінцями, розміром 1,0–4,0 × 0,4–0,8 мкм, перитрихи, спор і капсули не утворюють. Здатні до поліморфізму, трапляються кулясті та ниткоподібні форми. Мають добре розвинені джгутики (виявлено два типи джгутиків: 1 – довгі з поздовжніми смугами, нараховується переважно 4–5 шт.; 2 – глобулярні субодиниці,

розташовані у 4–5 поздовжніх рядів). Факультативні анаероби, хеморганотрофи з дихальним і бродильним метаболізмом.

Бактерії *P. mirabilis* і *P. vulgaris* відомі як збудники опортуністичних інфекцій; *P. penneri* зумовлюють інфекції сечовивідних шляхів і нагноєння ран; *P. myxofaciens* виділяють з калу здорових людей і з навколишнього середовища. Поширення бактерій роду *Proteus* можливе через предмети побуту, повітря приміщень, де сконцентровані хворі із запальними процесами чи кишковими інфекціями, зумовленими бактеріями цього роду.

Бактерії роду *Proteus* нерідко виявляють у різних харчових продуктах, що в кращому випадку свідчить про гнильний розпад і їх псування. У разі масового забруднення спожитого в їжу продукту протеї можуть викликати харчову токсикоінфекцію. Харчові токсикоінфекції можуть виникати внаслідок споживання м'ясних виробів, рибних страв, овочевих салатів і гарнірів, контамінованих протеєм.

Основні фактори патогенності бактерій роду *Proteus*: ендотоксин, фімбрії, бактеріальні протеази й уреаза, гемолізини та гемаглютиніни. Рухливі Н-форми – основні морфологічні форми, здатні прикріплюватися до клітин паренхіми тканини нирок і епітелію сечового міхура.

Основними об'єктами санітарної мікробіології є *P. vulgaris* і *P. mirabilis.* Наявність *P. vulgaris* свідчить про забруднення об'єкта органічними речовинами, оскільки їх виявляють найчастіше у гниючих рештках, особливо у стічних водах з високим вмістом органічних решток тваринного походження. Виявлення *P. mirabilis* свідчить про фекальне забруднення, оскільки його зазвичай виявляють у фекаліях. Бактерії *P. rettgeri* виявляють у випорожненнях хворих на кишкові інфекції, тому їхня наявність вказує на епідемічну небезпеку.

Самостійного значення бактерії роду *Proteus* як санітарно-показові мікроорганізми не мають. На практиці ці мікроорганізми виявляють під час дослідження води відкритих водойм, лікувальних грязей, харчових продуктів.

Бактерії роду ***Clostridium*** грампозитивні, плеоморфна палички розмірами 0,3–2,0 × 1,5–20,0 мкм із заокругленими або

гострими кінцями, часто об'єднані попарно чи у вигляді коротких ланцюжків. Рухомі завдяки наявності перитрихіальних джгутиків. Утворюють овальні чи сферичні ендоспори. Більшість видів – хемоорганотрофи, деякі можуть також рости хемоавтотрофно або хемолітотрофно. Серед численних патогенних і сапрофітних видів роду *Clostridium* найчастішим і постійним мешканцем кишечника людини й тварин є *C. perfringens.* На відміну від інших анаеробів, спорові анаероби кишкового походження, у тому числі й *C. perfringens,* мають редукувальні властивості у процесі росту на залізосульфітних середовищах, тому їх називають сульфітредукувальними анаеробами.

Бактерії *C. perfringens* здатні продукувати велику кількість різноманітних токсинів і ферментів. Багато з них мають летальну, некротичну, гемолітичну дію. У деяких випадках одна і та сама речовина має різні властивості, в інших – ці властивості обумовлені речовинами різної хімічної структури. Бактерії *C. perfringens* утворюють латиназу, лецитиназу, сірководень і аміак, а також леткі аміни, оцтову, молочну та масляну кислоти. Серед *C. perfringens* виділяють шість типів щодо здатності утворювати 12 різних за антигенною будовою летальних і некротичних токсинів і ферментів, які позначають літерами грецького алфавіту.

Вегетативні форми *C. perfringens* гинуть за температури 80°С через 30 хв; спори витримують кип'ятіння понад 1,5 год; за температури 115°С вони гинуть через 30–40 хв, за 120°С – через 3–20 хв. У великих шматках м'яса і банках великої ємності вони можуть залишатися живими і після їх автоклавування за температури 120°С упродовж 15 хв. Бактерії *C. perfringens* типу F відрізняються високою стійкістю спор, що витримують кип'ятіння до 3–6 год. Під час впливу 3–5 %-го розчину фенолу вегетативні форми гинуть через 15–20 хв, спори – через 8–10 год.

Санітарно-показовий мікроорганізм *C. perfringens* постійно живе в кишечнику людини і тварин. Поселяється у кишечнику немовлят у перші дні життя, у 72–98 % дорослих людей *C. perfringens* виявляють у титрі до 10^3–10^{10}. Отже, ці мікроорганізми можна розглядати як показник фекального забруднення. З кишечника людини і тварин *C. perfringens* виділяють переважно

у вигляді вегетативних форм. У зовнішньому середовищі вони зберігаються у вигляді спор. За співвідношенням виявлених у досліджуваному об'єкті вегетативних форм і кількості спор роблять висновок про давність фекального забруднення. Бактерії *C. perfringens* мають переваги над БГКП, які полягають у легкості культивування й ідентифікації, а також у тому, що вони не розмножуються у відстійниках.

Виявлення спор *C. perfringens* рекомендовано для оцінки ефективності технологічних процесів очищення води, оскільки спори стійкі до дії хлору й інших несприятливих факторів. Клостридії визначають у ґрунті й лікувальних грязях. Інколи бактерії визначають у воді на виробництві консервів. Сульфітредукувальні клостридії використовують як санітарно-показові мікроорганізми під час дослідження харчових казеїнатів, ковбасних виробів, ікри, спецій, прянощів та ін. Простота культивування *C. perfringens* на живильних середовищах, характерний ріст у молоці (утворення губчастого згустку казеїну), редукція сульфіту – все це допомагає в ідентифікації його як санітарно-показового мікроорганізму.

Рід ***Pseudomonas*** належить до родини *Pseudomonadaceae* і нараховує понад 20 видів. Це велика гетерогенна група мікроорганізмів, широко розповсюджених у біосфері, загальнобіологічна роль яких реалізується перш за все у процесах мінералізації органічних сполук. Бактерії роду *Pseudomonas* є мешканцями водойм, ґрунту, різних рослинних субстратів, патогенні властивості проявляються щодо безлічі різноманітних об'єктів: людей, теплокровних тварин, членистоногих, рослин. Нерідко псевдомонади вегетують у водопроводах, причому ступінь нагромадження їх безпосередньо обумовлений концентрацією кисню. Деякі види патогенні для людини, наприклад *P. aeruginosa, P. putida, P. fluorescens, P. cepacia.*

Синьогнійна паличка *P. aeruginosa* – широко відомий асоціант різних екологічних ніш людини, тварин і навколишнього середовища. Це грамнегативна, анаеробна рухлива (за рахунок одного-двох джгутиків), пряма або злегка зігнута паличка із заокругленими кінцями розміром 0,5–0,7 × 1,0–3,0 мкм. Клітини

розміщені поодиноко, парами або зібрані у короткі ланцюжки. Спор не утворює, не має капсули, продукує слиз, який тонким шаром оточує мікробну клітину і відіграє роль фактора патогенності.

У забезпеченні патогенності *P. aeruginosa* певну роль відіграє пігментоутворення. Чорно-коричнвий пігмент піомеланін забезпечує стійкість штамам-продуцентам до ультрафіолетового опромінення, гіпоксії та інших факторів довкілля. Піоціанін – пігмент, який надає синьо-зеленого забарвлення середовищу культивування або гнійним виділенням інфікованих ран, має цитотоксичні властивості. Суттєву роль у патогенезі інфекцій, спричинених *P. aeruginosa*, відіграють ендо- й екзотоксини, а також позаклітинні ферменти цього мікроорганізму. Синтез їх контролюють плазміди, які можуть бути отримані завдяки обміну генетичним матеріалом з бактеріями інших родів і родин. І екзотоксини, і позаклітинні ферменти є білками, які секретуються бактеріями, проявляють різні біологічні активності й чинять вплив на різні функції організму.

Синьогнійна паличка є збудником внутрішньолікарняних гнійно-запальних захворювань перш за все завдяки особливостям її екології: невибагливості до органічних речовин для життєдіяльності, широкому діапазону стійкості до різних факторів навколишнього середовища, антибіотиків, бактеріофагів, дезінфектантів і антисептиків. Тому й спостерігають неухильне зростання питомої ваги *P. aeruginosa* як збудника опортуністичних інфекцій.

Під час купання у забруднених *P. aeruginosa* водоймах у людей з ослабленим імунітетом можуть виникати сепсис, менінгіт, остеомієліт, артрит, пневмонія, отит, урогенітальні захворювання та ін. Миття апаратури в операційних звичайною водою може призвести до інфікування хворого. *P. aeruginosa* визначають також під час дослідження повітря медичних стаціонарів. На практиці обов'язковому дослідженню на наявність *P. aeruginosa* підлягають питні бутильовані та мінеральні води.

Термофільні мікроорганізми – досить різноманітна група переважно спороутворювальних бактерій і актинобактерій, здатних розмножуватися за температури 50–60°С і вище. Термофільні

мікроорганізми нерідко можна виділити з об'єктів навколишнього середовища (ґрунту, води, повітря, харчових продуктів тощо), рідше з кишечника людини і тварин (зазвичай їхня кількість у фекаліях є незначною). У природі термофільні мікроорганізми розмножуються в термальних джерелах і місцях нагромадження органічного субстрату. Тому основним джерелом забруднення ними досліджуваних об'єктів є гній, фекалії та компости (у тому числі сміття, що розкладається). Потрапляючи у різні субстрати навколишнього середовища, для яких характерна низька температура, термофіли переходять у латентний стан. Ця властивість дає змогу використовувати такі мікроорганізми, як показник специфічного забруднення навколишнього середовища. У практиці визначення термофілів набуло поширення у дослідженні ґрунту, а також під час дослідження консервів (як показник ефективності автоклавування).

Санітарно-показове значення мають ***бактеріофаги***, за локалізацією яких в об'єктах довкілля можна наголошувати про ступінь забруднення патогенними мікроорганізмами.

1918 року Д'Ерелль виділив з випорожнень хворих на дизентерію людей особливий агент, що має здатність просвітлювати (лізувати) молоді бульйонні культури збудника дизентерії. Агент, що розчиняє бактерії, Д'Ерелль назвав бактеріофагом – «пожирачем бактерій», а феномен лізису культури – бактеріофагією.

Розміри фагів коливаються від 20 до 200 нм. Бактеріофаги більш стійкі до факторів навколишнього середовища, ніж більшість бактерій-хазяїв. Вони добре витримують заморожування й висушування. До дії активного хлору вони у 2–3 рази стійкіші, ніж кишкова паличка. На фаг не чинять істотного впливу 5 %-ий розчин сулеми й 1 %-ий розчин фенолу. Більшість фагів інактивується пі час впливу температури 65–70°С. Розчин формаліну з концентрацією 1 % інактивує фаги через кілька хвилин. Бактеріофаги проявляють високу чутливість до кислот. Стійкість до хлору допомагає виявити, що стічні води до хлорування містили відповідні індикаторні бактерії. Це дає змогу використовувати бактеріофаги *E. coli* для гігієнічної оцінки об'єктів навколишнього середовища. Кишкові бактеріофаги поряд з іншими СПМ

можуть бути індикаторами фекального забруднення, небезпечного щодо поширення вірусних інфекцій, наприклад гепатиту А, що передається водним шляхом.

Фаги – це віруси, паразити мікроорганізмів. Бактеріофаги можна виявити скрізь, де живуть гемологічні (відповідні) їм мікроорганізми. Бактеріофаги постійно виділяють з кишечника людини і тварин, виявляють в об'єктах навколишнього середовища, забруднених фекаліями та гноєм. Тому кишкові фаги є показниками фекального забруднення ґрунту, води ентеробактеріями, у тому числі й патогенними.

Тривалий час бактеріофаги не використовували як санітарно-показові організми. Це пов'язано з тим, що фаги у зовнішньому середовищі виживають значно довше, ніж ентеробактерії, та можуть бути виявлені як під час свіжого фекального забруднення об'єкта, небезпечному в епідеміологічному сенсі, так і після відмирання усіх патогенних БГКП. Тому фаги використовують як додатковий показник фекального забруднення води патогенними ентеробактеріями.

Санітарно-показове значення бактеріофагів особливо зросло у зв'язку з водними спалахами вірусних захворювань (поліомієліту, інфекційного гепатиту тощо). Встановлено, що багато ентеровірусів і аденовірусів більш стійкі в умовах довкілля, ніж кишкова, черевнотифозна й дизентерійна палички. За умов, несприятливих для виживання патогенних і сапрофітних ентеробактерій, ряд вірусів може зберігати життєздатність і становити істотну небезпеку для людини. Зокрема, не всі віруси гинуть унаслідок очищення стічних вод. Отже, у разі високого колітитру й низької мікробної кількості, які характеризують безпеку води щодо збудників бактеріальних кишкових інфекцій, не можна робити висновки про її безпеку щодо збудників вірусних захворювань. У зв'язку з цим як індикатори забруднення води патогенними ентеровірусами, було запропоновано використовувати фаги, які за своїми біологічними властивостями подібні до ентеровірусів більше, ніж *E. coli* або будь-який інший санітарно-показовий мікроорганізм.

Таким чином, виявлення кишкових бактеріофагів у водоймі свідчить про фекальне забруднення, яке загрожує поширенням

інфекцій. При цьому одночасне виявлення у водоймі фага й *E. coli* вказує на свіже, епідеміологічно небезпечне фекальне забруднення, а виявлення лише фага – на давнє фекальне забруднення, і тому не має великого санітарно-показового значення. Під час дослідження питної води визначають наявність і кількість коліфагів. Коліфаги – віруси, здатні лізувати *E. coli*, вирощені на живильному агарі, й формувати зони лізису (бляшки) на зоні їх суцільного росту (газоні). Коліфаги є індикаторами очищення питної води з точки зору ентеровірусів.

8.2. Критерії вибору санітарно-показових мікроорганізмів

Вибір певного СПМ зумовлений завданням, яке стоїть перед дослідником. Так, з метою контролю безпечності питної води досить переконатися у відсутності певного обсягу БГКП. Детальне дослідження й ідентифікація виділеного мікроорганізму до виду тут не вимагається. У разі несподіваного підвищення вмісту кишкової палички у периферичній водопровідній мережі такого визначення вже недостатньо, оскільки необхідно знайти причину зміни індексу кишкової палички у воді (прорив у мережу стічних вод чи потрапляння у неї ґрунтових вод). Тут виникає потреба вже детально дослідити, фекальним чи нефекальним є походження виявлених БГКП.

Використання титру ентерокока рекомендують, коли дослідження на кишкову паличку дає малодостовірні результати, наприклад під час значного вмісту в досліджуваній воді БГКП і одночасної відсутності чи незначного виявлення фекальної *E. coli*. Визначення індексу співвідношення вегетативних і спорових форм *C. perfringens* рекомендують використовувати у тих випадках, коли важливо встановити свіжість фекального забруднення досліджуваного об'єкта.

Отже, у багатьох випадках тільки одночасне дослідження і кількісний облік не одного, а двох і більше СПМ дають змогу вирішити завдання, яке не вирішується у процесі використання якогось одного показника фекального забруднення. Варто зауважити

також, що чинні санітарно-мікробіологічні норми не є постійними величинами, вони можуть змінюватися з часом залежно від вимог, які регламентують безпеку досліджуваних об'єктів.

Санітарно-показові мікроорганізми найчастіше визначають методом висіву на відповідні живильні середовища. Вміст СПМ оцінюють за двома показниками – титром та індексом.

Титр – найменша кількість досліджуваного матеріалу в мілілітрах (для твердих тіл у грамах), у якій виявляють хоча б один санітарно-показовий мікроорганізм.

Індекс – кількість СПМ, виявлених в 1 л рідини (1 г ґрунту чи харчових продуктів, 1 $м^3$ повітря). Індекс – величина, обернена титру. Якщо титр = 333, то індекс = 3.

Як додатковий показник, часто використовують найбільш вірогідне значення мікробного індексу або ***найбільш вірогідне число (НВЧ).*** Для визначення цього показника використовують рідкі середовища. Підрахунок НВЧ здійснюють з використанням спеціальних таблиць Хоскенса-Муре, розроблених для «симетричного» (використовують однакову кількість пробірок для кожного розведення, які переважно кратні 10) й «асиметричного» (використовують різну кількість пробірок в окремих розведеннях) способів посіву. Отримані значення мають достовірні межі, в яких справжня кількість мікроорганізму може коливатися з вірогідністю 95 %.

8.3. Харчові продукти як об'єкти санітарно-мікробіологічної експертизи

Харчові продукти є унікальним і складним об'єктом вивчення санітарної мікробіології, що зумовлено рядом особливостей харчових продуктів:

✓ переважна більшість харчових продуктів не є стерильними, внаслідок чого значна частина їх виступає сприятливим субстратом для розмноження різноманітних мікроорганізмів. Мікроорганізми, що містяться у продуктах харчування, часто є залишковою мікробіотою вихідної сировини рослинного чи тваринного походження. Значна частина мікроорганізмів потрапляє

у продукти під час переробки, виготовлення, зберігання, транспортування та реалізації;

✓ багато харчових продуктів містять сапрофітну мікробіоту, яка відіграє роль природного біологічного захисту завдяки антагоністичній дії на патогенні мікроорганізми, які можуть потрапляти у їжу. Зазвичай 1 г (1 мл) харчових продуктів містить приблизно 10^3–10^4 КУО. Поряд з тим сапрофітна мікробіота може спричинити псування харчових продуктів унаслідок надмірного розмноження. Якщо продукт містить 10^6–10^7 КУО у 1 г (1 мл), вона є потенційно небезпечною для здоров'я і може спричинити харчові отруєння;

✓ харчові продукти мають велике значення як фактор передачі збудників багатьох захворювань (черевного тифу, паратифів, сальмонельозів, дизентерії, ботулізму, холери, сибірської виразки тощо). Умовно-патогенні мікроорганізми, які потрапили в організм людини з їжею, можуть спричинити харчові токсикоінфекції;

✓ багато харчових продуктів містить специфічну мікробіоту, яка надає певних смакових характеристик. Технологія виробництва ряду продуктів харчування (хліб, кисломолочні продукти, квас, пиво) передбачає застосування специфічної мікрофлори, яка не становить небезпеки для людини.

Відповідно, розрізняють специфічні та неспецифічні мікробіологічні процеси, що відбуваються у продуктах харчування. ***Специфічні процеси*** здійснюються мікроорганізмами, які використовують для виготовлення продуктів. Їх застосування сприяє формуванню поживних і смакових властивостей продуктів (молочнокислі бактерії, дріжджі). ***Неспецифічні процеси*** відбуваються, коли мікроорганізми випадково потрапляють у продукти і забруднюють їх.

Випадковою мікробіотою є бактерії, плісняві гриби, дріжджі, віруси. Патогенні мікроорганізми можуть потрапляти в їжу різними шляхами. Наприклад, продукти тваринного походження можуть бути контаміновані мікроорганізмами ендогенно й екзогенно. У випадку ***ендогенного зараження*** – з організму тварин за життя або після смерті мікроорганізмами, що були в дихальному,

травному тракті чи в молочній залозі. У разі захворювання тварини патогени можуть прижиттєво поширюватися в організмі гематогенним або лімфогенним шляхом. Сприятливим фактором для контамінування органів і тканин є ослаблення тварини (голодування, травми, перевтома, переохолодження тощо). За таких умов, супроводжуваних порушенням бар'єрних функцій кишечника, мікробіота тварини проникає у кров. Наслідком цього є зараження патогенними мікроорганізмами тваринної сировини (молока, м'яса тощо).

Патогенні мікроорганізми можуть також потрапляти у продукти харчування з навколишнього середовища чи від хворих людей і носіїв збудника. ***Екзогенне контамінування*** можливе як на початковій стадії підготовки продуктів (забій тварин, вилов-лювання риби, доїння корів), так і за подальших маніпуляцій (транспортування, зберігання), а також з рук продавців, з тари. Переробка продуктів, приготування напівфабрикатів і готових кулінарних виробів теж впливають на ступінь і характер їхнього контамінування.

Продукти харчування містять усі необхідні для росту й розмноження мікроорганізмів сполуки, включаючи фактори росту і вітаміни. Проте у різних харчових продуктах умови для росту не є однаковими, що зумовлює різноманітність якісного складу мікробіоти і нерівномірність її розподілу у продукті.

У разі різного ***вмісту кисню*** (аж до анаеробних умов) можуть розмножуватись як аеробні чи мікроаерофільні види, так і аеротолерантні та строгі анаероби. Тому видовий і кількісний склад мікробіоти продуктів харчування залежить від їх консистенції, хімічного складу, буферних властивостей, вологості, pH, а також характеру обробки.

Консистенція продуктів харчування може бути рідкою (напої, молоко, соки), напіврідкою (кисломолочні продукти, киселі, каші), твердою (борошняні вироби, м'ясо, концентрати, зерно, порошкоподібні продукти).

Від консистенції продукту залежать розмноження, поширення у продуктах, виживання мікроорганізмів. У рідких і напіврідких продуктах ці умови за відсутності шкідливих факторів

більш сприятливі для збереження життєздатності, ніж у продуктах твердої консистенції, особливо у висушених та порошкоподібних. У рідких і напіврідких продуктах зазвичай спостерігають інтенсивне розмноження й рівномірне поширення мікроорганізмів. У твердих, висушених і порошкоподібних продуктах розмноження та поширення ускладнене, тому мікроорганізми можна виявити на поверхні або у менш щільних чи сухих частинах.

Залежно від ***хімічного складу продукту*** в ньому спостерігають переважний розвиток певної групи мікроорганізмів. Якщо для БГКП, пліснявих грибів, бактерій роду *Clostridium* хімічний склад продукту не має великого значення, то для дріжджів, молочнокислих бактерій сприятливими є багаті на вуглеводи продукти, а для бактерій роду *Proteus* і тих, що спричиняють гниття або здатні до спороутворення, *р* – продукти з переважанням білків. Велике значення має також повноцінність продукту – наявність у ньому факторів росту й вітамінів: якщо *E. coli* та бактерії роду *Pseudomonas* синтезують усі необхідні їм речовини, то багато патогенних і молочнокислих мікроорганізмів для свого розвитку потребують наявності цих речовин у продукті.

Для розмноження мікроорганізмів має значення також ***реакція середовища*** (pH), переважно кисла. Цей показник залежить від особливостей самого продукту чи технології його виготовлення, а також від застосування спеціальних консервантів. Реакція середовища може бути: 1) природною (фрукти, фруктові соки); 2) штучно створеною (маринади); 3) зміненою унаслідок життєдіяльності мікроорганізмів, які або потрапляють у продукт під час природного контамінування, або вносяться штучно (молочнокислі продукти, квашені продукти).

Низькі значення pH (5–6) оптимальні для дріжджів і пліснявих грибів, близькі до нейтральних (pH 6,8–7,3) – для більшості бактерій, які виявляють у харчових продуктах. Найбільш кислотостійкими є мікроорганізми, які є збудниками молочнокислого бродіння (мінімальне значення pH 3,0–3,9), і штами бактерій роду *Clostridium*, які спричиняють маслянокисле бродіння (pH 4–5).

Буферні властивості продукту дозволяють мікроорганізмам, метаболізм яких спричинює зміну pH, довше зберігати

життєздатність і нагромаджувати більше продуктів їхньої життєдіяльності. Рослинні соки мають слабкі буферні властивості, тому навіть незначне утворення кислих метаболітів зумовлює значну зміну pH із подальшим гальмуванням розвитку як продуцентів кислих продуктів, так і мікроорганізмів, яким притаманна висока гідролітична чи пектинолітична активність. Молоко та молочні продукти мають високу буферність, тому розвиток молочнокислих мікроорганізмів у них може досягати високого ступеня навіть за значним вмістом молочної й інших органічних кислот. Тому за pH 4,5 і вище консерви мають бути піддані термічній обробці під високим тиском, тоді як вища кислотність перешкоджає проростанню спор, наприклад *C. botulinum*, навіть за їхньої наявності у консервах.

Важливим фактором розмноження мікроорганізмів є ***наявність необхідної кількості доступної води*** (вологість продукту), яка визначається активністю води ($a_в$), або відносною вологістю. Мікроорганізми здатні рости за активності води від 1,0 до 0,6. Серед мікроорганізмів, які виявляються у харчових продуктах, найменшу потребу у воді мають дріжджі і плісняві гриби (<0,850), деякі коки (>0,850). Більш високі потреби у грамнегативних бактерій родів *Pseudomonas, Vibrio, Escherichia* (0,980–0,995). Багато мікроорганізмів здатні витримувати тривале висушування, зберігаючись у харчових продуктах у життєздатному стані (бактерії родів *Staphylococcus, Micrococcus*, дріжджі тощо).

Активність води може бути різною у будь-яких частинах продукту, що, у свою чергу, може вплинути на рівномірність поширення мікроорганізмів. Важливо також зазначити, що значення $a_в$ знижується після додавання до харчових продуктів добре розчинних солей і вуглеводів. На практиці пригнічення розмноження мікроорганізмів у харчових продуктах можна досягти, вносячи у них 60–70 % цукру (молочні консерви, плодово-ягідні продукти) або 1,5–4,5 % солі (квашені овочі). Але існують осмо(гало)толерантні види мікроорганізмів, які здатні розмножуватися за відносно високих концентрацій цукру чи солі, зумовлюючи псування продуктів і / або харчові отруєння (стафілококи,

ентерококи, кишкова паличка, протеолітичні мікроорганізми, деякі види дріжджів і пліснявих грибів).

Видовий склад і ступінь мікробного забруднення залежать також від ***характеру обробки харчових продуктів***. Продукти харчування з метою отримання готових виробів та їхньої безпеки для споживача зазнають різних впливів. Механічні методи переробки (приготування м'ясного фаршу, овочевих і фруктових пюре) зазвичай не лише сприяють контамінуванню, але й забезпечують рівномірний розподіл мікроорганізмів у продукті. Хімічна (соління, маринування, копчення тощо) і термічна (кип'ятіння, пастеризація, стерилізація) обробки знижують кількість мікроорганізмів у продуктах або повністю їх знищують.

Між окремими мікроорганізмами та їхніми групами безпосередньо у харчовому продукті встановлюються складні взаємовідносини. Поширеним є явище синергізму, яке проявляється в тому, що продукти синтезу і метаболіти одних мікроорганізмів сприяють росту інших (наприклад, молочнокислі й оцтовокислі бактерії та дріжджі). Антагоністичні взаємовідносини можуть проявитись у конкуренції за поживні речовини, кисень, у виділенні речовин, які змінюють властивості середовища (pH, в'язкість тощо) або пригнічують ріст конкурентної мікробіоти (антибіотики). Антагоністичні взаємовідносини між технологічними мікроорганізмами та небажаною мікробіотою використовують під час переробки деяких харчових продуктів (квашення овочів, виготовлення кисломолочних продуктів тощо). Також явища антагонізму можна спостерігати між сапрофітними мікроорганізмами харчового продукту і санітарно-показовими, а також патогенними мікроорганізмами.

Метою мікробіологічного дослідження харчових продуктів є:

✓ контроль якості сировини, яку використовують у виробництві харчових продуктів, і оцінку санітарно-гігієнічних умов їх виготовлення;

✓ контроль режимів зберігання харчових продуктів і оцінку санітарно-гігієнічних умов їх транспортування та реалізації;

✓ контроль над забезпеченням епідемічної безпеки харчових продуктів.

Гігієнічні нормативи за мікробіологічними показниками безпеки харчових продуктів включають такі групи мікроорганізмів:

– санітарно-показові, до яких належать: кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ), бактерії групи кишкових паличок – БГКП (коліформи), бактерії родини *Enterobacteriaceae*, ентерококи;

– умовно-патогенні мікроорганізми, до яких належать: *E. coli, S. aureus*, бактерії роду *Proteus, B. cereus* і сульфітредукуючі клостридії, *Vibrio parahaemolyticus*;

– патогенні мікроорганізми, у тому числі бактерії роду *Salmonella* та *Listeria monocytogenes*;

– бактерії роду *Yersinia* та інші патогенні мікроорганізми згідно з епідемічною ситуацією в регіоні виробництва;

– мікроорганізми, що свідчать про псування продуктів: дріжджі і плісняві гриби, молочнокислі мікроорганізми;

– мікроорганізми заквасочної мікрофлори і пробіотичні мікроорганізми (молочнокислі мікроорганізми, пропіоновокислі мікроорганізми, дріжджі, біфідобактерії, лактобацили тощо) у продуктах з нормованим рівнем технологічної мікрофлори і в пробіотичних продуктах.

Під час мікробіологічного дослідження якості харчових продуктів найчастіше враховують два основних показники:

✓ наявність і ступінь мікробного забруднення продуктів (загальне бактеріальне контамінування);

✓ наявність патогенних мікроорганізмів. Виявлення патогенів є більш точним показником, але і більш трудомістким завданням.

Загальне бактеріальне контамінування продуктів виражають показником КУО (колонієутворюючі одиниці – показник кількості життєздатних мікроорганізмів в одиниці обсягу, наприклад в 1 мл рідини), що характеризує кількість колоній мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ), що виросли на щільному живильному середовищі у разі посіву 1 г або 1 $см^3$ субстрату і культивування посівів за 30°С упродовж 24–48 год (у разі дослідження води цей показник часто називають загальним мікробним числом). Для більшості продуктів регламент

загального мікробного забруднення встановлюється в межах КУО/г ($см^3$) 10^3–10^5, що відповідає епідеміологічній безпеці продукту та його стабільності під час зберігання.

Сировину та готові харчові продукти аналізують також за кількістю БГКП, наявністю дріжджів, пліснявих грибів тощо. Визначення загального мікробного числа дозволяє зробити висновок про ймовірне забруднення продукту. У разі незначного мікробного забруднення об'єкта висівають матеріал без розведення. За умов масивного забруднення необхідно робити розведення, з яких потім здійснювати висів на відповідні живильні середовища.

8.4. Мікроорганізми, що мають санітарно-показове значення під час експертизи харчових продуктів

Важливим елементом санітарно-мікробіологічних досліджень є визначення ступеня псування і недоброякісності досліджуваних об'єктів, спричинених наявністю мікроорганізмів. Найчастіше це псування сировини та продуктів харчування зумовлене різноманітними бактеріями, дріжджами та плісеневими грибами. Добре відомі випадки псування і руйнування промислової сировини органічної природи та виробів з неї (наприклад, волокна і тканини, лікарська сировина та готові препарати тощо), будівельних матеріалів і споруд, мікробної корозії трубопроводів, біоруйнування штучних матеріалів та сполук тощо. Зрозуміло, що таким чином досить складно запропонувати уніфіковану схему дослідження, яка давала б змогу виявляти мікробіологічне псування та мікроорганізми, які його спричиняють. У кожному конкретному випадку потрібен індивідуальний підхід, що зумовлено різноманітністю мікроорганізмів-збудників і умов перебігу кожного процесу.

Бактерії роду ***Salmonella*** належать до родини *Enterobacteriaceae*. Це дрібні факультативно-анаеробні грамнегативні палички із заокругленими кінцями розміром 1,0–3,0 × 0,3–0,8 мкм, рухомі завдяки перитрихіально розміщеним джгутикам (крім *S. Gallinarum*). Спор не утворюють, мають мікрокапсулу, добре фарбуються аніліновими барвниками.

Бактерії роду *Salmonella* доволі стійкі у зовнішньому середовищі: витримують pH у діапазоні 4–9, у деяких продуктах можуть розмножуватися, не змінюючи зовнішнього вигляду та смаку продуктів. Соління та копчення чинить на них незначний вплив. Високі концентрації солей і цукру лише обмежують або пригнічують ріст. Помірно стійкі до впливу високих температур, за температури 57°С у рідкому середовищі гинуть через 1–3 хвилини. Кип'ятіння вбиває їх миттєво. Прямі сонячні промені діють згубно. Розчини дезінфікуючих засобів (розчини фенолу (5 %), хлораміну (3 %), лізолу (3 %) знищують сальмонели через 2–3 хвилини. Госпітальні штами бактерій роду *Salmonella* відрізняються множинною стійкістю до антибіотиків і фізико-хімічних чинників середовища (включаючи дезінфектанти).

Більшість бактерій роду *Salmonella* патогенні як для людини, так і для різних тварин. Винятком є штами – збудники черевного тифу і паратифів, які патогенні лише для людини та спричиняють зовсім інші клінічні форми захворювань.

Бактерії роду *Salmonella* спричиняють сальмонельози (гастроентероколіти) – гострі інфекційні зоонозні хвороби з переважним ураженням кишкового тракту й інтоксикацією. Найчастіше захворювання спричиняють *S. typhimurium, S. enteritidis, S. heidelberg, S. anatum, S. haifa, S. derby, S. choleraesuis* та ін.

Основними факторами патогенності сальмонел є холероподібний ентеротоксин і ендотоксин ліпополісахаридної природи. Ендотоксин чинить різноманітний вплив на різні органи та системи організму (ентеротропний, нейротронний, пірогенний). Найважливішими з них є спричинення лихоманки і порушення мікроциркуляції аж до розвитку інфекційно-токсичного шоку.

Вивчення антибіотикорезистентності виділених від хворих осіб штамів *S. typhimurium* і *S. enteritidis* дало змогу виявити ще одну групу факторів патогенності сальмонел – фактори стійкості до антибіотиків. Більшість з них є резистентними до ампіциліну, хлорамфеніколу, карбопенемів і аміноглікозидів. Клінічні штами зазвичай проявляють ще й антилізоцимну активність.

Набір ферментів, які синтезують бактерії роду *Salmonella*, відрізняється у різних видів. Зокрема, збудник паратифу

S. paratyphi синтезує великий набір ферментів, що підвищують їхню агресивність (гіалуронідаза, фібринолізин, лецитиназа, гемолізин тощо).

Бактерії роду *Salmonella* широко розповсюджені у природі. Вони є в організмі людини і тварин, зокрема входять до складу кишкового біоценозу, їх виявляють також у навколишньому середовищі. Завдяки властивій їм стійкості можуть тривалий час виживати у довкіллі. У воді відкритих водойм і питній воді зберігаються від 11 до 120 днів; у морській воді – від 15 до 27 днів; у ґрунті – від 1 до 9 міс.; у кімнатному пилу – від 80 днів до 18 міс.; у м'ясі та ковбасних виробах – від 60 до 130 днів (у замороженому м'ясі – від 6 до 13 міс.); у молоці за кімнатної температури – до 10 днів; у холодильнику – до 20 днів; у вершковому маслі – 52–128 днів; у яйцях – до 13 місяців; у сирах – до 1 року; на яєчній шкаралупі – від 17 до 24 днів; у яєчному порошку – від 3 до 9 місяців; на овочах і фруктах – 5–10 днів; на заморожених овочах і фруктах – від 2 тижнів до 2,5 місяців. У разі нагрівання до 56°С сальмонели гинуть через 45–60 хв, за 70°С – через 5–10 хв, у товщі шматка м'яса (10 см) витримують кип'ятіння упродовж тривалого часу.

Інфікування харчових продуктів, у тому числі готових страв, сальмонелами відбувається у разі порушення санітарних норм і правил переробки сировини, зберігання, транспортування, реалізації готової харчової продукції. У разі харчових спалахів джерелом інфекції найчастіше є носій, що пояснює необхідність суворого контролю стану здоров'я працівників підприємств громадського харчування. Овочі, фрукти, хліб та інші продукт, що вживаються без термічної обробки, можуть контамінувати мухи. Можливий також контактно-побутовий шлях передачі: через забруднені руки (прямий шлях передачі), посуд, білизну, ручки (непрямий шлях). При цьому захворюваність невисока, але у разі невиявлення джерела інфікування захворювання можуть реєструватися упродовж тривалого часу.

Зазвичай інфікування бактеріями роду *Salmonella* відбувається унаслідок вживання в їжу яєць і м'яса домашньої птиці. Зниження ризику таких випадків досягається за допомогою

комбінації методів, які застосовують на всіх етапах виробництва яєць і м'яса (оптимальне ведення сільського господарства, гігієнічні технології та вакцинація), оскільки наявність бактерій роду *Salmonella* у харчових продуктах може стати причиною тяжких харчових інтоксикацій.

Бактерії роду ***Yersinia*** належать до родини *Enterobacteriaceae*. Це невеликі за розмірами (0,6–0,8 × 2,0–2,7 мкм) паличкоподібні факультативно-анаеробні мікроорганізми із заокругленими кінцями. Мають характерне біполярне забарвлення: кінці паличок зафарбовані інтенсивніше, ніж середина, яка залишається блідою. Клітини рухливі завдяки 6–8 джгутикам. Спор не утворюють, мають капсулу, яку виявляють у мазках з патологічного матеріалу.

Рід *Yersinia* охоплює декілька видів, із яких у патології людини найважливішими є *Y. enterocolitica, Y. pseudotuberculosis, Y. Pestis*. Важливою особливістю бактерій цього роду є психрофільність – здатність рости і розмножуватися за низьких температур. Тому в навколишньому середовищі бактерії роду *Yersinia* можуть довго зберігатися живими. *Y. pseudotuberculosis* здатна розмножуватися за температури 4–8 °С, стійка до повторного заморожування, може тривалий час існувати у ґрунті, воді, на різних харчових продуктах, а за умов низької температури та підвищеної вологості – розмножуватись і накопичуватись у них. Активно розмножується за температури побутових холодильників і зимових овочесховищ, що сприяє контамінуванню різних продуктів, особливо овочів, у процесі їх зберігання.

За температури 0°С у трупах гризунів єрсинії зберігаються до півроку, у ґрунті, воді, на одязі – до 5 міс. Чутливі до висушування, дії прямого сонячного світла і високої температури. Кип'ятіння спричиняє їх загибель через 1 хв, дезінфікуючі розчини (3 %-ий розчин хлораміну, 3–5 %-ий розчин карболової кислоти і лізолу, розчин сулеми 1:1 000 та ін.) – через декілька хвилин.

Останніми роками фіксують зростання кількості захворювань, спричинених бактеріями роду *Yersinia* (псевдотуберкульоз і кишковий єрсиніоз). У групі гострих кишкових інфекцій виявляють від 6 до 10,8 % хворих на єрсиніоз. Недостатня увага лікарів

до захворювань, спричинених бактеріями роду *Yersinia*, сприяє виникненню у хворих тяжких генералізованих форм, поліморфізму клінічних проявів, ризику виникнення тяжких ускладнень хірургічного характеру. У патологічний процес можуть бути втягнуті різні органи і системи, ймовірні рецидиви, формування вторинних вогнищ інфекції.

Бактеріям роду *Yersinia* властива висока вірулентність завдяки різноманітним чинникам: факторам адгезії, колонізації на поверхні кишкового епітелію, ентеротоксигенності, інвазивності, цитотоксичності тощо, які будь-якою мірою виражені у різних серотипів і штамів збудника.

Важливим моментом у поширенні інфекцій, спричинених бактеріями роду *Yersinia*, є їх здатність після потрапляння в організм людини чи тварини змінювати свій метаболізм таким чином, щоб забезпечити виживання і розмноження в нових умовах існування (за вищої температури у живому організмі з його механізмами захисту). Природним середовищем бактерій роду *Yersinia* є ґрунт і рослинні організми. Людина інфікується основним чином унаслідок вживання контамінованих харчових продуктів, які не пройшли попередньої термічної обробки (салати з капусти і моркви, вінегрет, молоко). Можливий також водний шлях інфікування.

Джерелом інфекції є тварини (мишоподібні гризуни, свині). Велике значення має інфікування овочів, м'ясних і молочних продуктів у місцях їхнього зберігання. Адже єрсинії не тільки зберігаються, але й розмножуються в холодильних камерах і складських приміщеннях. Оскільки інфікування відбувається зазвичай аліментарним шляхом, необхідно застосовувати методи профілактики. Це насамперед боротьба з гризунами, санітарний нагляд за водопостачанням і харчуванням, контроль за режимом обробки та збереження харчових продуктів, своєчасне ізолювання хворих в інфекційні відділення. Тому важливе санітарне значення має виявлення бактерій роду *Yersinia* у харчових продуктах.

Бактерії роду ***Listeria*** – невеликі за розміром грампозитивні перитрихіальні паличкоподібні бактерії, факультативні анаероби.

Клітини мають форму коротких прямих паличок розміром 0,4–0,5 × 0,5–2,0 мкм із заокругленими кінцями, іноді овоїдної форми. Клітини у мазках розміщені поодиноко, короткими ланцюжками, іноді у вигляді довгих ниток.

Лістерії є факультативними анаеробами, являють собою грамнегативні рухливі (за рахунок наявності джгутиків) палички невеликих розмірів з тенденцією до утворення ланцюжків з трьох, п'яти і більше клітин, хемоорганотрофи. Рід *Listeria* налічує 7 видів: *L. welshimeri, L. grayi*, *L. murrayi, L. monocytogenes*, *L. innocua, L. ivanovii, L. Selligeri,* серед яких лише *L. monocytogenes* є патогенною для людини і тварин, а *L. ivanovii* – для тварин. Медичне значення мають бактерії *L. monocytogenes*, що спричиняють лістеріоз – поліморфне захворювання, перебіг якого відбувається в більшості випадків з ураженням нервової тканини або у вигляді ангінозно-септичної форми.

Стійкість бактерій роду *Listeria* до зовнішніх чинників довкілля значна. Вони ростуть у широкому інтервалі температур (від 1 до 45°С) і pH (від 4 до 10), добре витримують низькі температури та здатні розмножуватися за температури 4–6°С у ґрунті, воді, на рослинах, в органах трупів. У різних харчових продуктах (молоко, масло, сир, м'ясо тощо) лістерії розмножуються під час зберігання у холодильнику. За помірних і низьких температур у ґрунті зберігаються (і навіть розмножуються) упродовж місяців і років: у ґрунті – від 1 до 4 місяців; у воді – до 20 місяців; у тваринницьких приміщеннях – приблизно 1 місяць, у вівсі – до 10 місяців; у силосі та м'ясо-кістковому борошні – до 4 місяців. За низьких температур лістерії можуть зберігатися тривалий час не тільки у ґрунті й воді, але і в силосі. На фуражі життєздатні до 3 років, розмножуються у м'ясі та молоці за 4–6°С. Під час кип'ятіння лістерії гинуть через 3–5 хв. Дезінфікуючі засоби у рекомендованих концентраціях легко їх інактивують. Лістерії чутливі до тетрацикліну, аміноглікозидів, фторхінолонів нового покоління, стійкі до цефалоспоринів.

Важливим фактором патогенності бактерій роду *Listeria* є лістеріолізин О, що має гемолітичну активність і визначає вірулентність мікроорганізмів; до менш важливих чинників їхньої

патогенності належать лецитиназа, фосфатидилінозитол, інтерналін А, інтерналін В, білок ActA тощо. Після загибелі клітин виділяється ендотоксин, який має гемолітичну, лецитиназну активність, моноцитозостимулювальну дію (звідси й назва *monocytogenes*).

Лістерії потрапляють в організм людини із забрудненими харчовими продуктами, що довго зберігалися. Можлива передача і через ранні овочі, зібрані з ділянок, де використовували для поливу стічні води та гній, а також через воду відкритих водойм. Інфікування відбувається під час догляду за хворою твариною, у разі її забою та розбирання туші. Дослідження останніх років свідчать про доволі часті випадки інфікування лістеріями м'яса тварин, птиці, продуктів їх переробки, свіжого молока. *L. monocytogenes* виявляють у готових до споживання продуктах з великим терміном зберігання, у тому числі у вакуумній упаковці, а також у деяких видах м'яких сирів. Відомі випадки захворювання на лістеріоз навіть після вживання риби, креветок і ракоподібних. Підступність захворювання полягає в тому, що продукт, будучи мікробіологічно небезпечним, зберігає свої смакові властивості.

У звіті Всесвітньої організації охорони здоров'я на XI Міжнародному симпозіумі, що відбувся в Копенгагені 1992 р., затверджено положення, що лістеріоз як харчова інфекція має всесвітнє поширення, потребує розробки системи індикації лістерій у продуктах харчування й адекватних профілактичних заходів.

Бактерії роду ***Bacillus*** – грампозитивні, прямі або майже прямі паличкоподібні бактерії, розміри яких становлять 0,3–2,2 × 1,2–7,0 мкм. Рухомі завдяки наявності перитрихіальних джгутиків. Вони є облігатними аеробами або факультативними анаеробами. Утворюють стійкі до нагрівання ендоспори, які забарвлюються спеціальними барвниками. У період формування спори клітина залишається паличкоподібною або злегка потовщується. Спора локалізується в центрі клітини або термінально, залежно від виду.

Завдяки здатності до спороутворення бактерії роду *Bacillus* можуть зберігати життєздатність у надзвичайно складних умовах,

а саме: за впливу сухого жару, пари, висушування, ультрафіолетового та γ-опромінення, ультрависокого гідростатичного тиску, за обробки хімічними реагентами (кислотами, лугами, фенолами, сильними окисниками тощо).

Більшість бактерій роду *Bacillus* – сапрофіти. Основне місце їхнього перебування – ґрунт. Серед них є також патогенні для тварин і людини представники, наприклад *B. anthracis* – збудник сибірської виразки, а також види, що спричинюють захворювання членистоногих. Спорові форми *B. anthracis* відзначаються особливою стійкістю у зовнішньому середовищі. В організмі та на поживних середовищах клітини утворюють капсулу.

Вегетативні форми *B. anthracis* малостійкі до несприятливих факторів. У м'яких тканинах трупів вони гинуть через 7 діб, у свіжому молоці, яке проявляє бактеріостатичні властивості, – упродовж 24 год. За високих температур життєздатність *B. anthracis* низька: за 60°С бактерії гинуть упродовж 15 хв, за 100°С – миттєво, під час впливу прямих сонячних променів – через декілька годин. Швидко гинуть також у разі впливу дезінфікуючих засобів. За знижених температур (–10°С) вегетативні клітини виживають 24 дні, у замороженому м'ясі (–15°С) – до 15 днів. У шлунковому соці за температури 38°С бактерії *B. anthracis* гинуть через 30 хв, у засоленому м'ясі залишаються життєздатними до 1,5 місяця.

Спори збудника сибірської виразки надзвичайно стійкі – не гинуть у гниючому трупному матеріалі, роками зберігаються у воді, десятками років – у ґрунті. Сухий жар за температури 120–140°С убиває їх через 2–4 год, автоклавування за 120°С – через 5–10 хв, кип'ятіння – через 15–30 хв. Спори *B. anthracis* є особливо стійкими до хімічних дезінфектантів. Для дезінфекції застосовують розчини хлорного вапна, нейтрального кальцію гіпохлориту або препарату ДП-2 із вмістом активного хлору 8 %; 10 %-ий гарячий натрій гідроксид, 37 %-ий формальдегід у формі аерозолю, 20 %-ий розчин перекису водню з додаванням 5 %-ої оцтової кислоти у формі аерозолю, 7 %-ий розчин перекису водню, бромистий метил тощо.

Патогенність *B. anthracis* обумовлена наявністю двох факторів трикомпонентного екзотоксину і капсули, структурні та

регуляторні гени синтезу яких містяться у складі високомолекулярних плазмід. Екзотоксин складається з набрякового фактора, що спричинює некроз і набряк шкіри у гвінейських свинок; летального токсину («мишачий токсин» – спричиняє смерть білих мишей), який зумовлює набряк легень і важку гіпоксію; протективного антигену, який має імуногенні властивості. Капсула має антифагоцитарну активність (безкапсульні культури невірулентні).

У природних умовах на сибірську виразку хворіють різні травоїдні тварини: велика та дрібна рогата худоба, коні, рідше олені, верблюди, свині. Вони інфікуються перорально спорами *B. anthracis*. У них переважно виникають кишкова і септична форми сибірки. Хворі тварини виділяють збудник у зовнішнє середовище. Факторами передачі збудника є виділення хворих тварин, трупи, шкіра, внутрішні органи а також вода, ґрунт, предмети навколишнього середовища, контаміновані спорами збудника. Механізм передачі збудника інфекції зазвичай контактний – під час потрапляння спор на травмовану шкіру, слизові оболонки. Можливе також інфікування аерогенним, аліментарним і трансмісивним шляхами, наприклад у разі вдихання пилу, на якому є збудники (під час обстригання овець, обробки зараженої вовни). Трапляються випадки інфікування внаслідок укусу мухою-жигалкою, ґедзем, які можуть переносити збудника від хворих тварин. Найчастіше хворіють працівники м'ясокомбінатів, вовнопрядильних фабрик, кушніри, особи, що доглядають за хворими тваринами.

Харчовий шлях реалізується під час вживання недостатньо термічно обробленого зараженого м'яса. З метою виявлення у м'ясі, субпродуктах від усіх видів забійних тварин бактерій *B. anthracis* проводять мікробіологічне дослідження м'яса та субпродуктів. Бактеріологічний контроль м'яса та субпродуктів здійснюють у всіх випадках, передбачених чинними нормативно-правовими актами, а також за вимоги органів, що здійснюють державний ветеринарний контроль і нагляд.

Часто індикаторами псування, тобто збудниками вад молочних продуктів, виступають ***дріжджі*** та ***плісняві гриби***, внаслідок

чого їх називають «технічно шкідливими мікроорганізмами». Серед них є і патогенні, що можуть викликати мікози і мікотоксикози.

Як санітарно-показові гриби, частіше використовують дріжджі роду ***Candida,*** які постійно присутні в організмі людини. У верхніх дихальних шляхах переважають *C. albicans,* у кишечнику – *C. tropicalis.* Дріжджі можуть перебувати також на шкірі, у порожнині рота, слині й у мокротинні, на слизовій статевих органів.

Кількість дріжджів, що містяться в організмі, може різко підвищуватися внаслідок витіснення конкуруючих з ними представників мікрофлори під час частої та агресивної антибіотикотерапії. При цьому дріжджі активуються й іноді стають причиною серйозних вторинних інфекцій.

Резистентність дріжджів роду *Candida* до зовнішніх впливів досить значна, в деяких випадках вони виявляються більш стійкими, ніж патогенні бактерії. Спори пліснявих грибів постійно містяться у повітрі, ґрунті, гної, продуктах, на поверхні різних предметів, стін вологих приміщень тощо.

Гриби досить стійкі до низьких температур. Будучи психрофілами, деякі гриби родів *Thamnidium, Rhizopus* і *Cladosporium* можуть розвиватися в холодильниках за температури –9–11°С. Вегетативні форми дріжджів і пліснявих грибів не є термостійкими. У разі нагрівання клітини дріжджів гинуть за температури 50–60°С упродовж 5 хв, а спорові форми за цей самий час відмирають за 70–80°С. Вегетативні форми пліснявих грибів гинуть за температури 60°С за 30 хв, а спори їх знищуються за цей самий час за 80°С.

За фактом наявності дріжджів і пліснявих грибів роблять висновки про санітарний стан заквасок, плавлених сирів, олії, сухих сумішей для м'якого морозива, деяких дитячих молочних продуктів, цукру, повітря тощо.

8.5. Нормативна документація, що регламентує якість харчових продуктів за санітарно-гігієнічними показниками

В Україні якість і безпеку харчової продукції гарантує ряд законодавчих, нормативно-правових та нормативних документів, спрямованих на забезпечення епідеміологічної безпеки харчових продуктів. Виробники та постачальники харчових продуктів зобов'язані знати і керуватися їх положеннями у практичній діяльності.

Базовими правовими актами в зазначеній сфері наразі є закони України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів», «Про державний контроль за дотриманням законодавства про харчові продукти, корми, побічні продукти тваринного походження, здоров'я та благополуччя тварин», «Про безпечність та гігієну кормів», «Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів», а також ряд підзаконних актів на виконання зазначених законів.

Крім того, операторам ринку варто враховувати вимоги законів України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», «Основи законодавства України про охорону здоров'я», «Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини», «Про ветеринарну медицину», «Про молоко та молочні продукти», «Про рибу, інші водні живі ресурси та харчову продукцію з них» тощо.

Під час встановлення параметрів безпечності продукції також необхідно брати до уваги такі нормативні акти: наказ МОЗ України № 368 «Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах»; наказ МОЗ України № 548 «Про затвердження мікробіологічних критеріїв для встановлення показників безпечності харчових продуктів»; наказ МОЗ України № 696 «Про затвердження гігієнічних вимог до продуктів дитячого харчування, параметрів безпечності та окремих показників їх якості»; наказ МОЗ України № 694 «Про затвердження гігієнічних вимог до м'яса птиці та окремих

показників його якості»; Державні санітарні правила та норми ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001 «Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті».

Нормативні значення мікробіологічних показників для харчових продуктів регламентуються також Державними стандартами України (ДСТУ), Технічними умовами України (ТУУ) та іншими документами, відповідно до яких здійснюється виробництво певного товару.

З 01.09.2017 повністю набула чинності Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, що стало передумовою для удосконалення існуючого та розроблення нового харчового законодавства в Україні. Відповідно до статті 64 угоди Україна має наблизити своє законодавство про санітарні і фітосанітарні заходи до законодавства ЄС.

Санітарний або фітосанітарний захід – це будь-який захід, що проводиться з метою:

✓ захисту життя або здоров'я тварин чи рослин від ризиків, що виникають унаслідок проникнення, укорінення чи поширення шкідливих організмів, хвороб, організмів, які є носіями хвороб, а також хвороботворних організмів;

✓ захисту життя або здоров'я людей та/або тварин від ризиків, що виникають від добавок, забруднюючих речовин, токсинів або хвороботворних організмів, які містяться у харчових продуктах або кормах;

✓ захисту життя або здоров'я людини від ризиків, що виникають унаслідок хвороб, які переносяться тваринами, рослинами або продукцією, що виробляється з них, або внаслідок проникнення, укорінення чи поширення шкідливих організмів;

✓ уникнення або обмеження іншої шкоди, що заподіюється внаслідок проникнення, укорінення чи поширення шкідливих організмів.

Санітарні або фітосанітарні заходи, зокрема, включають усі нормативно-правові акти, які стосуються питань забезпечення безпечності харчових продуктів, здоров'я тварин і карантину

рослин; виробничі процеси та способи виробництва; процедури випробувань, інспекції та ухвалення; карантинні режими, включаючи відповідні вимоги щодо перевезення тварин чи рослин або щодо матеріалів, необхідних для їх виживання під час перевезення; положення щодо відповідних статистичних методів, процедур відбору зразків та методів аналізу ризику; вимоги щодо пакування та маркування, які безпосередньо стосуються безпечності харчових продуктів.

Згідно із законодавством України харчові продукти повинні відповідати мінімальним параметрам безпечності та специфікаціям якості, встановленими відповідними органами державного контролю. Одним із інструментів досягнення відповідності мінімальним параметрам безпечності є система HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) – система аналізу небезпечних чинників та критичних точок контролю. Система HACCP є науково обґрунтованою системою, що дає можливість забезпечувати виробництво безпечної продукції з використанням різних способів ідентифікації та контролю небезпечних чинників.

Відповідно до Закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» з 20 вересня 2019 року впровадження системи HACCP є обов'язковим для всіх операторів ринку харчових продуктів. Особи, які займаються виробництвом або введенням в обіг харчових продуктів, зобов'язані застосовувати санітарні заходи і належну практику виробництва, систему HACCP і/або інші системи забезпечення безпечності та якості під час виробництва й обігу харчових продуктів.

Безпечним вважається харчовий продукт, який не справляє шкідливого впливу на здоров'я людини та є придатним для споживання. Заходи та умови, що необхідні для управління небезпечними факторами і забезпечення придатності харчових продуктів для споживання людиною з урахуванням їх використання згідно з призначенням, називаються ***гігієнічними вимогами***.

До системи органів виконавчої влади у сфері безпечності та окремих показників якості харчових продуктів належать:

- ✓ Кабінет Міністрів України;

✓ центральний орган виконавчої влади, що формує та забезпечує реалізацію державної політики у сфері охорони здоров'я;

✓ центральний орган виконавчої влади, що формує та забезпечує реалізацію державної політики у сфері безпечності й окремих показників якості харчових продуктів;

✓ центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері безпечності та окремих показників якості харчових продуктів (компетентний орган).

Відповідно до ст. 40 Закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» оператори ринку для забезпечення безпечності первинної продукції під час здійснення первинного виробництва, перевезення, зберігання та іншого поводження з первинною продукцією в місці її виробництва та перевезення живих тварин, а також захисту здоров'я людей повинні здійснювати заходи щодо:

1) управління небезпечними факторами;

2) забезпечення здорового стану рослин та тварин, які мають вплив на здоров'я людини, включаючи виконання планів державного моніторингу та контролю зоонозів і їх збудників.

Оператори ринку, які займаються розведенням тварин, полюванням або первинним виробництвом продуктів тваринного походження, повинні:

1) підтримувати потужності для виробництва та/або обігу первинної продукції та супутніх дій, включаючи потужності для зберігання і приготування кормів у чистоті шляхом чищення, миття та дезінфекції;

2) підтримувати обладнання, інвентар і транспортні засоби у чистоті шляхом чищення, миття та дезінфекції;

3) забезпечувати належний рівень чистоти тварин, які підлягають забою, та у разі необхідності чистоту тварин, які використовуються для виробництва харчових продуктів;

4) використовувати на потужностях воду питну або воду чисту для запобігання забрудненню;

5) забезпечувати допуск до виробництва та/або здійснення обігу харчових продуктів персоналу, стан здоров'я якого не ста-

новить загрози безпечності харчових продуктів і який пройшов обов'язковий медичний огляд і навчання (підготовку), що має бути документально підтверджено;

6) здійснювати ефективні заходи щодо боротьби зі шкідниками;

7) зберігати та вивозити відходи і небезпечні речовини у максимально безпечний спосіб з метою запобігання забрудненню;

8) повідомляти з метою запобігання проникненню та поширенню хвороб, що передаються людині через харчовий продукт, компетентному органу про підозрілі спалахи хвороб, пов'язаних з появою нових тварин;

9) використовувати результати досліджень (випробувань) зразків;

10) використовувати ветеринарні препарати та кормові добавки відповідно до вимог законодавства.

Оператори ринку, які займаються збором врожаю або виробництвом продуктів рослинного походження, зобов'язані здійснювати перераховані вище дії, а також використовувати засоби захисту рослин відповідно до вимог законодавства.

Питання для самоконтролю

1. Які мікроорганізми називаються санітарно-показовими?
2. Сформулюйте вимоги, що висуваються до санітарно-показових мікроорганізмів.
3. Назвіть групи санітарно-показових мікроорганізмів.
4. Які санітарно-показові мікроорганізми вказують на оральне забруднення навколишнього середовища?
5. Які мікроорганізми є показниками фекального забруднення?
6. Яким є санітарно-показове значення бактеріофагів?
7. Які профілактичні заходи щодо зниження чисельності мікроорганізмів в об'єктах, що контактують з харчовою сировиною, застосовують у промисловості?
8. Які мікроорганізми є показниками ступеня псування харчових продуктів?

9. Що зумовлює необхідність проведення санітарно-мікробіологічних досліджень сировини для виробництва харчових продуктів?

10. Що таке колітитр і колііндекс?

11. Назвіть критерії вибору санітарно-показових мікроорганізмів.

12. Назвіть основні документи, які гарантують якість і безпеку харчових продуктів в Україні.

13. Які чинники впливають на ступінь мікробіологічного забруднення харчових продуктів?

14. Дайте визначення терміна «санітарний (фітосанітарний) захід».

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

1. Знезараження забруднених стін, меблів, інвентарю, приладів у мікробіологічній лабораторії здійснюють таким чином:

а) занурюють у ємність з дезінфікуючим розчином;

б) обмивають тампонами, рясно змоченими дезінфікуючим розчином;

в) замочують у дезінфікуючому розчині;

г) обмивають тампонами, рясно змоченими водою.

2. Знезараження забрудненого одягу в мікробіологічній лабораторії здійснюють таким чином:

а) занурюють у ємність з дезінфікуючим розчином;

б) обмивають тампонами, рясно змоченими дезінфікуючим розчином;

в) замочують у дезінфікуючому розчині;

г) обмивають тампонами, рясно змоченими водою.

3. Знезараження предметів, інструментів і матеріалів у мікробіологічній лабораторії здійснюють таким чином:

а) занурюють у ємність з дезінфікуючим розчином;

б) обмивають тампонами, рясно змоченими дезінфікуючим розчином;

в) замочують у дезінфікуючому розчині;

г) обмивають тампонами, рясно змоченими водою.

4. Знезараження забрудненого взуття в мікробіологічній лабораторії здійснюють таким чином:

а) занурюють у ємність з дезінфікуючим розчином;

б) обмивають тампонами, рясно змоченими дезінфікуючим розчином;

в) замочують у дезінфікуючому розчині;

г) обмивають тампонами, рясно змоченими водою.

5. У разі якщо розбито лабораторний посуд і розлито неотруйні речовини, необхідно:

а) поверхню засипати піском, після чого вилучити пісок лопаткою і засипати содою або 2 %-им розчином аміаку, який потім теж вилучити. Після цього промити місце великою кількістю води;

б) витерти поверхню ганчіркою;

в) вимкнути усі нагрівальні прилади, місце аварії засипати піском, який потім вилучити;

г) зібрати пролиту речовину за допомогою скляної пастки з гумовою грушею. Додатково використати ганчірку, змочену 0,1 %-им розчином марганцевокислого калію з додаванням 5 $см^3$ концентрованої соляної кислоти на 1 $дм^3$ дистильованої води.

6. У разі якщо розбито лабораторний посуд і розлито вогненебезпечні рідини, необхідно:

а) поверхню засипати піском, після чого вилучити пісок лопаткою і засипати содою або 2 %-им розчином аміаку, який потім теж вилучити. Після цього промити місце великою кількістю води;

б) витерти поверхню ганчіркою;

в) вимкнути усі нагрівальні прилади, місце аварії засипати піском, який потім вилучити;

г) зібрати пролиту речовину за допомогою скляної пастки з гумовою грушею. Додатково використати ганчірку, змочену 0,1 %-им розчином марганцевокислого калію з додаванням 5 $см^3$ концентрованої соляної кислоти на 1 $дм^3$ дистильованої води.

7. У разі якщо розбито лабораторний посуд і розлито ртуть, необхідно:

а) поверхню засипати піском, після чого вилучити пісок лопаткою і засипати содою або 2 %-им розчином аміаку, який потім теж вилучити. Після цього промити місце великою кількістю води;

б) витерти поверхню ганчіркою;

в) вимкнути усі нагрівальні прилади, місце аварії засипати піском, який потім вилучити;

г) зібрати пролиту речовину за допомогою скляної пастки з гумовою грушею. Додатково використати ганчірку, змочену

0,1 %-им розчином марганцевокислого калію з додаванням 5 $см^3$ концентрованої соляної кислоти на 1 $дм^3$ дистильованої води.

8. У разі якщо розбито лабораторний посуд і розлито кислоту, необхідно:

а) поверхню засипати піском, після чого вилучити пісок лопаткою і засипати содою або 2 %-им розчином аміаку, який потім теж вилучити. Після цього промити місце великою кількістю води;

б) витерти поверхню ганчіркою;

г) вимкнути усі нагрівальні прилади, місце аварії засипати піском, який потім вилучити;

д) зібрати пролиту речовину за допомогою скляної пастки з гумовою грушею. Додатково використати ганчірку, змочену 0,1 %-им розчином марганцевокислого калію з додаванням 5 $см^3$ концентрованої соляної кислоти на 1 $дм^3$ дистильованої води.

9. У разі займання лужних металів і фосфору в лабораторії полум'я варто гасити такими засобами:

а) сухим піском;

б) вогнегасниками, струменем води, піском, вовняною ковдрою;

в) вуглекислотними вогнегасниками, піском, покривалами, починаючи з країв. Жодного разу не використовувати воду;

г) усіма протипожежними засобами.

10. У разі займання дерев'яних ділянок у лабораторії полум'я варто гасити такими засобами:

а) сухим піском;

б) вогнегасниками, струменем води, піском, вовняною ковдрою;

в) вуглекислотними вогнегасниками, піском, покривалами, починаючи з країв. Жодного разу не використовувати воду;

г) усіма протипожежними засобами.

11. У разі займання в лабораторії речовин (рідин), що змішуються з водою, або легкозаймистих речовин полум'я варто гасити такими засобами:

а) сухим піском;

б) вогнегасниками, струменем води, піском, вовняною ковдрою;

в) вуглекислотними вогнегасниками, піском, покривалами, починаючи з країв. Жодного разу не використовувати воду;

г) усіма протипожежними засобами.

12. У разі займання в лабораторії речовин, що не змішуються з водою, полум'я варто гасити такими засобами:

а) сухим піском;

б) вогнегасниками, струменем води, піском, вовняною ковдрою;

в) вуглекислотними вогнегасниками, піском, покривалами, починаючи з країв. Жодного разу не використовувати воду;

г) усіма протипожежними засобами.

13. Відкриті ділянки шкіри у разі забруднення біологічним матеріалом необхідно:

а) обробити розчином йоду;

б) промити 0,5 %-им розчином соди;

в) обробити дезінфекційними розчинами або 70 %-им етиловим спиртом;

г) промити дистильованою водою.

14. У разі потрапляння біологічного матеріалу на слизові оболонки ротової порожнини необхідно:

а) обробити розчином йоду;

б) промити 0,5 %-им розчином соди або 0,05 %-им розчином перманганату калію;

в) обробити дезінфекційними розчинами або 70 %-им етиловим спиртом;

г) промити дистильованою водою.

15. У разі потрапляння біологічного матеріалу на слизові оболонки очей необхідно:

а) обробити розчином йоду;

б) промити 0,5 %-им розчином соди;

в) обробити дезінфекційними розчинами або 70 %-им етиловим спиртом;

г) промити 0,05 %-им розчином перманганату калію або закапати 30 %-им розчином альбуциду.

16. У разі потрапляння біологічного матеріалу на слизові оболонки носа необхідно:

а) обробити розчином йоду;

б) промити 0,5 %-им розчином соди;

в) обробити дезінфекційними розчинами або 70 %-им етиловим спиртом;

г) закапати 30 %-им розчином альбуциду.

17. У разі порізів необхідно:

а) обробити ділянку розчином йоду;

б) промити 0,5 %-им розчином соди;

в) обробити дезінфекційними розчинами або 70 %-им етиловим спиртом;

г) промити 0,05 %-им розчином перманганату калію або закапати 30 %-им розчином альбуциду.

18. До складу мікробіологічної лабораторії входять такі приміщення:

а) кімната для мікроскопічних робіт;

б) вентиляційна кімната;

в) біохімічна лабораторія;

г) стерилізаційна кімната;

д) мийна кімната;

е) термостатна кімната.

19. Пересіви чистих культур, виділення мікроорганізмів та інші подібні роботи виконують у:

а) вентиляційній кімнаті;

б) кімнаті для мікроскопічних робіт;

в) біохімічній лабораторії;

г) стерилізаційній кімнаті;

д) мийній кімнаті;
е) термостатній кімнаті;
ж) препараторській.

20. Автоклави, сушильні шафи, стерилізатори розміщують у:
а) вентиляційній кімнаті;
б) кімнаті для мікроскопічних робіт;
в) біохімічній лабораторії;
г) стерилізаційній кімнаті;
д) мийній кімнаті;
е) термостатній кімнаті;
ж) препараторській.

21. Хімічні столи, витяжні шафи, технічні та аналітичні ваги, фотоелектроколориметри, pH-метри та інші прилади розміщують у:
а) вентиляційній кімнаті;
б) кімнаті для мікроскопічних робіт;
в) біохімічна лабораторії;
г) стерилізаційній кімнаті;
д) мийній кімнаті;
е) термостатній кімнаті;
ж) препараторській.

22. Оптичний прилад, що дає можливість отримати збільшене зображення дрібних предметів та їх деталей, це:
а) лупа;
б) мікроскоп;
в) pH-метр;
г) фотоелектроколориметр.

23. Оптичний мікроскоп складається з:
а) фізичної частини;
б) електричної частини;
в) механічної частини;
г) оптичної частини.

24. До складу оптичної частини мікроскопа входять такі компоненти:

а) освітлювальний прилад;

б) предметний столик;

в) тубусотримач;

г) об'єктиви;

д) мікрометричний гвинт;

е) окуляр.

25. Які типи об'єктивів застосовуються в біологічному мікроскопі:

а) поляризаційні;

б) вологі;

в) імерсійні;

г) сухі.

26. Пластинки з тонкого скла (76 × 26 мм) з добре відшліфованими краями і товщиною, що не перевищує 1,2–1,4 мм, – це:

а) покривні скельця;

б) пробірки;

в) чашки Петрі;

г) предметні скельця.

27. У лабораторних умовах мікроорганізми можна вирощувати в:

а) пробірках;

б) стаканах;

в) чашках Петрі;

г) піпетках;

д) колбах;

е) ящиках.

28. Для дослідження мікроорганізмів можна використовувати препарати:

а) роздавлена крапля;

б) слід;

в) мазок;
г) відбиток;
д) висяча крапля;
е) крапля в умовах невагомості.

29. Шляхом нанесення краплі води на середину предметного скельця і перенесення в неї невеликої кількості мікроорганізмів, перемішування і накриття покривним склом готується препарат:
а) роздавлена крапля;
б) відбиток;
в) висяча крапля;
г) мазок.

30. Який препарат готується таким чином: зі щільного середовища, на якому мікроорганізми ростуть щільним газоном у вигляді колоній, вирізають скальпелем невеликий кубик або окрему колонію і переносять на предметне скло, при цьому поверхня мікроорганізмів обернена догори. Прикладають чисте покривне скло, злегка надавлюють на нього голкою або петлею і негайно ж знімають, намагаючись не зрушити вбік. Потім препарат поміщають у краплю води або розчин метиленової сині на предметному склі:
а) роздавлена крапля;
б) слід;
в) мазок;
г) відбиток;
д) висяча крапля.

31. Який препарат готується за такою методикою: невелику краплю суспензії мікроорганізмів переносять на покривне скло, перевертають його краплею донизу і поміщають на спеціальне скло із заглибленням у центрі:
а) роздавлена крапля;
б) слід;
в) мазок;

г) відбиток;

д) висяча крапля.

32. Який препарат дозволяє вивчати під мікроскопом мікроорганізми упродовж декількох днів, спостерігаючи за ростом і розмноженням мікроорганізмів, утворенням і проростанням спор, рухомістю клітин:

а) роздавлена крапля;

б) слід;

в) мазок;

г) відбиток;

д) висяча крапля.

33. Важливою діагностичною ознакою, яка ґрунтується на особливості хімічного складу клітинної стінки мікроорганізмів, є:

а) фарбування за Грамом;

б) фарбування за способом Буррі;

в) фарбування за Ентоні;

г) фарбування за Пастером.

34. В яких одиницях вимірюється розмір бактерій:

а) сантиметри (см);

б) міліметри (мм);

в) мікрометри (мкм);

г) нанометри (нм).

35. До якого царства належать бактерії?

а) прокаріоти;

б) еукаріоти;

в) віруси;

г) археї.

36. У вигляді «виноградних грон» розташовуються у просторі:

а) диплококи;

б) стрептококи;

в) стафілококи;
г) тетракоки.

37. Антибіотики продукуються:
а) грибами;
б) вірусами;
в) кліщами;
г) москітами.

38. Два джгутики (або два пучки) з протилежних кінців мають:
а) монотріхи;
б) перитріхи;
в) лофотріхи;
г) амфітріхи.

39. Зазначте, з якою метою використовують диференціальні методи фарбування:
а) вивчення форми мікроорганізмів;
б) вивчення розмірів мікроорганізмів;
в) вивчення розташування мікроорганізмів у мазку, виявлення окремих клітинних структур;
г) диференціація мікроорганізмів на грампозитивні та грамнегативні;
д) забарвлення мікроорганізмів, що не піддаються фарбуванню простими методами.

40. Залежно від будови міцелію мікроскопічні гриби поділяються на:
а) досконалі та недосконалі;
б) повноцінні та неповноцінні;
в) вищі (багатоклітинні) та нижчі (одноклітинні);
г) клітинні та неклітинні.

41. Яку форму мають вібріони:
а) спіралі;

б) коми;

в) нитки з 2–3 вигинами;

г) тора.

42. За збереження спадкової інформації в бактеріальній клітині відповідає:

а) ядро;

б) мітохондрії;

в) апарат Гольджі;

г) нуклеоїд.

43. Яку роль відіграє спороутворення у паличкоподібних бактерій:

а) спосіб розмноження;

б) пристосування для виживання виду у негативних умовах зовнішнього середовища;

в) збереження потенційної життєздатності клітини;

г) захист від фагоцитозу.

44. Вкажіть структури, нехарактерні для клітин еукаріотів:

а) нуклеоїд;

б) ядро з ядерною оболонкою;

в) рибосоми;

г) мезосоми.

45. До нижчих міцеліальних грибів належать:

а) Хітрідіоміцети, Зигоміцети, Ооміцети;

б) Зигоміцети, Дейтероміцети, Базидіоміцети;

в) Базидіоміцети, Аскоміцети, Зигоміцети;

г) Зигоміцети, Дейтероміцети, Ооміцети.

46. Здатність утворювати спори мають:

а) стафілококи;

б) сарцини;

в) бацили;

г) віруси.

47. До представників відділу Аскоміцети відносять:

а) Penicillium, Sclerotinia, Aspergillius;

б) Rhizopus, Penicillium, дріжджі;

в) Penicillium, Aspergillius, Botrytis;

г) Aspergillius, Plasmopara, Synchutrium.

48. Головневі гриби є представниками класу:

а) Базидіоміцети;

б) Аскоміцети;

в) Зигоміцети;

г) Базидіоміцети.

49. Стрептококи – це:

а) гриби;

б) бактерії;

в) віруси;

г) актиноміцети.

50. У чому полягає роль спороутворення у грибів:

а) спосіб розмноження;

б) пристосування для виживання виду у негативних умовах зовнішнього середовища;

в) збереження потенційної життєздатності клітини;

г) захист від фагоцитозу.

51. Вкажіть одиниці вимірювання розмірів вірусів:

а) сантиметри (см);

б) міліметри (мм);

в) мікрометри (мкм);

г) нанометри (нм).

52. Назвіть функції капсул у бактерій:

а) прикріплення до субстрату;

б) збереження води в умовах зниженої вологості;

в) захист від фагоцитів та вірусів;

г) захист від токсинів та радіації;

д) участь у процесі розмноження.

53. Вкажіть назву групи бактерій, що мають джгутики по всій поверхні клітини:

а) монотріхи;

б) перитрихи;

в) лофотріхи;

г) амфітріхи.

54. У вигляді ланцюжка розташовуються:

а) стафілококи;

б) стрептококи;

в) тетракоки;

г) мікрококи.

55. Яку функцію у клітині мікроорганізмів виконують рибосоми:

а) травну;

б) транспортну;

в) синтез білка;

г) енергетичну.

56. Для лофотрихів характерна така ознака:

а) мають один джгутик;

б) джгутики розташовуються у вигляді пучків на обох кінцях;

в) джгутики розташовуються у вигляді пучків на одному кінці бактерії;

г) джгутики розташовуються по периметру.

57. Транспортну функцію в грибній клітині виконує:

а) ядро;

б) мітохондрії;

в) апарат Гольджі;

г) ендоплазматична мережа.

58. Вкажіть структури, характерні для клітин прокаріотів:

а) нуклеоїд;

б) ядро з ядерною оболонкою;

в) мітохондрії;
г) мезосоми.

59. До кулястих бактерій належать:
а) вібріони;
б) сарцини;
в) диплококи;
г) спірили.

60. За розташуванням джгутиків розрізняють бактерії:
а) амфітріхи;
б) диплококи;
в) автотрофи;
г) гетеротрофи.

61. До вищих міцеліальних грибів належать:
а) Хітрідіоміцети, Аскоміцети, Ооміцети;
б) Аскоміцети, Дейтероміцети, Базидіоміцети, Зигоміцети;
в) Базидіоміцети, Аскоміцети, Зигоміцети;
г) Аскоміцети, Дейтероміцети, Ооміцети, Хітрідіоміцети.

62. До представників відділу Дейтероміцети відносять:
а) Penicillium, Sclerotinia, Alterneria;
б) Rhizopus, Fuzarium, Botrytis;
в) Fuzarium, Aspergillius, Botrytis;
г) Fuzarium, Alterneria, Oidium.

63. Літинна стінка у бактерій виконує такі функції:
а) є носієм генетичної інформації;
б) захищає клітину від несприятливих факторів зовнішнього середовища;
в) підтримує форму клітини; бере участь в обміні речовин, рості та поділі клітин;
г) виконує транспортну функцію.

64. Відповідно до методики фарбування за Грамом грамнегативні бактерії забарвлюються в такий колір:

а) зелений;

б) фіолетовий;

в) червоний;

г) синій.

65. Зооглеї – це:

а) скупчення мікроорганізмів в одній капсулі;

б) скупчення великої кількості капсул бактерій;

в) органи розмноження у грибів;

г) оболонки бактеріальних клітин.

66. Відповідно до методики фарбування за Грамом грампозитивні бактерії забарвлюються в такий колір:

а) зелений;

б) фіолетовий;

в) червоний;

г) синій.

67. Протопласт – це:

а) відгалуження цитоплазматичної мембрани в бік цитоплазми;

б) сукупність речовин, з яких складається вміст бактеріальної клітини, без клітинної оболонки;

в) місце синтезу білка в клітині;

г) носій генетичної інформації.

68. Вакуолі – це:

а) відгалуження цитоплазматичної мембрани в бік цитоплазми;

б) сукупність речовин, з яких складається вміст бактеріальної клітини, без клітинної оболонки;

в) місце синтезу білка в клітині;

г) утворення, що містяться в цитоплазмі, заповнені клітинним соком.

69. Нуклеоїд – це:

а) відгалуження цитоплазматичної мембрани в бік цитоплазми;

б) сукупність речовин, з яких складається вміст бактеріальної клітини, без клітинної оболонки;

в) місце синтезу білка в клітині;

г) носій генетичної інформації в бактеріальній клітині.

70. Кулясті бактерії називають:

а) бацили;

б) коки;

в) спірили;

г) вібріони.

71. Бацили належать до:

а) кулястих бактерій;

б) звивистих бактерій;

в) паличкоподібних бактерій;

г) ниткоподібних бактерій.

72. Діляться в одній площині й утворюють ланцюжки різної довжини:

а) стрептококи;

б) диплококи;

в) тетракоки;

г) мікрококи.

73. Діляться в одній площині і характеризуються одиночним або безсистемним розміщенням клітин:

а) стрептококи;

б) диплококи;

в) тетракоки;

г) мікрококи.

74. Діляться в одній площині й утворюють сполучення по дві особини:

а) стрептококи;

б) диплококи;
в) тетракоки;
г) мікрококи.

75. Діляться у двох взаємно перпендикулярних площинах і утворюють сполучення по чотири клітини:
а) стрептококи;
б) диплококи;
в) тетракоки;
г) мікрококи.

76. Діляться в різних площинах і утворюють скупчення неправильної форми:
а) стрептококи;
б) диплококи;
в) тетракоки;
г) стафілококи.

77. Діляться у трьох взаємно перпендикулярних площинах і мають вигляд пакетів (тюків) по 8, 16, 32 і більше клітин:
а) стрептококи;
б) диплококи;
в) сарцини;
г) стафілококи.

78. Рухливі бактерії поділяють на:
а) повзаючі;
б) стрибаючі;
в) плаваючі;
г) літаючі.

79. Амфітрихи – це мікроорганізми, в яких джгутики розміщені таким чином:
а) один джгутик на кінці;
б) два полярно розміщені джгутики або пучок джгутиків на обох кінцях;

в) пучок джгутиків на одному кінці;

г) джгутики по всій поверхні.

80. Перитрихи – це мікроорганізми, в яких джгутики розміщені таким чином:

а) один джгутик на кінці;

б) два полярно розміщені джгутики або пучок джгутиків на обох кінцях;

в) пучок джгутиків на одному кінці;

г) джгутики по всій поверхні.

81. Амфітрихи – це мікроорганізми, в яких джгутики розміщені таким чином:

а) один джгутик на кінці;

б) два полярно розміщені джгутики або пучок джгутиків на обох кінцях;

в) пучок джгутиків на одному кінці;

г) джгутики по всій поверхні.

82. Лофотрихи – це мікроорганізми, в яких джгутики розміщені таким чином:

а) один джгутик на кінці;

б) два полярно розміщені джгутики або пучок джгутиків на обох кінцях;

в) пучок джгутиків на одному кінці;

г) джгутики по всій поверхні.

83. Монотрихи – це мікроорганізми, в яких джгутики розміщені таким чином:

а) один джгутик на кінці;

б) два полярно розміщені джгутики або пучок джгутиків на обох кінцях;

в) пучок джгутиків на одному кінці;

г) джгутики по всій поверхні.

84. Яким чином здійснюється розмноження у бактерій:

а) шляхом утворення капсули;

б) шляхом простого поділу клітин;

в) статевим шляхом;

г) усі відповіді правильні.

85. Морфологічні ознаки бактерій враховують:

а) форму, розміри та угрупування, бактерій, наявність джгутиків, капсул, фарбування за Грамом;

б) особливості росту на твердих і рідких поживних середовищах;

в) відношення до кисню, способи одержання енергії, залежність від температури і pH середовища, потребу у факторах росту;

г) склад клітинної оболонки, капсул, пігментів, запасних речовин, нагромадження продуктів метаболізму тощо.

86. Біохімічні ознаки бактерій враховують:

а) форму, розміри та угрупування, бактерій, наявність джгутиків, капсул, фарбування за Грамом;

б) особливості росту на твердих і рідких поживних середовищах;

в) відношення до кисню, способи одержання енергії, залежність від температури і pH середовища, потребу у факторах росту;

г) склад клітинної оболонки, капсул, пігментів, запасних речовин, нагромадження продуктів метаболізму тощо.

87. *Фізіологічні ознаки бактерій враховують:*

а) форму, розміри та угрупування, бактерій, наявність джгутиків, капсул, фарбування за Грамом;

б) особливості росту на твердих і рідких поживних середовищах;

в) відношення до кисню, способи одержання енергії, залежність від температури і pH середовища, потребу у факторах росту;

г) склад клітинної оболонки, капсул, пігментів, запасних речовин, нагромадження продуктів метаболізму тощо.

88. Культуральні ознаки бактерій враховують:

а) форму, розміри та угрупування, бактерій, наявність джгутиків, капсул, фарбування за Грамом;

б) особливості росту на твердих і рідких поживних середовищах;

в) відношення до кисню, способи одержання енергії, залежність від температури і pH середовища, потребу у факторах росту;

г) склад клітинної оболонки, капсул, пігментів, запасних речовин, нагромадження продуктів метаболізму тощо.

89. Родина кулястих бактерій має назву:

а) Coccaceae;

б) Bacteriaceae;

в) Spirillaceae;

г) Spirochaetaceae;

д) Desmobacteriaceae.

90. Родина паличкоподібних бактерій має назву:

а) Coccaceae;

б) Bacteriaceae;

в) Spirillaceae;

г) Spirochaetaceae;

д) Desmobacteriaceae.

91. Родина звивистих бактерій має назву:

а) Coccaceae;

б) Bacteriaceae;

в) Spirillaceae;

г) Spirochaetaceae;

д) Desmobacteriaceae.

92. Родина досить звивистих бактерій з численними завитками має назву:

а) Coccaceae;

б) Bacteriaceae;

в) Spirillaceae;

г) Spirochaetaceae;

д) Desmobacteriaceae.

93. Родина ниткоподібних бактерій має назву:

а) Coccaceae;

б) Bacteriaceae;

в) Spirillaceae;

г) Spirochaetaceae;

д) Desmobacteriaceae.

94. Роди бактерій Bacterium та Bacillus належать до родини:

а) Coccaceae;

б) Bacteriaceae;

в) Spirillaceae;

г) Spirochaetaceae;

д) Desmobacteriaceae.

95. Роди бактерій Streptococcus, Sarcina, Micrococcus належать до родини:

а) Coccaceae;

б) Bacteriaceae;

в) Spirillaceae;

г) Spirochaetaceae;

д) Desmobacteriaceae.

96. Роди бактерій Vibrio, Spirillum належать до родини:

а) Coccaceae;

б) Bacteriaceae;

в) Spirillaceae;

г) Spirochaetaceae;

д) Desmobacteriaceae.

97. Розмноження грибів шматками міцелію – це розмноження:

а) статеве;

б) вегетативне;

в) нестатеве;

г) правильна відповідь відсутня.

98. Розмноження за допомогою оїдій (артроспор) – це розмноження:

а) статеве;

б) вегетативне;

в) нестатеве;

г) правильна відповідь відсутня.

99. Утворення грибами зиготи або зигоспор характерне для такого способу розмноження грибів:

а) статевого;

б) вегетативного;

в) нестатевого;

г) правильна відповідь відсутня.

100. Зооспори – це:

а) частини міцелію грибів;

б) рухомі спори, утворені в спорангіях грибів;

в) вирости (як правило, чотири), в яких утворюється по одній спорі;

г) циліндричні клітини, всередині яких містяться спори.

101. Аскуси – це:

а) частини міцелію грибів;

б) рухомі спори, утворені в спорангіях грибів;

в) вирости (як правило, чотири), в яких утворюється по одній спорі;

г) циліндричні клітини, всередині яких містяться спори.

102. Базидії – це:

а) частини міцелію грибів;

б) рухомі спори, утворені в спорангіях грибів;

в) вирости (як правило, чотири), в яких утворюється по одній спорі;

г) циліндричні клітини, всередині яких містяться спори.

103. Найчастіше дріжджі розмножуються:

а) частинками міцелію;

б) утворенням зооспор;
в) брунькуванням;
г) утворенням зиготи.

104. Справжніми (типовими) називають дріжджі, які:
а) мають фіолетове забарвлення за Грамом;
б) розмножуються за допомогою спор;
в) мають червоне забарвлення за Грамом;
г) нездатні до спороутворення.

105. Несправжніми (нетиповими, аспорогенними) називають дріжджі, які:
а) мають фіолетове забарвлення за Грамом;
б) розмножуються за допомогою спор;
в) мають червоне забарвлення за Грамом;
г) нездатні до спороутворення.

106. За призначенням поживні середовища поділяють на:
а) основні;
б) допоміжні;
в) побічні;
г) спеціальні.

107. Диференціально-дагностичні поживні середовища використовують:
а) для того щоб відрізнити один вид мікроорганізмів від іншого за ферментативною активністю;
б) для культивування більшості мікроорганізмів;
в) для виділення певного виду мікроорганізмів, росту яких вони сприяють, затримуючи або пригнічуючи ріст супутніх мікроорганізмів;
г) правильна відповідь відсутня.

108. Елективні поживні середовища використовують:
а) для того щоб відрізнити один вид мікроорганізмів від іншого за ферментативною активністю;

б) для культивування більшості мікроорганізмів;

в) для виділення певного виду мікроорганізмів, росту яких вони сприяють, затримуючи або пригнічуючи ріст супутніх мікроорганізмів;

г) правильна відповідь відсутня.

109. Основні поживні середовища використовують:

а) для того щоб відрізнити один вид мікроорганізмів від іншого за ферментативною активністю;

б) для культивування більшості мікроорганізмів;

в) для виділення певного виду мікроорганізмів, росту яких вони сприяють, затримуючи або пригнічуючи ріст супутніх мікроорганізмів;

г) правильна відповідь відсутня.

110. Для виділення і вирощування певних мікроорганізмів використовують середовища:

а) основні;

б) допоміжні;

в) побічні;

г) спеціальні.

111. Для культивування більшості мікроорганізмів використовують середовища:

а) основні;

б) допоміжні;

в) побічні;

г) спеціальні.

112. За консистенцією поживні середовища поділяють на:

а) сипкі;

б) складні;

в) рідкі;

г) тверді;

д) напіврідкі;

е) прості;

ж) газоподібні.

113. За складом поживні середовища поділяють на:

а) сипкі;

б) складні;

в) рідкі;

г) тверді;

д) напіврідкі;

е) прості;

ж) газоподібні.

114. Методи, що застосовуються для знищення всіх форм мікроорганізмів як на поверхні, так і всередині об'єктів, – це:

а) фільтрація;

б) стерилізація;

в) пастеризація;

г) ректифікація.

115. Автоклавування належить до такої групи методів стерилізації:

а) механічні;

б) фізичні;

в) хімічні;

г) фізико-хімічні.

116. Використання речовин-антисептиків належить до такої групи методів стерилізації:

а) механічні;

б) фізичні;

в) хімічні;

г) фізико-хімічні.

117. Фільтрування через мембранні фільтри належить до такої групи методів стерилізації:

а) механічні;

б) фізичні;

в) хімічні;

г) фізико-хімічні.

118. Використання променевої енергії належить до такої групи методів стерилізації:

а) механічні;

б) фізичні;

в) хімічні;

г) фізико-хімічні.

119. Метод стерилізації пропалюванням (фламбування) використовують для стерилізації:

а) поживних середовищ;

б) повітря в лабораторних приміщеннях;

в) дрібних лабораторних інструментів;

г) чашок Петрі.

120. Метод стерилізації променевою енергією використовують для стерилізації:

а) поживних середовищ;

б) повітря в лабораторних приміщеннях;

в) дрібних лабораторних інструментів;

г) чашок Петрі.

121. Метод стерилізації сухим жаром використовують для стерилізації:

а) поживних середовищ;

б) повітря в лабораторних приміщеннях;

в) дрібних лабораторних інструментів;

г) чашок Петрі.

122. Автоклавування використовують для стерилізації:

а) поживних середовищ;

б) повітря в лабораторних приміщеннях;

в) дрібних лабораторних інструментів;

г) чашок Петрі.

123. Рідкі й агаризовані середовища стерилізують таким методом:

а) стерилізація сухим жаром;

б) автоклавуванням;

в) фламбуванням;

г) стерилізація променевою енергією.

124. Препарувальні голки, бактеріальні петлі стерилізують таким методом:

а) стерилізація сухим жаром;

б) автоклавуванням;

в) фламбуванням;

г) стерилізація променевою енергією.

125. Повітря в лабораторних приміщеннях стерилізують таким методом:

а) стерилізація сухим жаром;

б) автоклавуванням;

в) фламбуванням;

г) стерилізація променевою енергією.

126. Піпетки, чашки Петрі, пробірки стерилізують таким методом:

а) стерилізація сухим жаром;

б) автоклавуванням;

в) фламбуванням;

г) стерилізація променевою енергією.

127. Поетапна стерилізація використовується для стерилізації:

а) рідких й агаризованих середовищ без вмісту цукрі або інших речовин, які розкладаються за температури понад 120°С;

б) середовищ або їх компонентів, які не витримують нагрівання вище 100°С;

в) середовищ або їх компонентів із вмістом речовин, які не витримують нагрівання (вітаміни, амінокислоти);

г) колб, пробірок, склянок.

128. Фільтрування через бактеріальні фільтри використовується для стерилізації:

а) рідких й агаризованих середовищ без вмісту цукрі або інших речовин, які розкладаються за температури понад 120ºС;

б) середовищ або їх компонентів, які не витримують нагрівання вище 100ºС;

в) середовищ або їх компонентів із вмістом речовин, які не витримують нагрівання (вітаміни, амінокислоти);

г) колб, пробірок, склянок.

129. Яке стандартне поживне середовище використовують для визначення загальної кількості мікроорганізмів:

а) м'ясо-пептонний агар (МПА);

б) середовище Чапека;

в) середовище Левіна;

г) середовище Сабуро.

130. Який компонент найчастіше використовують для формування консистенції твердих поживних середовищ:

а) МПБ;

б) желатин;

в) пектин;

г) агар-агар.

131. За типом живлення мікроорганізми поділяють на:

а) лофотріхи та перетріхи;

б) автотрофи та гетеротрофи;

в) анаероби та аероби;

г) диплобактерії та тетрабактерії.

132. За типом дихання мікроорганізми поділяють на:

а) аероби, анаероби;

б) диплококи;

в) гетеротрофи;

г) стрептококи.

133. Надходження поживних речовин до клітин мікроорганізмів відбувається:

а) за рахунок органел – перміаз;

б) через цитоплазматичну мембрану за законами осмосу і дифузії;

в) виключно шляхом активного переносу;

г) усі відповіді правильні.

134. Температурні межі активного розмноження мезофілів становлять:

а) 0–20°С;

б) 20–45°С;

в) 45–70°С;

г) 70–100°С.

135. До органогенних речовин мікробної клітини відносять:

а) оксиген, гідроген, карбон, нітроген;

б) оксиген, гідроген, фосфор, нітроген;

в) гідроген, нітроген, купрум, оксиген;

г) оксиген, купрум, цинк, фосфор.

136. Енергетичний обмін має назву:

а) катаболізм;

б) анаболізм;

в) метаболізм;

г) синергізм.

137. Мікроорганізми, що входять до мікрофлори людини та тварин за способом харчування, відносять до:

а) паратрофів;

б) сапротрофів;

в) психрофілів;

г) паразитів.

138. Наведіть синонім терміна «анаболізм»:

а) конструктивний обмін;

б) енергетичний обмін;
в) синтетичний обмін;
г) дихання.

139. Мікроорганізми, що використовують як донор водню неорганічні речовини, – це:
а) літотрофи;
б) сапрофіти;
в) анаероби;
г) органотрофи.

140. Ферменти за своєю хімічною природою є:
а) білками;
б) вуглеводами;
в) ліпідами;
г) нуклеїновими кислотами.

141. Ферменти, що виділяються мікроорганізмами у субстрат, мають назву:
а) ендоферменти;
б) екзоферменти;
в) видові ферменти;
г) ферменти агресії.

142. Як називають мікроорганізми, що можуть жити у присутності та відсутності оксисену:
а) облігатні аероби;
б) облігатні анаероби;
в) аероби;
г) факультативні анаероби.

143. Яка група ферментів каталізує реакції синтезу:
а) оксидоредуктази;
б) трансферази;
в) гідролази;
г) лігази.

144. Який процес характеризується окисненням органічних сполук з утворенням води та вуглекислого газу:

а) дихання;

б) фотосинтез;

в) бродіння;

г) живлення.

145. Які ферменти каталізують перенос атомних угруповань від однієї сполуки до іншої:

а) оксидоредуктази;

б) трансферази;

в) гідролази;

г) ліази.

146. Які ферменти каталізують перетворення всередині однієї молекули (внутрішньомолекулярні перебудови):

а) оксидоредуктази;

б) трансферази;

в) гідролази;

г) ізомерази.

147. Які ферменти каталізують реакції негідролітичного розщеплення органічних сполук з виділенням вуглекислого газу, води та аміаку:

а) оксидоредуктази;

б) трансферази;

в) гідролази;

г) ліази.

148. Які ферменти каталізують реакції окиснення-відновлення:

а) оксидоредуктази;

б) трансферази;

в) гідролази;

г) ліази.

149. Які ферменти мають видову специфічність та передаються спадково:

а) конститутивні;

б) індуцибельні;

в) адаптивні;

г) ферменти агресії.

150. Які ферменти можуть синтезуватися у бактеріальній клітині в процесі її життєдіяльності залежно від умов середовища:

а) адаптивні;

б) конститутивні;

в) ферменти агресії;

г) індуцибельні.

151. Мікроорганізми, які здатні отримувати енергію тільки шляхом дихання, називають:

а) факультативні анаероби;

б) облігатні анаероби;

в) облігатні аероби;

г) факультативні аероби.

152. Надходження поживних речовин до мікробної клітини за градієнтом концентрації називається:

а) активний перенос;

б) полегшена дифузія;

в) плазмоліз;

г) пасивна дифузія.

153. Надходження поживних речовин до мікробної клітини з втратою енергії називається:

а) активний перенос;

б) полегшена дифузія;

в) плазмоліз;

г) пасивна дифузія.

154. Процеси метаболізму мікробної клітини складаються з двох типів біохімічних реакцій:

а) катаболічні та конструктивні;

б) анаболічні та енергетичні;

в) катаболічні та анаболічні;

г) конструктивні та енергетичні.

155. Мікроорганізми, що засвоюють карбон з органічних сполук та відіграють важливу роль у кругообороті речовин у природі, називаються:

а) сапрофіти;

б) паратрофи;

в) фототрофи;

г) хемотрофи.

156. Активність води характеризує:

а) доступність води субстрата;

б) абсолютну вологість субстрата;

в) усі відповіді правильні.

157. Від яких параметрів залежить антисептична дія факторів навколишнього середовища:

а) тривалість впливу;

б) інтенсивність впливу (наприклад, висока температура);

в) чутливість мікроорганізму до певного фактора навколишнього середовища;

г) усі відповіді правильні.

158. До загибелі бактерій призводять:

а) бактерицидні антисептики;

б) бактеріостатичні антисептики;

в) фунгіцидні антисептики;

г) фунгістатичні антисептики.

159. До затримки росту грибів призводять речовини:

а) фунгістатики;

б) фунгіциди;
в) бактеріоциди;
г) бактеріостатики.

160. Які умови проведення пастеризації?
а) 75–80°С упродовж 60 хв;
б) 100 °С упродовж 2–4 с;
в) 150 °С упродовж 20 хв;
г) 80–95 °С упродовж 30 хв.

161. Під час занурення мікроорганізмів у розчин з підвищеною концентрацією солі спостерігається явище:
а) плазмоліз;
б) плазмоптиз (осмотичний шок);
в) тургор;
г) усі відповіді правильні.

162. У разі занурення мікроорганізмів у розчин з низькими концентраціями солей (або в дистильовану воду) спостерігається явище:
а) плазмоліз;
б) плазмоптиз (осмотичний шок);
в) тургор;
г) усі відповіді правильні.

163. Тип взаємовідносин між мікроорганізмами, під час якого разом розвиваються два чи більше види з посиленням деяких їх фізіологічних функцій, має назву:
а) синергізм;
б) мутуалізм;
в) антагонізм;
г) метабіоз.

164. Який з нижченаведених антибіотиків має рослинне походження:
а) фітонцид;

б) пеніцилін;
в) лізоцим;
г) нізин.

165. Який тип взаємовідносин притаманний мікроорганізмам, що продукують антибіотики:
а) антагонізм;
б) мутуалізм;
в) синергізм;
г) паразитизм.

166. Яким є оптимальне pH для ацидофільних бактерій:
а) лужне;
б) нейтральне;
в) кисле;
г) слабколужне.

167. Яким є оптимальне pH для алкалофільних мікроорганізмів:
а) лужне;
б) нейтральне;
в) кисле;
г) слабкокисле.

168. Якими субстратами живляться сапрофіти:
а) живими клітинами;
б) клітинами-хазяїнами;
в) мертвими органічними субстратами;
г) усі відповіді правильні.

169. Які з нижченаведених антибіотиків продукуються бактеріями:
а) нізин;
б) пеніцилін;
в) ерітрин;
г) фітонциди;

д) стрептоміцин;
е) лактацид.

170. Які мікроорганізми здатні до існування в умовах підвищеного осмотичного тиску:
а) осмофільні мікроорганізми;
б) осмотолерантні мікроогранізми;
в) галофіли;
г) ацидофільні мікроорганізми.

171. Які мікроорганізми здатні витримувати високі значення осмотичного тиску, але краще розвиваються за нормальних показників:
а) осмофільні мікроорганізми;
б) осмотолерантні мікроогранізми;
в) галофіли;
г) ацидофільні мікроорганізми.

172. Який механізм дії антисептиків на мікроорганізми:
а) порушення цілісності ЦПМ;
б) руйнування органел клітини;
в) призупинення обмінних процесів клітини;
г) інактивація ферментів;
д) усі відповіді правильні.

173. Які методи зберігання продуктів засновані на принципах анабіозу:
а) пастеризація;
б) заморожування;
в) сушіння;
г) обробка ультразвуком;
д) застосування антибіотиків.

174. Найбільш ефективні методи зберігання харчових продуктів засновані на принципі:
а) біозу;
б) анабіозу;

в) абіозу;
г) ценоанабіозу.

175. Які мікроорганізми можуть викликати псування джему або меду:
а) мезофільні бактерії;
б) осмофільні плісняви;
в) термофільні бактерії;
г) маслянокислі бактерії;
д) молочнокислі бактерії;
е) бактерії гниття.

176. До абіотичних факторів навколишнього середовища належать:
а) температура;
б) фітонциди;
в) антисептики;
г) антибіотики;
д) ультрафіолетове випромінювання;
е) вологість.

177. Який стан клітини є нормальним для мікроорганізму:
а) плазмоліз;
б) тургор;
в) плазмоптіс;
г) анабіоз.

178. На які групи за походженням поділяються антибіотики:
а) грибні і бактеріальні;
б) тваринні і рослинні;
в) широкого спектра дії та вузького спектра дії;
г) усі відповіді правильні.

179. Які методи зберігання харчових продуктів ґрунтуються на зміні pH середовища:
а) консервування;

б) квашення;
в) сушіння;
г) маринування.

180. До речовин хімічного походження, які згубно впливають на мікроорганізми, належать:
а) антибіотики;
б) антисептики;
в) фітонциди;
г) фунгістатики.

181. Які мікроорганізми здатні розмножуватись на заморожених харчових продуктах:
а) мезофіли;
б) термофіли;
в) психрофіли;
г) ксерофіти.

182. Дисбактеріоз шлунково-кишкового тракту людини виникає внаслідок тривалого впливу:
а) антисептиків;
б) фітонцидів;
в) фунгіцидів;
г) антибіотиків.

183. До фізичних факторів навколишнього середовища належить:
а) ультразвук;
б) pH середовища;
в) антибіотики;
г) фітонциди.

184. Найчастіше мікроорганізми набувають стійкості до антибіотиків унаслідок:
а) кон'югації;
б) трансдукції;

в) трансформації;
г) мутацій.

185. Назвіть правильну послідовність фаз росту бактерій:
а) стаціонарна фаза;
б) логарифмічна фаза;
в) фаза відмирання;
г) лаг-фаза.

186. Бактерії, що викликають маслянокисле бродіння, мають такі ознаки:
а) грампозитивні;
б) грамнегативні;
в) спороутворювальні;
г) неспороутворювальні;
д) рухливі;
е) нерухомі.

187. Розставте за належною чергою субстрат та продукти молочнокислого бродіння:
а) глюкоза;
б) піровиноградна кислота;
в) молочна кислота.

188. Серед наведених молочнокислих бактерій гетероферментативними є:
а) Streptococcus lactis;
б) Streptococcus cremoris;
в) Streptococcus thermophilus;
г) Leuconostoc cremoris;
д) Lactobacillus brevis;
е) Bifidobacterium.

189. Які з нижченаведених молочнокислих мікроорганізмів відносять до гомоферментативних:
а) Streptococcus cremoris;

б) Streptococcus thermophilus;
в) Leuconostoc cremoris;
г) Lactobacillus acidophilus;
д) Lactobacillus delbruckii;
е) Lactobacillus brevis;
ж) Bifidobacterium.

190. Молочнокислі бактерії належать до:
а) аеробів;
б) анаеробів;
в) мікроаерофільних мікроорганізмів;
г) аеротолерантних мікроорганізмів;
д) факультативно-анаеробних мікроорганізмів.

191. Оцтовокислі бактерії належать до групи:
а) ацидофілів;
б) нейтрофілів;
в) алкалофілів;
г) ксерофітів.

192. Спиртове бродіння – це процес розщеплення цукру мікроорганізмами з утворенням:
а) етанолу;
б) етанолу, вуглекислого газу, води;
в) етанолу, вуглекислого газу, водню;
г) етанолу, вуглекислого газу.

193. Пропіоновокисле бродіння – це процес перетворення цукру або молочної кислоти у:
а) пропіонову кислоту з виділенням CO_2;
б) пропіонову та оцтову кислоту з виділенням CO_2, H_2O;
в) пропіонову та оцтову кислоту з виділенням CO_2;
г) пропіонову та оцтову кислоту з виділенням H_2.

194. Процес розкладання жирів протікає під дією ферментів:
а) ліпаз;

б) лігаз;
в) ізомераз;
г) протеаз.

195. На які групи діляться мікроорганізми, що викликають молочнокисле бродіння:
а) верхові та низові;
б) окиснювальні та відновлювальні;
в) гомоферментативні та гетероферментативні;
г) аеробні та анаеробні.

196. Назвіть кінцеві продукти гниття:
а) АТФ;
б) аміак, сірководень;
в) масляна кислота;
г) амінокислоти.

197. У результаті якого бродіння одна молекула глюкози перетворюється у дві молекули етанолу та дві молекули вуглекислого газу:
а) маслянокислого бродіння;
б) оцтовокислого бродіння;
в) молочнокислого бродіння;
г) спиртового бродіння.

198. Який рід мікроорганізмів здатен викликати спиртове бродіння:
а) рід Propionibacterium;
б) рід Clostridium;
в) рід Saccharomyces;
г) рід Lactobacillus.

199. Яке з наведених визначень характеризує анаеробне бродіння?
а) процес послідовного розщеплення глюкози в клітинах, що супроводжується синтезом АТФ;

б) хімічна реакція бродіння, яка здійснюється дріжджами, в результаті якої одна молекула глюкози перетворюється у дві молекули етанолу та дві молекули вуглекислого газу;

в) окиснювально-відновлювальні реакції, які проходять без присутності кисню. При цьому процесі енергетичним матеріалом є вуглеводи.

200. Який вид бродіння викликає вершковий стрептокок, термофільний стрептокок, ацидофільну паличку:

а) спиртове бродіння;

б) маслянокисле бродіння;

в) молочнокисле бродіння;

г) пропіоновокисле бродіння.

201. Proteus vulgaris (протей) належить до:

а) аеробів;

б) анаеробів;

в) факультативних анаеробів.

202. Активними збудниками гнильних процесів є:

а) сінна паличка;

б) дельбрюківська паличка;

в) картопляна паличка;

г) ацидофільна паличка.

203. Спиртове бродіння у лужному середовищі супроводжується підвищеним утворенням:

а) оцтового альдегіду;

б) вуглекислого газу;

в) гліцерину;

г) етилового спирту.

204. Збудником лимоннокислого бродіння є:

а) Aspergillius niger;

б) Acedobacter aceti;

в) Clostridium butyricum;

г) Lactobacillus brevis.

205. Маслянокислі бактерії належать до роду:
а) Streptococcus;
б) Bacillus;
в) Clostridium;
г) Lactobacillus.

206. У результаті спиртового бродіння утворюється:
а) бутанол;
б) гліцерин;
в) етанол;
г) ацетон.

207. Який процес полягає в основі пивоваріння:
а) оцтовокисле бродіння;
б) молочнокисле бродіння;
в) спиртове бродіння;
г) маслянокисле бродіння.

208. Який процес описує рівняння: $CH_3CH_2OH + O_2 \rightarrow CH_3COOH + H_2O$*:*
а) оцтовокисле бродіння;
б) маслянокисле бродіння;
в) спиртове бродіння;
г) лимоннокисле бродіння.

209. Назвіть збудника гнильних процесів:
а) стрептокок термофільний;
б) болгарська паличка;
в) сінна паличка;
г) кишкова паличка.

210. Дріжджі нездатні зброджувати:
а) дисахариди;
б) пентози;

в) крохмаль;
г) мальтозу.

211. За характером бродіння дріжджі поділяють на:
а) гомоферментативні та гетероферментативні;
б) аеробні та анаеробні;
в) низові та верхові;
г) досконалі та недосконалі.

ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

Абіотичні фактори – усі компоненти неживої природи, серед яких найважливішими є світло, температура, вологість та інші компоненти клімату, а також водного, повітряного та ґрунтового середовища.

Автоклав (грец. *autos* – сам + латин. *clavis* – ключ герметичний) – апарат для стерилізації за допомогою пари під тиском.

Автоліз (авто + грец. *lysis* – руйнування) – саморуйнування клітин, яке відбувається внаслідок вивільнення гідролітичних ферментів з лізосом (ендогенних ферментів).

Авторегуляція – процес, який настає, коли певний механізм у біологічній системі виявляє зміни в ній та пристосовується до них; відбувається внаслідок негативного зворотного зв'язку.

Автотроф (авто + грец. *trofos* – харчування) – організм, який здійснює синтез складних речовин, необхідних для забезпечення процесів життєдіяльності, з простих джерел карбону та нітрогену (CO_2, NH_3).

Автохтонні мікроорганізми – мікроорганізми, які постійно мешкають і розмножуються в конкретних умовах певних біотопів.

Агар (малайськ.) – суміш полісахаридів, отримувана з червоних морських водоростей родини *Rhodophyceae*, яка після розплавлення й охолодження утворює щільний гель; як основу поживних середовищ, використовують у мікробіології (також за гельфільтрації, електрофорезі та афінній хроматографії у біохімії та імунології).

Аглютинація (латин. *agglutinatio* – прилипання, злипання) – процес, під час якого суспендовані бактерії, клітини та інші частки зіставленого розміру злипаються з утворенням скупчень.

Аглютиніни – антитіла, що викликають агрегацію або аглютинацію бактерій чи інших клітин, які індукують синтез аглютинінів, або такі, що містять імунологічно подібні антигени.

Адаптація – процес зміни властивостей окремих особин або популяцій мікроорганізмів, у результаті якого вони стають

більш пристосованими до нового або зміненого середовища перебування.

Аденовірус – будь-який вірус родини *Adenoviridae;* відомо понад 40 типів патогенних для людини, які викликають ураження дихального тракту, кон'юнктивіт, гастроентерит та інші ушкодження.

Аероб (грец. *aer* – повітря + *bios* – життя) – мікроорганізм, який може жити і рости за наявності вільного оксигену.

Акцептор (латин. *acceptor* – одержувач) – 1) сполука, що приєднує молекули, атоми, протони або електрони, що надходять від донора; 2) певна речовина, яка з'єднується з гідрогеном або оксигеном в окисно-відновлювальній реакції і таким чином забезпечує її перебіг.

Алкаліфіли – мікроорганізми, для яких оптимальним є лужне середовище з pH 9.

Алохтонні мікроорганізми – мікроорганізми, які привносяться ззовні з паводками або теригенним стоком.

Аменсалізм – екологічні відносини (симбіоз), коли одна з популяцій пригнічує іншу, але сама не відчуває її негативного впливу.

Анаболізм (грец. *anabole* – піднесення, сходження) – сукупність енергозалежних біохімічних процесів, спрямованих на утворення й оновлення структурних компонентів клітини.

Анаболіти – проміжні продукти конструктивного метаболічного процесу.

Анаероб – мікроорганізм, що живе й росте за повної або майже повної відсутності молекулярного оксигену; *факультативні анаероби* – мікроорганізми, здатні рости як в анаеробних, так і в аеробних умовах; *облігатні (строгі) анаероби* – мікроорганізми, що можуть рости за повної відсутності молекулярного оксигену.

Ангстрем (А) (на честь шведського фізика А. Ангстрема) одиниця довжини, яка застосовується для встановлення розмірів

атомів і довжини хвиль; визначається довжиною хвилі червоної лінії спектра кадмію:

$$1 \text{ А} = 10^{-10} \text{ м} = 10^{-8} \text{ см} = 10^{-4} \text{ мкм} = 10^{-1} \text{ нм}.$$

Аніони (грец. *ana* – висхідний) – іони, які мають у розчині від'ємний заряд і утворюються за рахунок приєднання електронів; в електричному полі рухаються до позитивного заряду – анода.

Антагонізм (грец. *antagonism* – боротьба) – негативний вплив одного мікроорганізму на інший за допомогою утвореного ним антибіотика або завдяки його більшій здатності поглинати поживні речовини.

Антибіотики (грец. *anti* – проти + *bios* – життя) – органічні сполуки мікробного, рослинного і тваринного походження, а також продукти хімічної модифікації цих речовин (напівсинтетичні антибіотики), що здатні вибірково пригнічувати ріст бактерій та інших мікроорганізмів; за хімічною будовою розрізняють антибіотики-білки, антибіотики-поліпептиди, антибіотики-полієни, антибіотики-макроліди тощо.

Антигени – чужорідні речовини, переважно макромолекулярної природи білкового, тваринного, рослинного або бактеріального походження, проникнення яких в організм викликає специфічну імунологічну реакцію – синтез антитіл (імуноглобулінів); речовини, що несуть ознаки генетично чужорідної інформації та викликають в організмі розвиток специфічних імунологічних реакцій.

Антигенність – властивість викликати специфічну імунну відповідь; ступінь здатності речовини стимулювати імунну відповідь.

Антипорт (обмінна дифузія) – транспортування через мембрану однієї сполуки з одночасним і протилежно спрямованим транспортуванням іншої (наприклад, іони натрію та калію).

Антисептик (анти + грец. *septikos* – гнійний) – речовина, яка гальмує ріст і розвиток мікроорганізмів без обов'язкової їх загибелі; той, що запобігає гниттю.

Антисептика – будь-яка процедура, яка пригнічує ріст і розмноження потенційно небезпечних для здоров'я мікроорганізмів на інтактній шкірі, слизових оболонках, ранах, у порожнинах тіла людини й тварин.

Антитіла – глікопротеїни класу імуноглобулінів, які здатні до специфічного зв'язування з антигеном і утворюються в організмі у відповідь на введення в нього чужорідних речовин для нейтралізації їх шкідливої дії.

Антропогенні фактори – фактори середовища існування мікроорганізмів, пов'язані з господарською діяльністю людини, яка призводить до зміни природи як життєвого середовища всіх живих організмів.

Асептика (а + грец. *septikos* – гнильний) – 1) відсутність інфекції; 2) профілактика проникнення мікроорганізмів.

Ауксотроф – мікроорганізм, який унаслідок мутації втратив здатність до самостійного синтезу будь-якого метаболіта; може існувати тільки в середовищах, куди привнесений відповідний фактор росту.

Аутоекологія – напрям екології, що вивчає взаємовідносини мікробних популяцій з усіма фазами ґрунту.

Ацидофіли (латин. *acidum* – кислота + грец. *philic* – сприятливий) – мікроорганізми, для яких оптимальним є кисле середовище з pH 3–5.

Бактеріобентос – сукупність мікроорганізмів, що мешкають у донних відкладеннях водойм.

Бактеріопланктон – сукупність мікроорганізмів, життєдіяльність яких пов'язана з товщею води у водоймах.

Бактеріофаг – бактеріальний вірус, виявлений у всіх групах бактерій; містить РНК або ДНК, зв'язок із бактерією-хазяїном специфічний; у випадку помірного фата може бути генетично близьким і носить назву виду, групи або штаму бактерій, для якого він специфічний.

Бактеріоцини – специфічні білки (коліцини, стафілококцини) бактеріоциногенних плазмід, що містяться в мікроорганізмах

і мають бактерицидні властивості щодо бактерій того самого виду, які не містять плазмід.

Бактерицидний – термін, що вказує на властивість хімічних, фізичних і біологічних факторів викликати загибель вегетативних форм бактерій. Аналогічний ефект зазначених факторів стосовно спор називають *спороцидним,* мікробів – *мікробоцидним,* грибів – *фунгіцидним,* вірусів – *вірусоцидним,* найпростіших – *паразитоцидним.*

Баротолерантні мікроорганізми – мікроорганізми, що здатні розвиватися за умов нормального парціального тиску.

Барофільні мікроорганізми – мікроорганізми океанічних глибин і нафтових свердловин; здатні розвиватися за умов високого тиску (1 000 МПа і більше).

Біотичні фактори – фактори середовища існування мікроорганізмів, пов'язані із життєдіяльністю біоти: взаємодія між особинами в популяціях, між популяціями в природних угрупованнях.

Бродіння – окисно-відновлювальний процес перетворення органічних речовин, який відбувається у клітинах різних видів організмів за анаеробних умов, до різних кінцевих продуктів: молочної, масляної, пропіонової, оцтової кислот, етилового спирту тощо (залежно від виду бродіння); є джерелом енергії для забезпечення процесів життєдіяльності.

Вакцина (латин. *vaccina* – корова, *variola vaccina* – коров'яча віспа) – суспензія ослаблених або неживих мікроорганізмів (збудників інфекційних хвороб) чи антигенних білків, одержаних з них, яка вводиться для запобігання інфекційним захворюванням, полегшення їх перебігу або лікування.

Вакцинація – введення в організм антигену з метою індукування в ньому вироблення антитіл, створення імунітету до можливого інфікуючого агента.

Віріон – елементарна вірусна частинка, що складається із серцевини (нуклеоїду), яка містить РНК або ДНК, покрита білковою оболонкою (капсид); може утворювати повний вірус

(у аденовірусів і пікорнавірусів) чи може бути покритою «оболонкою» (у герпевірусів і міксовірусів).

Вірулентність (латин. *virulentus* – отруйний) – ступінь патогенності, здатність цього мікроорганізму викликати захворювання у певного господаря; термін включає також ступінь інфекційності, інвазивності та токсикогенності (токсичності) збудника.

Вірус (латин. *virus* – отрута) – неклітинна форма життя, яка характеризується відсутністю незалежного метаболізму та здатністю реплікуватися тільки всередині живих клітин-хазяїнів: як і живі організми, віруси здатні відтворюватися з генетичною неперервністю і можливістю мутацій.

Галофіли – мікроорганізми, ріст яких можливий за наявності високих концентрацій солей у поживному середовищі.

Гаптен (грец. *hapto* – прикріплюю) – неповний, або частковий, антиген; нездатний сам по собі індукувати синтез антитіл, але може взаємодіяти зі специфічними антитілами.

Гемаглютинація – аглютинація (склеювання) еритроцитів; може бути імунною (специфічні антитіла чи до антигенів, власне, еритроцитів, чи до інших антигенів, що адсорбовані на еритроцитах) або неімунною (наприклад, гемаглютинація, що викликана вірусами або іншими мікроорганізмами).

Генералізація – перехід місцевого процесу в загальнопоширений, з розвитком бактеріемії, токсинемії, септикопіємії, утворенням вторинних вогнищ інфекції. Виникає внаслідок зниження імунітету, посилення вірулентності збудника, неправильного лікування тощо.

Геном – сукупність генів організму, які несуть усю генетичну інформацію для цього організму.

Гетеротроф (грец. *heteros* – інший + *trophe* – харчування) – мікроорганізм, який використовує органічні речовини як джерела карбону й енергії.

Гниття – ферментний розклад органічних нітрогеновмісних речовин (переважно білків) під дією мікроорганізмів; під час

гниття зі складних органічних речовин утворюються прості мінеральні речовини (NH_3, H_2S, CO_2 тощо), які далі використовуються живими організмами для синтезу інших органічних речовин.

Гнотобіонт – штучно вирощена лабораторна тварина, повністю вільна від мікроорганізмів.

Голозойний спосіб живлення – спосіб живлення за допомогою захоплення твердих харчових часточок всередину тіла організму (термін вживають переважно до найпростіших).

Голофітний спосіб живлення – спосіб живлення без захоплення твердих харчових часток за допомогою транспорту розчинних речовин через поверхневі структури клітини (характерний для бактерій та деяких фотосинтезуючих найпростіших).

Грамнегативний – такий, що втрачає барвник або знебарвлюється спиртом під час фарбування за Грамом (за прізвищем датського лікаря Г. Х. Й. Грама); первинна характеристика бактерій, які мають клітинну стінку, що складається з тонкого шару пептидоглікану, покритого зовнішньою мембраною з ліпопротеїну й ліпополісахариду.

Грампозитивний – такий, що зберігає барвник або стійкий до знебарвлення спиртом під час фарбування за Грамом; первинна характеристика бактерій, клітинна стінка яких складається з шару пептидоглікану з ланцюгами тейхоєвої кислоти.

Дальтон (Да) (за прізвищем англійського хіміка Д. Дальтона) – умовна одиниця маси, що відповідає масі одного атома гідрогену ($1{,}657 \times 10^{-24}$ г), яка дорівнює 1/12 маси атома карбону (^{12}C).

Дезінфекція (фр. *des* – від, роз + латин, *infectio* – отруюю) – заходи, спрямовані на знешкодження збудників інфекційних захворювань людини й тварин.

Деструктори – мікроорганізми, здатні розкладати складні сполуки, отримуючи для себе енергію або поживні елементи.

Джоуль (за прізвищем англійського фізика Дж. П. Джоуля) – одиниця роботи, енергії й кількості теплоти в Міжнародній системі одиниць (СІ); дорівнює роботі постійної сили величиною

в 1 ньютон (Н) під час переміщення точки прикладання на відстань 1 м у напрямку дії сили; дорівнює енергії, що виділяється в електричному полі за 1 секунду за сили струму в ньому 1 А і напрузі 1 В.

Дифузія (латин. *diffusio* – поширення, розтікання) – здатність молекул у системі рухатись у напрямку більш низької концентрації; проникнення молекул однієї речовини в іншу у разі їх безпосереднього стикання або через порувату перетинку.

Діаліз (грец. *dialysis* – відокремлення) – процес розподілу молекул за розміром на підставі їх різної здатності до дифузії через напівпроникну мембрану.

Донор (латин. *donate* – дарувати, жертвувати) – джерело генетичного матеріалу за трансдукції та кон'югації у бактерій.

De-novo (латин.) – заново, із самого початку, наприклад синтез макромолекул з максимально простих попередників на противагу синтезу з будь-яких метаболітів складної будови.

Евтрофні водойми – водойми багатокормні з інтенсивним розвитком бактеріо-, фіто- і зоопланктону.

Екзотоксини – речовини білкової або поліпептидної природи, які продукують грампозитивні та деякі види грамнегативних бактерій.

Ендотоксини – ліпополісахариди у складі зовнішньої мембрани грамнегативних бактерій.

Ендоцитоз (грец. *endon* – всередині + *kitos* – вмістище, клітина) – процес специфічного захоплення (інтерналізації) клітинами різних речовин, частинок і мікроорганізмів у везикули (пухирці) плазматичної мембрани.

Еукаріоти – організми, у клітинах яких є ядро, де містяться хромосоми (тварини, рослини, гриби, деякі водорості).

Зброджування – процес анаеробного розщеплення молекул поживних речовин, який супроводжується виділенням енергії.

Зв'язки макроергічні – зв'язки, у разі перетворення яких зміна рівня вільної енергії перевищує 20 кДж/моль; вільна енергія, яка виділяється у процесі розриву зв'язків і використовується

для синтезу інших органічних сполук з вищим рівнем вільної енергії; макроергічні зв'язки представлені переважно складноетерними зв'язками – тіотерними, ангідридними, фосфоамідними тощо.

Зв'язок хімічний – загальне визначення сил і різних типів взаємодій між атомами, що забезпечують утворення стійкої багатоатомної системи (молекули, молекулярного іона, комплексу тощо).

Іморталізація (англ. *immortality* – безсмертність) – отримання стабільної, здатної до необмеженого розмноження клітинної лінії з клітин з обмеженим часом життя в культурі.

Імунізація – метод створення штучного імунітету введенням в організм ослаблених або вбитих збудників хвороб (вакцини) або їх компонентів.

Імунітет (латин. *immunitas* – звільнення, свобода) – здатність організму захищатися від генетично чужорідних тіл, антигенів та інших речовин, які є збудниками хвороб, або певних отрут.

Імунодефіцит – стан, який розвивається у разі порушення імунних механізмів. Розрізняють: *первинний імунодефіцит* – дефект самої імунної системи, вторинний – пов'язаний з розвитком іншого захворювання, *специфічний* – викликаний вибірковим ураженням або В-лімфоцитів, або Т-лімфоцитів, або тих і тих, та неспецифічний імунодефіцит, викликаний порушенням механізмів неспецифічного імунітету.

Імунологія – біологічна наука, яка вивчає захисні реакції організму (реакція організму на антигени, їх механізми, прояви, перебіг і наслідки в нормальному та патологічному станах), які спрямовані на збереження його структурної та функціональної цілісності, біологічної індивідуальності.

Інактивація – позбавлення біологічної активності мікроорганізмів або руйнування їх активних структур.

Інвазивність – властивість патогенних мікроорганізмів проникати всередину клітин (тканин), викликаючи тим самим патологічний процес.

Інтоксикація (латин. *in* – в, усередину + грец. *toxikon* – отрута) – отруєння організму токсичними речовинами, які утворилися в ньому самому (ендогенні) або потрапили ззовні (екзогенні).

Інфекція (латин. *inficere* – заражати, псувати) – розмноження хвороботворних, чужорідних (сторонніх) організмів у тілі організму-хазяїна; розмноження нормальної флори кишкового тракту не розглядається як інфекція.

Інфекція літична – фагова інфекція, за якої відбувається розмноження вірусу в бактеріальній клітині-хазяїні, що закінчується руйнуванням (лізисом) останньої та виходом фагових нащадків.

In situ (латин. *in situ* – розташування, положення) – у природному чи нормальному положенні, у первісному місцезнаходженні, на своєму місці.

In toto (латин.) – у цілому, цілком.

In vitro (латин. *in vitro* – у пробірці) – вивчення обміну речовин з використанням безклітинної системи, а також на культурі клітин багатоклітинних організмів.

In vivo (латин. *in vivo* – у живому) – вивчення обміну речовин в умовах, які не порушують цілісності організму; виконується на рівні клітини (бактерії) або на рівні цілого багатоклітинного організму.

Капнофіл – мікроаерофільний мікроорганізм, який потребує високих концентрацій CO_2.

Капсид (латин. *capsa* – коробка) – зовнішня білкова оболонка вірусної частинки, яка захищає нуклеїнові кислоти вірусу; може мати спіралеподібну чи ікосаедричну (20-гранну) симетрію; капсид складається з особливих структурних одиниць – капсомерів.

Катаболізм (грец. *katabole* – скидання, руйнування) – сукупність ферментативних реакцій обміну речовин в організмі (метаболізм), які супроводять розпад складних органічних сполук до простих кінцевих продуктів з виділенням енергії.

Клітина – основна структурна, функціональна і самовідтворювана одиниця всіх живих організмів, елементарна жива система; може існувати як окремий організм (бактерії, найпростіші, деякі водорості та гриби) або у складі тканини багатоклітинних організмів (тварин, рослин, грибів); еукаріотична клітина складається з ядра, оточеного цитоплазмою, яка містить різні органели й оточена клітинною (плазматичною) мембраною.

Коліфаг – бактеріофаг, афінний до будь-якого штаму *Escherichia coli*.

Коліцини – токсичні білкові антибіотики, що продукуються штамами *Escherichia coli* та іншими ентеробактеріями родів *Shigella* і *Salmonella,* які мають відповідні плазміди.

Колонія (латин. *colonia* – поселення) – сукупність або група бактерій у культурі, що походить від ізольованого окремого організму або групи організмів.

Коменсалізм (латин. *cum* – разом + *mensa* – їжа) – форма симбіозу, яка характеризується тим, що один із партнерів системи (коменсал) покладає на іншого (хазяїна) регуляцію своїх відносин із зовнішнім середовищем, але не вступає з ним у тісні стосунки; метаболічні взаємодії та антагонізм між партнерами зазвичай відсутні.

Консументи – гетеротрофні організми, які живляться безпосередньо або опосередковано через інші організми органічною речовиною, синтезованою первинними продуцентами.

Контамінація (латин. *contamination,* від *con* – разом + *tangere* – торкатися) – забруднення мікроорганізмами, які призводять до розвитку інфекції (наприклад, через продукти харчування).

Кон'югація (латин. *conjugatio* – сполучення) – 1) спосіб односпрямованого перенесення ДНК з однієї контактуючої бактеріальної клітини в іншу; 2) тип статевого процесу в деяких організмів (інфузорій, нижчих грибів тощо), за якого під час тимчасового сполучення двох організмів відбувається обмін частинами ядерного апарату та цитоплазмою.

Коферменти (латин. *co* – з, разом + *fermentum* – закваска) – органічні сполуки небілкової природи з низькою молекулярною масою, що приєднуються до апоферменту з утворенням активного комплексу (холоферменту) і які необхідні для прояву каталітичної активності ферментів.

Культивація (латин. *cultus* – обробляти) – розмноження живих організмів, зокрема вирощування клітин у штучному середовищі або ферментерах.

Культура (латин. *cultura* – вирощування) – мікроорганізми або живі клітини, розведені (культивовані) у спеціальних середовищах, сприятливих для їх росту.

Культура клітин – клітини, вирощені *in vitro* у штучно створених умовах, у рідких або на щільних поживних середовищах; залежно від ступеня пристосування до умов культивування розрізняють такі п'ять типів культур клітин: первинна, лінія клітин, стабільна лінія клітин, лінія диплоїдних клітин і штам клітин.

Культура чиста – культура, що містить мікроорганізми лише одного виду без жодних домішок.

Лабільність (латин. *labilis* – нестійкий) – 1) хімічно нестійкий, мінливий; 2) висока пристосованість або, навпаки, нестійкість організму до умов середовища.

Лізис (грец. *lysis* – розчинення) – 1) руйнування клітин під впливом різних агентів: ферментів, бактеріолізинів, бактеріофагів, антибіотиків; 2) руйнування бактеріальних клітин наприкінці фагового циклу, вихід дозрілих фагових частинок.

Лізогенізація – штучне отримання лізогенних штамів бактерій шляхом оброблення чутливих бактеріальних клітин помірним бактеріофагом.

Лізогенія – своєрідний симбіоз бактерій з деякими помірними бактеріофагами, які містяться у клітині в неактивному стані (профагу), що є компонентом бактеріального геному; клітини, що містять профаг, називаються лізогенними, а властивості популяції лізогенних культур продукувати з певною частотою дозрілі фагові частинки – лізогенністю.

Лізоцим (N-ацетилмурамідаза) – фермент, який каталізує гідроліз глікозидного зв'язку між ацетилмурамовою кислотою й N-ацетилглюкозаміном у молекулі пепти-доглікану клітинної стінки бактерій, у результаті чого відбувається лізис бактерій.

Лінія клітинна – група клітин, яка підтримується в культурі шляхом пасивування (пересівів) у стані поділу.

Літотроф – мікроорганізм, який утилізує відновлювальні неорганічні сполуки, а потім використовує їх як джерело енергії.

Макроліди – клас антибіотиків, у молекулі яких містяться лактонові кільця; їх продуцентами є деякі види *Streptomyces*; дія макролідів бактеріостатична – пригнічення пептидилтрансферазної активності завдяки взаємодії з 50 S-субодиницею рибосом і 23 S-рибосомною РНК.

Мегапаскаль (МПа) – одиниця виміру тиску в Міжнародній системі одиниць, названа на честь дослідника Б. Паскаля.

Мезофіли – мікроорганізми, основні мешканці ґрунтів, повітря і водойм, які найкраще розвиваються за температури від 20 до 45°С.

Метабіоз – взаємозв'язок організмів, у процесі якого один із видів використовує продукти життєдіяльності іншого у своєму існуванні.

Метаболізм (грец. *metabole* – перетворення, зміна) – сукупність різних хімічних реакцій окиснення, відновлення, розщеплення та синтезу, які відбуваються за участі специфічних ферментних систем і забезпечують процеси життєдіяльності, розвитку та розмноження організму.

Метаболіти (інтермедіати) – сполуки, що утворюються в організмі під час перетворення речовин з моменту їх надходження в організм до виділення продуктів обміну.

Мікобактерії – аеробні нерухомі грампозитивні, переважно кислото-спиртостійкі пальцеподібні бактерії, що схильні до розгалуження й утворення кокоподібних форм.

Мікроаерофіл – аеробний мікроорганізм, який потребує меншої кількості оксигену, ніж його міститься в повітрі.

Мікробіоценоз (мікробне угруповання, асоціація) – сукупність популяцій різних видів мікроорганізмів, що живуть у певному біотопі.

Мітоміцини – група антибіотиків, що продукуються *Streptomyces caespitosus;* здатні алкілювати макромолекули, а також пригнічувати реплікацію ДНК шляхом утворення поперекових зшивок між комплементарними ланцюгами.

Молекула (латин. *moles* – маса + *cula* – зменшувальний суфікс) – найменша частинка речовини, що зберігає її хімічні властивості, здатна до самостійного існування й складається з однакових або різних атомів, сполучених в єдине ціле хімічними зв'язками, в утворенні яких беруть участь переважно зовнішні (валентні) електрони.

Мутація (латин. *mutatio* – зміна) – природна (спонтанна) або викликана штучно (індукована) спадкова зміна в нуклеотидній послідовності гена, яка призводить до змін певних ознак організму; пов'язана зі зміною кількості та структури хромосом, структури окремого гена або їх груп.

Мутуалізм – симбіоз, у якому обидві популяції отримують користь від асоціації і нездатні виживати без неї.

Нано (грец. *nanos* – карлик) – у складних словах означає мільярдну (10^{-9}) частку одиниці, наприклад нанокюрі, нанограм, нанолітр, нанометр.

Нативний (природний) (англ. *nations* – природжений) – 1) макромолекула в біологічно активній формі; 2) нативний препарат, лабораторний об'єкт, який було додатково оброблено, який зберіг прижиттєві структури і придатний для дослідження.

Нейтралізм – екологічні відносини, за яких жодна з популяцій не впливає на іншу.

Нуклеїнова кислота – нерозгалужений полімер, який складається з нуклеотидів, сполучених $5^{/}$-$3^{/}$-діетерним зв'язком; у вигляді високомолекулярних сполук присутній у хромосомах, ядерцях, мітохондріях і цитоплазмі клітин, а також у вірусах; комплекси з білками називаються нуклеопротеїнами; під

час гідролізу розщеплюються на пуринові та піримідинові основи, фосфорну кислоту і пентозу (D-рибозу або D-дезоксирибозу); залежно від типу пентози нуклеїнова кислота називається або рибонуклеїновою (РНК), або дезоксирибонуклеїновою (ДНК).

Облігатний (латин. *obligatus* – обов'язковий, неодмінний) – стан або умови, які є обов'язковими для певного організму (наприклад, облігатні бактерії – такі, що розвиваються тільки за безоксигенових умов).

Обмін речовин – сукупність хімічних перетворень, специфічно притаманних живим організмам, які забезпечують їх ріст, життєдіяльність, відтворювання, постійний контакт і взаємозв'язок із зовнішнім середовищем.

Окиснювально-відновлювальний потенціал (редокс-потенціал) – показник кількості донорів чи акцепторів в окиснювально-відновлювальній системі або міра здатності середовища віддавати чи приймати електрони, тобто окиснюватися або відновлюватися.

Оліготрофи – мікроорганізми, які задовольняються низькими концентраціями поживних речовин, що залишилися від мінералізації органічних решток.

Оліготрофні водойми – водойми малокормні, у воді яких відносно мало поживних речовин для розвитку біоти.

Опсоніни (грец. *opsonein* – купувати харчі) – будь-які речовини, що зв'язуються з певними антигенами та індукують їх фагоцитоз макрофагами і нейтрофілами.

Організм (латин. *organismus* – живе тіло, жива істота) – будь-яка біологічна або цілісна біокосна система, що складається із взаємопов'язаних супідрядних елементів, які функціонують як єдине ціле; система, що здатна до самоорганізації, саморегуляції та відтворення.

Органотроф – мікроорганізм, що використовує вуглеводи як джерело енергії і як вихідний матеріал для формування карбонового скелета у багатьох біосинтетичних шляхах.

Осмос (грец. *osmos* – поштовх) – явище односпрямованого самовільного проникнення розчинника крізь напівпроникну мембрану, що відокремлює розчини від розчинника або розчини різної концентрації.

Паразит (грец. *parasitos* – дармоїд) – організм, який використовує як джерело живлення інші організми.

Паразитизм – симбіотичні відносини, коли один біологічний вид використовує як джерело живлення або середовища проживання інший (організм хазяїна) і завдає йому при цьому шкоди.

Парентеральний – термін, що позначає всі способи штучного введення або самостійного проникнення мікроорганізмів чи речовин у внутрішнє середовище людського або тваринного організму, крім шлунково-кишкового тракту.

Пастеризація – метод знищення мікроорганізмів шляхом швидкого нагрівання до температури не вище ніж 100 °С з подальшим повільним ступінчастим остудженням; пастеризація не є стерилізуючим методом, оскільки не всі мікроорганізми чутливі до подібних впливів.

Патоген – будь-який хвороботворний мікроорганізм.

Патогенність (грец. *pathos* – страждання + *genos* – рід, походження) – видова полідетермінантна ознака збудника, що позначає його потенційну здатність викликати інфекційний процес у хазяїна.

Пеніцилін – будь-який представник групи природних або напівсинтетичних антибіотиків, отриманих безпосередньо чи опосередковано зі штамів грибів роду *Penicillium* та інших ґрунтових грибків, що вирощують у спеціальних середовищах і які виявляють бактеріоцидну і бактеріостатичну дію щодо чутливих бактерій шляхом втручання у кінцеву стадію синтезу пептидоглікану (речовини клітинної стінки бактерії).

Піноцитоз (грец. *pineo* – пити + *kytoz* – умістилище, клітина) – процес захоплення клітинною поверхнею та наступне поглинання рідини або розчинених речовин (макромолекул) із

навколишнього середовища; один із основних механізмів проникнення біомолекул (білків, ліпідів, глікопротеїнів) у клітину (прямий піноцитоз, або ендоцитоз) та виділення їх з клітини (зворотний піноцитоз, або екзоцитоз).

Плазміда – позахромосомний генетичний елемент, дволанцюгова кільцева молекула ДНК, що існує й реплікується незалежно від бактеріальної хромосоми. Плазміди успадковуються, але не є обов'язковими для росту й репродукції клітини, вони виконують різноманітні функції, серед яких стійкість до антибіотиків (плазміди R), кон'югація (плазміди F), вироблення ферментів, токсинів і антигенів, метаболізм цукрів та інших органічних сполук. Плазміди можуть переноситися з однієї клітини до іншої кон'югацією і трансдукцією; деякі плазміди можуть також інтегруватися у бактеріальну хромосому (відомі як епісоми).

Плазмоптиз – розрив оболонки клітини мікроорганізмів унаслідок проникнення у клітини великої кількості води.

Популяція (латин. *populatio* від *populus* – народ) – сукупність особин одного виду, локалізованих у просторі і здатних обмінюватися генетичною інформацією. Може розглядатись як первинна елементарна одиниця формування ценозу.

Пріони (англ. *protein infectious particle* – протеїнподібна інфекційна частинка) – будь-які протеазотривкі, нерозчинні інфекційні ізоформи із серцевиною у вигляді пріонового протеїну 27–30 кДа, що інтенсивно продукуються клітинами центральної нервової системи ссавців і в тій самій чи іншій кількості присутні у більшості тканин організму; конформаційна ізоформа пріонового білка є єдиним на сьогодні відомим суто білковим інфекційним агентом, що зумовлює послідовність необоротних і летальних нейродегенеративних процесів, об'єднаних у групу підгострих трансмісивних губчастих енцефалопатій.

Провірус – геном тваринного вірусу, інтегрований у хромосому клітин-хазяїна, який таким чином реплікується в усіх її дочірніх клітинах; може активуватися спонтанно або індуковано з утворенням повного (дозрілого) вірусу.

Продуценти – автотрофні організми, які можуть переводити прості неорганічні речовини в органічні сполуки (зелені рослини, водорості, деякі мікроорганізми).

Прокаріоти (латин. *pro* – для, на боці + грец. *karyon* – ядро) – організми, клітини яких містять одну хромосому та не мають ядра, оточеного мембраною, та зв'язаних з нею органел.

Проліферація (латин. *proles* – нащадки + *ferre* – нести) – розмноження клітин, збільшення їх кількості (у тканині, культурі), яке відбувається шляхом мітотичних поділів.

Протокооперація – екологічний зв'язок, у процесі якого обидві або декілька популяцій одержують переваги під час об'єднання.

Протоплазма (грец. *protos* – перший + *plasma* – виліплене, створене) – вміст живої клітини; у ній розрізняють уміст клітинного ядра (нуклеоплазму) і позаядерну частину (цитоплазму), в якій є різні включення – органели.

Прототрофний (грец. *protos* – перший + *trophos* – їжа) – такий, що має такі самі вимоги до факторів росту, як вихідний, або прототипний, бактеріальний штам.

Профаг – ДНК бактеріофага, що інтегрована в геном бактеріальної клітини-хазяїна і яка реплікується разом з нею.

Психрофіли – мікроорганізми, що ростуть у діапазоні температур 0–12°С і є мешканцями холодних джерел, північних морів і ґрунтів північної півкулі.

Реакція – 1) дія, що виникає у відповідь на певний вплив; 2) процес перетворення одних речовин в інші, відмінні від вихідних за складом і властивостями; 3) відповідь організму на певні зовнішні чи внутрішні подразники.

Резистентність (англ. *resistant* – опірний, стійкий) – стійкість організму до дії фізичних, хімічних і біологічних агентів, які викликають патологічний стан; сукупність генетично детермінованих неспецифічних захисних механізмів, що зумовлюють несприйнятливість до інфекції.

Ремісія – зменшення чи послаблення симптомів хвороби; тимчасове ослаблення симптомів без їх реального припинення.

Реплікація (редуплікація) (латин. *replico* – повертаю назад, відбиваю) – багатоетапний внутрішньоклітинний ферментативний процес самовідтворення молекул нуклеїнових кислот шляхом копіювання; синтез дочірніх молекул ДНК на материнських, тобто передача інформації від ДНК до ДНК.

Седиментація (латин. *sedimentum* – осадження) – процес осадження завислих у рідині дрібних частинок або макромолекул під дією сили тяжіння; на цьому явищі ґрунтується седиментаційний аналіз – визначення величини й відносного вмісту частинок різних розмірів за швидкістю їх осідання; швидкість седиментації залежить від маси, розміру та форми частинок, густини середовища і прискорення сили тяжіння.

Середовище культуральне (поживне середовище) – застосовується для культивування ізольованих живих клітин і тканин; воно містить амінокислоти, вітаміни, гормони, фактори росту, вуглеводи, антибактеріальні та антигрибкові препарати й інші добавки у буферному ізотонічному сольовому розчині.

Симбіоз (грец. *symbiosis*) – одна з форм міжвидових відносин, коли від співіснування обидві популяції отримують користь.

Симпорт (спряжений транспорт) (грец. *sym* – разом, одночасно + латин. *porta* – ворота) – процес одночасного й односпрямованого перенесення двох речовин через біологічну мембрану; одна сполука транспортується за градієнтом концентрації, а інша – проти нього.

Синекологія – напрям екології, що вивчає взаємовідносини різних видів мікроорганізмів, які входять до складу ценозу.

Синхронізація клітин (грец. *synchronismos* – одночасність) – метод досягнення чіткого одночасного вступу до клітинного циклу всіх клітин у культурі під час аналізу реплікації (включення попередників ДНК тощо); для цього використовуються метотрексат та інші агенти, що блокують синтез ДНК на певній стадії клітинного циклу.

Система СІ (Міжнародна система одиниць) – система одиниць (назв і позначень) мір і ваги; метр (м) – довжина, кілограм (кг) –

маса, секунда (с) – час, ампер (А) – сила електричного струму, кельвін (К) – термодинамічна температура, кандела (кд) – сила світла, моль – кількість речовини і дві додаткові: для плоского кута – радіан (рад) і тілесного кута – стерадіан (срад).

Сорбція (латин. *sorbere* – поглинати) – процес поглинання всією масою (абсорбція) або поверхнею (адсорбція) твердого тіла чи рідини речовин з навколишнього середовища. До міжклітинних взаємодій (вірус – клітина, макрофаг – лімфоцит тощо) термін застосовують у разі додавання «рецептора».

Сприйнятливість – генетично детермінована здатність організму реагувати на інфекційні агенти розвитком носійства, безсимптомної інфекції або інфекційного захворювання.

Стерилізація (латин. *sterilis* – безплідний) – повне знищення або елімінація всіх живих мікроорганізмів та їхніх спор; проводиться фізичними методами (сухий або вологий жар), хімічними препаратами (етиленоксил, формальдегід, спирт), випромінюванням (ультрафіолетовим, електронно-променевим) або механічними методами (фільтрація).

Стерильність – цілковита відсутність мікроорганізмів усередині і на поверхні об'єкта, яка досягається стерилізацією; перевірка стерильності проводиться двома методами: бактеріологічним – шляхом висівання мікробів із досліджуваного об'єкта на поживне середовище, і біологічним – на лабораторних тваринах.

Стійкість мікробів – властивість мікроорганізмів протистояти ушкодженню. Може бути природною та набутою, що виникає внаслідок фенотипової або генотипової мінливості.

Субстрат (латин. *substratum* – підставка, підстилка) – 1) сполука, що зв'язується з активним центром ферменту й перетворюється на продукт; 2) нейтральна речовина, що містить поживний розчин.

Термолабільний (грец. *thermos* – теплий + латин. *labilis* – нестійкий, мінливий) – 1) нестійкий до теплової дії; такий, що втрачає свої властивості під час нагрівання; 2) такий, що руйнується або пошкоджується нагріванням до температури кипіння води.

Термостабільний (термо + латин. *stabilis* – стійкий) – стійкий до теплової дії; такий, що зберігає свої властивості під час нагрівання.

Термостійкий – такий, що не ушкоджується у процесі нагрівання до температури кипіння води.

Термофіли – 1) організми, які найкраще ростуть за підвищеної температури; 2) мікроорганізми, оптимальна температура росту яких полягає в межах від 50 до 70°С.

Тест (латин. *testum* – випробування) – ознака мікробної культури або методика її визначення.

Тетрацикліни – клас бактеріостатичних антибіотиків, метаболіти деяких видів *Streptomyces*, активні щодо грампозитивних і грамнегативних бактерій; механізм дії опосередкований взаємодією з 30 S-субодиницею бактеріальної рибосоми з наступним блокуванням приєднання тРНК до комплексу рибосома-мРНК та порушенням вбудовування нових амінокислот у поліпептидний ланцюг.

Типова специфічність – специфічність, яка обумовлює різницю серед штамів одного виду мікроорганізмів.

Типування – визначення типу бактерій, тілець крові, клітинних культур тканини тощо.

Токсикоз – інтоксикація, хворобливий стан організму, зумовлений дією екзогенних мікробних токсинів або токсинів ендогенного походження.

Токсини (грец. *toxikon* – отрута) – пептиди і білки мікробного, рослинного та тваринного походження, які утворюються клітинами або тканинами і є токсичними під час дії на організм; за типом дії розрізняють: нейротоксини – блокують передавання нервового імпульсу; цитотоксини – руйнують біомембрани клітин; токсини-інгібітори – пригнічують активність деяких ферментів; токсини-ферменти – каталізують гідроліз білків, нуклеїнових кислот, ліпідів тощо.

Токсичність – властивість деяких хімічних речовин у разі надходження до організму в певних дозах викликати його отруєння (інтоксикацію).

Трансдукція (латин. *transductio* – переміщення) – 1) опосередковане бактеріофагом перенесення генетичного матеріалу (з наступною фенотипічною експресією) від однієї бактерії до іншої; 2) перенесення сигналу в межах структури, наприклад від комплексу мембранного рецептора з лігандом до комплексу ДНК з модифікованим активатором транскрипції.

Транскрипція (латин. *transcripto* – переписую) – перший етап реалізації генетичної інформації в клітині, коли відбувається біосинтез молекули РНК на матриці ДНК.

Трансляція (латин. *translation* – перенесення) – процес, який залучає матричну, транспортну РНК та рибосоми у синтез білка з амінокислот; специфічність синтезу контролюється нуклеотидними послідовностями мРНК; другий етап реалізації генетичної інформації в клітині.

Трансформація – перенесення генетичної інформації за допомогою передавання між бактеріями «голих» фрагментів внутрішньоклітинної ДНК, які виділені донорськими клітинами і поглинаються клітинами-реципієнтами.

Умовно-патогенні мікроорганізми (опортуністичні, потенційно-патогенні) – велика група різнорідних за систематичним положенням мікроорганізмів, які в одних випадках вступають з макроорганізмом у відносини симбіозу, коменсалізму й/або нейтралізму, в інших – у конкурентні відносини, що можуть призвести до розвитку захворювання.

Уніпорт (латин. *unus* – один + *porta* – ворота) – трансмембранне перенесення однієї речовини в одному напрямі за допомогою канальних або транспортних білків.

Фагоцити (грец. *phages* – пожирати, *cytos* – клітини) – спеціалізовані захисні клітини сполучної тканини тварин і людини, що здатні захоплювати й перетравлювати чужорідні частки.

Фагоцитоз – процес активного захоплення та поглинання спеціальними клітинами-фагоцитами (макрофаги, нейтрофіли) великих частинок (мікроорганізмів, уламків клітин тощо), замикання їх у цитоплазматичну вакуоль (фагосому).

Фактор резистентності (R-фактор) – стійкість бактеріальних клітин до одного або кількох антибіотиків у концентраціях, що викликають загибель чутливих клітин; наявність R-фактора у бактеріальних клітинах зумовлена наявністю плазмід, що містять гени, які надають клітинам спадкової стійкості до антибіотиків.

Фактор фертильності (статевий фактор) (латин. *fertilis* – плодючий) – плазміди, що контролюють здатність бактерії до кон'югації та перенесення самих себе або частини генетичного матеріалу клітини-хазяїна з однієї клітини в іншу.

Ферменти (латин. *fermentum* – закваска) – біологічні каталізатори білкової природи, які синтезуються у клітині живих організмів і каталізують хімічні реакції обміну речовин в організмі (метаболізм). Ферменти не руйнуються і не змінюються після завершення реакцій; класифікуються відповідно до рекомендацій Комітету термінології Міжнародної спілки з біохімії; кожному ферменту присвоюють рекомендовану назву та номер комісії з ензимів (ЕС, англ. *Enzyme Commission).*

Фікосфера – специфічна екосфера, яку утворюють екзометаболіти навколо клітин водоростей.

Фітонциди – антимікробні речовини, продуковані рослинними організмами.

Хемолітоавтотрофи – мікроорганізми, які використовують енергію мінеральних сполук для фіксації вуглекислого газу та синтезу мікробної маси.

Хемотаксис (латин. *chemia* – хімія + *taxis* – орієнтація, рух) – спрямований рух бактерій, клітин крові або інших клітин за градієнтом концентрації деяких ендогенних та екзогенних речовин.

Хижацтво – екологічні відносини, за яких одна популяція діє на іншу у формі прямого нападу.

Ценоз (грец. *koinos* – суспільство) – певна біотична спільнота, сукупність мікроорганізмів, які проживають у певних умовах, змінюється в часі і просторі в процесі трансформації субстрату. Характеризується складними трофічними й екологічними зв'язками між популяціями.

Цикл амфіболічний (грец. *amphibolos* – двозначний) – метаболічний шлях, який зв'язує катаболічні й анаболічні шляхи перетворення органічних речовин у клітині, наприклад система циклу трикарбонових кислот.

Цикл гліоксилатний – циклічний ферментативний процес, у якому відбувається послідовне перетворення активної форми оцтової кислоти (ацетил-КоА) через стадію утворення бурштинової та гліоксилової кислот; гліоксилатний цикл є в мікроорганізмах водоростей, вищих рослин.

Цикл Кальвіна – ферментативний процес (темнова реакція під час фотосинтезу у рослин), за якого вуглекислий газ приєднується до п'ятикарбонової молекули цукру, а потім відновлюється до інших цукрів.

Цикл клітинний – цикл біохімічних і морфологічних явищ під час репродукції клітинної популяції; цикл клітинний збігається з мітотичним циклом і складається з чотирьох фаз: пресинтетичний, або постмітотичний G_1 (англ. *grow* – рости, збільшуватися), синтетичний S (англ. *syntesis* – синтез), постсинтетичний, або премітотичний, G_2 і мітоз M; реплікація ДНК відбувається під час S-фази, а поділ клітини – у M-фазі.

Цикл трикарбонових кислот (цикл Кребса, цикл цитринової кислоти) – циклічний ферментативний процес повного окиснення активованої оцтової кислоти (у формі ацетил-КоА) із вивільненням CO_2 та атомів гідрогену, які використовуються для відновлення коферментів нікотинамідаденіндинуклеотиду (НАД) і флавінаденіндинуклеотиду (ФАД).

Цитоплазма – внутрішньоклітинна напіврідка, безбарвна, обмежена протоплазматичною мембраною маса, в якій локалізовані субклітинні структури й присутня гіалоплазма, до складу якої входять органели, клітинні включення та ендоплазматичні сітки; у цитоплазмі відбувається переважна більшість клітинних процесів.

Цитоскелет – комплекс внутрішньоплазматичних білкових волокон (філаментів), мікротрубочок і мікротрабекул, які

визначають форму клітини й переміщення органел з однієї частини клітини в іншу.

Цитотоксичність – ступінь специфічної руйнівної дії речовини на певні клітини або наявність такої дії.

Штам (нім. *stamm)* – культура генетично однорідних мікроорганізмів або вірусів певного виду, що виділена з певного джерела (ґрунту, організму тощо) й має особливі фізіолого-біохімічні властивості.

ДОДАТКИ

Додаток 1

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АГ – антигени
АДФ – аденозиндифосфат
АТФ – аденозинтрифосфат
БГКП – бактерії групи кишкової палички
БПК – біохімічна потреба в кисні
БУО – бляшкоутворювальні одиниці
ВООЗ – Всесвітня організація хорони здоров'я
ГВС – галогеновмісні сполуки
ГДК – гранично допустима концентрація
ГПС – глюкозо-пептонне середовище
ДНК – дезоксирибонуклеїнова кислота
ДНКаза – дезоксирибонуклеаза
ДСТУ – Державний стандарт України
ЗМЧ – загальне мікробне число
К-антиген (К-АГ) – капсульний антиген
КоА – коензим А
КМАФАнМ – кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів
КУО – колонієутворювальна одиниця
ЛПС – ліпополісахарид
МДН – максимально допустиме навантаження
МПА – м'ясо-пептонний агар
МПБ – м'ясо-пептонний бульйон
НАД – нікотинамідаденіндинуклеотид
НАДФ - нікотинамідаденіндинуклеотидфосфат
Н-антиген (Н-АГ) – джгутиковий антиген
НВЧ – найбільш вірогідне число
О-антиген (О-АГ) – соматичний антиген
ОДР – орієнтовно допустимі рівні
ПАР – поверхнево-активні речовини
РНК – рибонуклеїнова кислота
РНКаза – рибонуклеаза
СанПіН – санітарні правила і норми
СПМ – санітарно-показові мікроорганізми
УЗК – ультразвукові коливання
УФО – ультрафіолетове опромінення
ФКП – фекальна кишкова паличка

Додаток 2

ОРГАНІЗАЦІЯ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ

Мікробіологічна лабораторія та її обладнання. Залежно від призначення мікробіологічна лабораторія (навчальна, виробнича, науково-дослідна) складається з кількох приміщень: кімнати для мікроскопічних робіт, біохімічної лабораторії, стерилізаційної, мийної та термостатної кімнат. Усі приміщення мають бути сухі, добре освітлені, оснащені вентиляцією, мати підведення газу, гарячої та холодної води.

Приміщення мікробіологічної лабораторії має виходити вікнами на північ або північний захід, оскільки для мікроскопії потрібне рівне розсіяне світло. Природна освітленість робочого приміщення має відповідати коефіцієнту 1:5. Стіни фарбують олійною фарбою світлих кольорів, підлогу покривають лінолеумом або кахельною плиткою, які легко миються. Стіл для мікроскопа розміщують так, щоб світло падало зліва чи спереду. Поверхню стола покривають пластиком або лінолеумом, що полегшує його миття та дезінфекцію.

У мікробіологічній лабораторії двічі на день проводять вологе прибирання. Підлогу, стіни й меблі періодично пилососять і протирають дезінфікуючими розчинами: 2–3 %-им розчином соди (двовуглекислого натрію), 0,5–3 %-им розчином дегміну, 3–6 %-им розчином пероксиду водню з додаванням 0,5 %-го мийного засобу та ін. Двічі на місяць рекомендується приміщення опромінювати бактерицидними переносними лампами від 30 хв до кількох годин.

Деякі роботи з мікроорганізмами (пересіви чистих культур, виділення мікроорганізмів та ін.) виконують у спеціальному ізольованому приміщенні – боксі площею 3–5 м. Його поділяють на дві частини: робоче приміщення й передбоксник, що виключає різку циркуляцію повітря та занесення мікроорганізмів ззовні. У боксі встановлюють стіл, стільці, газові пальники, підвішують або прикріплюють на висувному кронштейні бактерицидні лампи. Приміщення боксу періодично миють і дезінфікують, перед початком роботи упродовж 30–60 хв опромінюють бактерицидними лампами. Бокси доцільно обладнувати системою припливної вентиляції повітря. Перш ніж потрапити у бокс повітря проходить через систему фільтрів для вилучення мікроорганізмів. У приміщеннях С і Д класів чистоти кратність обміну повітря становить 5–15 обсягів повітря за годину, а максимальна

концентрація життєздатних мікроорганізмів – 100–500 КУО у 1 $м^3$. За відсутності ізольованого боксу можливе використання ламінарних боксів, обладнаних системами постачання стерильного повітря.

Біохімічну лабораторію обладнують хімічними столами, витяжними шафами, технічними та аналітичними вагами, фотоелектроколориметрами, pH-метрами та іншими необхідними приладами, холодильниками, шафами для посуду та хімічних реактивів.

У препараторській кімнаті встановлюють робочі столи, шафи для інструментарію, стерильного посуду, центрифуги, холодильники для зберігання чистих культур, термостати.

В окремій стерилізаційній кімнаті розміщують автоклави для стерилізації поживних середовищ і посуду, сушильні шафи, стерилізатори інструментів.

Мийну кімнату обладнують зручними раковинами з підведенням гарячої та холодної води, стелажами та шафами для сушіння посуду, плитами для приготування поживних середовищ, вагами, дистиляторами води.

У термостатній кімнаті розміщують стелажі для встановлення засіяних колб і пробірок, на спеціальних фундаментах – ротаційні качалки.

У мікробіологічній лабораторії мають бути такі прилади, посуд, матеріали та інвентар:

✓ термостати сухоповітряні або водяні для вирощування мікроорганізмів за постійної заданої температури;

✓ автоклави для стерилізації посуду, поживних середовищ та інших матеріалів насиченою парою під тиском;

✓ сушильні шафи з терморегулятором для сушіння і стерилізації лабораторного посуду, для висушування різних матеріалів до постійної маси;

✓ холодильники для зберігання музейних і робочих культур мікроорганізмів, поживних середовищ, реактивів і розчинів.

Центрифуги, pH-метри, рефрактометри, фотоелектроколориметри, спектрофотометри, фільтри Зейтца та інші бактеріальні фільтри, скляний посуд (пробірки біологічні, чашки Петрі, колби Ерленмейера, плоскодонні, конічні, мірні; піпетки градуйовані, піпетки Мора, пастерівські піпетки з відтягнутим капіляром, крапельниці, бюретки, лійки, циліндри, бюкси, склянки та ін.), інвентар (бактеріологічні петлі та голки, пінцети, ножиці, свердла для пробок, металічні циліндри для

піпеток, штативи, вата, марля для виконання різних мікробіологічних робіт).

Організація робочого місця мікробіолога. У навчальній лабораторії за кожним студентом закріплюється постійне робоче місце і прилади. На лабораторному столі встановлюється освітлювач для мікроскопа, спиртовий або газовий пальник, набір найчастіше вживаних барвників, бактеріологічні петлі та голки, штатив для пробірок, піпетки, предметні та покривні скельця, скляний мостик, ванночка для забарвлення препаратів, бутель з водою, дезінфікуюча рідина, фланелева (марлева) серветка, олівець для скла, імерсійна олія, фільтрувальний папір, нарізаний за розміром предметного скла, сірники.

Мікроскоп розміщують у спеціально обладнаній шафі або зберігають у сейфі.

Робоче місце варто тримати в чистоті. Поверхню стола та рук перед початком і після закінчення роботи треба протирати ватним тампоном, змоченим 1 %-им розчином дегміну, 70 %-им розчином етанолу.

Додаток 3

ОСНОВИ ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС РОБОТИ В МІКРОБІОЛОГІЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ

Правила роботи у мікробіологічній лабораторії. Під час роботи у мікробіологічній лабораторії необхідно дотримуватись таких правил:

1. Не заходити до лабораторії у верхньому одязі, працювати тільки в халаті.
2. Перед початком роботи переконатися в тому, що робочий стіл не захаращений різними предметами.
3. Під час роботи уникати метушні, не відчиняти і не зачиняти двері й вікна, оскільки це спричиняє переміщення повітря і зміну температури у різних частинах приміщення.
4. Дотримуватися чистоти і порядку в лабораторії: не палити, не їсти, не торкатися обличчя немитими руками, не кидати нічого на підлогу. Реактиви варто здавати черговому лаборанту.
5. Після закінчення заняття прибрати своє робоче місце і ретельно вимити руки.
6. Студенти і викладачі повинні зробити запис у спеціальному журналі про проведення інструктажу та ознайомлення з режимом роботи в лабораторії.

Кожен студент повинен працювати на постійному місці, виконувати завдання індивідуально. На робочому місці треба підтримувати зразковий порядок. Особисті речі повинні зберігатися в спеціально відведеному місці.

Правила техніки безпеки у мікробіологічній лабораторії. У мікробіологічній лабораторії необхідно підтримувати певний режим і дотримуватися таких застережних заходів:

1. Працювати у чистих білих халатах і шапочках або хустинках, волосся має бути підібраним. Варто мати індивідуальний рушник або серветки для витирання рук.
2. Пробірки та колби з культурами мікроорганізмів чітко підписувати чорнилом по склу. На склянках або крапельницях з реактивами і розчинами мають бути етикетки.
3. Під час роботи зі спиртівками варто остерігатися займання парів спирту. Не можна запалювати спиртівку від іншої палаючої

спиртівки. Запалювати спиртівку можна лише сірниками, гасити полум'я спеціальними ковпачками.

4. У разі займання ватних пробок на них не можна дмухати, оскільки це посилює горіння. Палаючі ватні пробки треба ввести у пробірки, колби або накрити зверху рушником (тканиною).

5. Мікробна маса не має забруднювати руки, стіл і оточуючі предмети. Петлі та голки після кожного контакту з мікроорганізмами варто прожарювати у полум'ї спиртівки або газового пальника і ставити у спеціальний штатив. У разі випадкового потрапляння мікробного матеріалу на шкіру дослідника або стіл чи підлогу пролиту мікробну завись необхідно знешкодити за допомогою дезінфікуючих засобів.

6. Предметні й покривні скельця, піпетки після роботи помістити у дезінфікуючий розчин, потім ретельно промити у проточній воді. Піпетки після цього простерилізувати.

7. Поверхню твердих середовищ з мікробами у пробірках і чашках Петрі залити дезінфікуючими розчинами, через добу середовище викинути, а посуд промити і простерилізувати. Посуд мити лише в гумових рукавицях.

8. Чітко дотримуватися правил роботи з апаратами, що працюють під тиском, напругою або за високої температури.

9. Категорично забороняється виносити мікробні культури за межі лабораторного приміщення.

10. Необхідно дотримуватися особистої гігієни: ретельно дезінфікувати і мити руки з милом перед вживанням їжі і після закінчення роботи, для цього можна використовувати 1 %-ий розчин дегміну або 70 %-ий розчин етилового спирту.

Усунення наслідків аварій та надання першої допомоги потерпілим у лабораторії. На випадок ліквідації наслідків аварії у мікробіологічній лабораторії має бути аптечка термінової медичної допомоги (далі – аптечка). У ній повинні перебувати: 70 %-ий етиловий спирт, альбуцид, перекис водню, йоду розчин спиртовий, перманганат калію в наважках по 0,05 (3 шт.), наважки дезінфекційних засобів (зберігати окремо), стерильна дистильована вода, набір антибіотиків специфічної дії, очні піпетки, шприц для приготування розчинів антибіотиків, ножиці, напальчники (1–2 на кожного), рукавички гумові, лейкопластир і перев'язувальні матеріали.

Під час аварій та у нещасних випадках, пов'язаних з інфікуванням, отруєнням, пораненням, опіком, постраждалий (особисто або

присутні працівники) зобов'язаний негайно сповістити про це завідувача лабораторії.

У разі необхідності знезаражують:

✓ поверхню підлоги, столу, стільця або приладу, забрудненого заразним матеріалом, – заливають дезінфекційним розчином або накривають серветкою з адсорбуючого матеріалу, рясно змоченою дезінфекційним розчином, яка повністю покриває площу забруднення;

✓ забруднені стіни, бокові поверхні меблів, інвентар, прилади й апарати – багато разів обмивають тампонами, рясно змоченими дезінфікуючими розчинами;

✓ усі забруднені предмети, інструменти і матеріали – занурюють у ємність з дезінфікуючим розчином;

✓ забруднений одяг – знімають і замочують у дезінфікуючому розчині;

✓ забруднене взуття – обмивають тампонами, рясно змоченими дезінфікуючим розчином.

Якщо розбився посуд, в якому містились хімічні речовини, їх варто негайно нейтралізувати, після чого усе прибрати. До проведення перелічених заходів персоналу не дозволяється залишати приміщення без дозволу завідувача лабораторії, якщо подальше перебування в цьому приміщенні не викличе небезпеки для здоров'я:

✓ якщо розлито неотруйні розчини, то достатньо витерти поверхню столу ганчіркою (робити це варто у гумових рукавичках), після чого добре прополоскати ганчірку, промити водою стіл і рукавички;

✓ якщо пролито кислоту, поверхню засипають піском, потім вилучають просочений пісок лопаткою і засипають содою або 2 %-им розчином аміаку і також вилучають, після чого промивають це місце великою кількістю води;

✓ якщо розлито вогненебезпечні рідини, то негайно виключають усі нагрівальні прилади. Місце аварії засипають піском. Забруднений пісок збирають неметалевими совками;

✓ пролиту ртуть необхідно негайно зібрати за допомогою скляної пастки з гумовою грушею. Дрібні крапельки ртуті збирають ганчіркою, змоченою 0,1 %-им розчином марганцевокислого калію з додаванням 5 $см^3$ концентрованої соляної кислоти на 1 $дм^3$ дистильованої води. Рекомендується також застосовувати вологий папір. Краплини ртуті добре прилипають до вологого паперу і можуть бути перенесені разом з ним у банку з водою. Під час збовтування води в

банці, закритій гумовою пробкою, ртуть відділяється від паперу і падає на дно. Крім механічного очищення поверхонь від ртуті, обов'язково застосовують демеркуризацію хімічним способом. Для цього рекомендується користуватися 0,2 %-им розчином марганцевокислого калію, підкисленого соляною кислотою або 20 %-им водним розчином хлорного заліза. Після демеркуризації в приміщенні обов'язково проводиться аналіз повітря на присутність парів ртуті.

У разі загорання електричної проводки або електроприладів їх необхідно негайно відключити і гасити вогонь за допомогою сухого вуглекислотного вогнегасника, ковдри з азбесту або сухим піском, не торкаючись до електропроводів та приладів. У разі виникнення пожежі персонал лабораторії повинен, повідомивши про це адміністрацію, самостійно вжити необхідні заходи для її ліквідації, а саме: негайно зачинити усі вікна, фрамуги, кватирки, виключити електроприлади нагрівальні прилади і вентиляцію, винести з лабораторії горючі рідини, балони зі скрапленими газами, лужні метали і фосфор; застосувати засоби пожежогасіння. Полум'я необхідно гасити такими засобами:

- ✓ лужні метали і фосфор – сухим піском;
- ✓ під час загорання рідин (речовин), що змішуються з водою, або таких, що легко займаються, – вогнегасниками, струменем води, піском, вовняною ковдрою;
- ✓ у разі загорання речовин, які не змішуються з водою, – вуглекислотними вогнегасниками, піском, покривалами, починаючи з країв. Категорично заборонено використовувати воду;
- ✓ палаючі дерев'яні частини – усіма протипожежними засобами.

У разі поранень будь-якого ступеня, отруєннях, опіках постраждалому на місці надають першу допомогу і направляють його до медичної установи. За необхідності на місце викликають лікаря.

Під час забруднення біологічним матеріалом:

- ✓ відкриті ділянки тіла обробляють дезінфекційними розчинами або 70 %-им етиловим спиртом;
- ✓ у процесі потрапляння біологічного матеріалу на слизові оболонки: рот прополіскують 0,5 %-им розчином соди або 0,05 %-им розчином перманганату калію; очі промивають 0,05 %-им розчином перманганату калію або закапують 30 %-им розчином альбуциду; в ніс закапують 30 %-ий розчин альбуциду.

Якщо виявлено порізи, то не варто торкатися до рани руками або сторонніми предметами, шкіру навколо рани змастити розчином йоду, накласти стерильну пов'язку і забинтувати. Якщо рана велика, потерпілого направляють до лікаря.

За термічних опіків уражене місце варто змочити етиловим спиртом або 3–5 %-им розчином марганцевокислого калію і маззю від опіків або 3 %-им розчином свіжовиготовленого таніну. У разі важких опіків повинна бути надана спеціальна медична допомога. Якщо загорівся одяг, варто спочатку загасити полум'я, накинувши вовняну або азбестову ковдру, чи іншим способом, після чого зняти з постраждалого одяг і викликати лікаря. У разі хімічних опіків необхідно видалити зі шкіри речовину, що викликала опік, відповідним розчинником, уражену частину тіла обробити спиртом.

У разі опіків їдкими речовинами, що розчиняються у воді (кислоти, луги), швидко промити місце опіку великою кількістю води (для цього в лабораторії необхідно мати спеціальний гумовий шланг, який легко одягається на кран), потім (у разі опіків кислотою) уражену ділянку шкіри обробити 5 %-им розчином питної соди, а під час потрапляння на шкіру лугів – 4 %-им розчином оцтової або 2 %-им розчином борної кислоти.

У випадку потрапляння в очі кислоти або лугу промити їх струменем води, осушити рушником, після чого звернутися за медичною допомогою.

У разі потрапляння кислот або лугів на одяг негайно нейтралізувати уражену ділянку водним розчином аміаку, соди або кислоти.

Значні поверхні опіку необхідно обмити водою і негайно викликати швидку допомогу.

Під час ураження електричним струмом, якщо людина залишилася в дотику зі струмопровідними частинами, необхідно негайно відключити струм. Якщо неможливо швидко відключити струм, то особа, яка надає допомогу, повинна ізолювати руки гумовими рукавичками, сухою ганчіркою, частиною одягу, стати на гумовий килимок або суху дошку і відокремити постраждалого від струмопровідних частин, користуючись (за можливості) однією рукою. Після звільнення потерпілого від електричного струму йому необхідно надати першу допомогу і, незалежно від його стану, обов'язково викликати лікаря або терміново відвезти потерпілого у лікарню. Якщо потерпілий перебуває у свідомості, але до цього був у непритомному

стані, його необхідно покласти в зручну позу, ні в якому разі не дозволяючи йому рухатися, і до прибуття лікаря забезпечити цілковитий спокій, постійно спостерігаючи за диханням та пульсом. Якщо потерпілий перебуває без свідомості, але зберігає стійке дихання і пульс, його необхідно покласти у зручну позу, розстебнути одяг, створити приплив свіжого повітря, давати нюхати нашатирний спирт, збризнути водою і забезпечити цілковитий спокій, постійно спостерігаючи за диханням і пульсом. Якщо потерпілий дихає рідко і судомно або за відсутності у потерпілого ознак життя (дихання та пульсу), йому необхідно робити штучне дихання та масаж серця.

ОПТИЧНИЙ МІКРОСКОП ТА РОБОТА З НИМ

Будова оптичного мікроскопа. Вивчення морфології та будови клітин мікроорганізмів, розмір яких визначається здебільшого мікрометром (1 мкм = 0,001 мм), можливе лише за допомогою мікроскопів, які забезпечують збільшення досліджуваних об'єктів у сотні (світлові мікроскопи), десятки і навіть сотні тисяч разів (електронні мікроскопи).

Мікроскоп (від гр. *micros* – малий, *scopeo* – дивлюсь) – оптичний прилад, що дає можливість отримати збільшене зображення дрібних предметів та їх деталей. У цьому разі мікроскоп слугує для вивчення живих і вбитих мікроорганізмів (забарвлених і незабарвлених). Найпоширеніші моделі біологічних мікроскопів, які допомагають досліджувати об'єкти у прохідному світлі: МБІ, МБР, «Мікромед», «Біолам» та ін.

Біологічний мікроскоп (рис. 1) складається з двох частин – механічної та оптичної. Механічна частина мікроскопа має штатив, предметний столик, тубус з револьверною головкою, макро- і мікрометричний гвинти.



Рис. 1. Біологічний мікроскоп «Біолам 70»:
1 – дзеркало; 2 – конденсор; 3 – предметний столик; 4 – об'єктив; 5 – револьвер; 6 – окуляр; 7 – тубус; 8 – тубусотримач; 9 – гвинти для переміщення предметного столика; 10, 11 – відповідно, макрометричний і мікрометричний гвинти; 12 – основа штатива

Нижня частина штатива є опорою мікроскопа (12), верхня (у формі дуги) – тубусотримачем (8).

У верхній частині тубусотримача міститься револьвер (5), що обертається навколо своєї осі. У три-чотири отвори нижньої пластики револьвера вгвинчуються об'єктиви (4). Обертанням пластини револьвера будь-який об'єктив можна підвести під тубус, центрування об'єктива по осі мікроскопа чітко фіксується пружиною.

Револьвер має гніздо для кріплення похилого чи вертикального тубуса (7). Похилий тубус можна повернути навколо вертикальної осі в будь-яке зручне положення і закріпити гвинтом. У нижній його частині розміщується призма, яка заломлює оптичну вісь мікроскопа під кутом 45° до горизонтальної площини. У верхній кінець тубуса вкладаються змінні окуляри (6).

Тубусотримач разом з тубусом можна переміщувати по вертикалі на 50 мм за допомогою механізму, змонтованого в основі штатива (12). Механізм приводять у дію обертанням макрометричного (10) і мікрометричного (11) гвинтів. Макрометричний гвинт використовують для швидкого переміщення тубуса в обидва боки (вгору і вниз) по оптичній осі мікроскопа і для початкового грубого наведення на фокус. Один його оберт відповідає лінійному переміщенню тубуса на 1 мм. Мікрометричний гвинт призначений для тонкого фокусування. Повний оберт мікрометричного гвинта переміщує тубус на 0,1 мм. Барабан гвинта розділений на 50 поділок, кожна з них відповідає переміщенню тубуса на 0,002 мм (тобто 2 мкм). Мікрометричний гвинт досить крихкий, тому з ним варто поводитися обережно. Під час обертання гвинта за годинниковою стрілкою тубусотримач мікроскопа (разом з окуляром і об'єктивами) опускається, проти годинникової стрілки – підіймається.

Предметний столик (3) мікроскопа має круглу чи прямокутну форму, в його центрі є отвір для проходження променів, які освітлюють препарат. Столик можна переміщувати в горизонтальній площині за допомогою двох гвинтів (9), розміщених праворуч і ліворуч. Столик має два затискачі для закріплення препарату. Під предметним столиком на штативі закріплено кронштейн конденсора, що переміщується у межах 20 мм за допомогою спеціального гвинта.

Оптична частина мікроскопа складається з освітлювального апарата, об'єктивів і окулярів. Освітлювальний апарат міститься під предметним столиком. Він складається з дзеркала (1) і конденсора (2) з діафрагмою.

Дзеркало зафіксоване на основі штатива, має два боки (увігнутий і плоский) і використовується для спрямування променів світла на препарат. Увігнуте дзеркало збирає і концентрує в площині препарату пучок паралельних променів, що йдуть від джерела світла; у разі денного світла зазвичай використовують плоский бік дзеркала.

Конденсор, закріплений над дзеркалом, складається з двох лінз: верхньої – плоско-опуклої, нижньої – двоопуклої. Плоский бік верхньої лінзи може бути піднятий так, що відстань між конденсором і предметним столиком мікроскопа дорівнюватиме 0,1 мм. Конденсор призначений для збирання паралельних променів, що йдуть від джерела світла і відбиваються дзеркалом, в одній точці – фокусі, яка має бути в площині препарату. Забарвлені мікроорганізми досліджують з піднятим угору конденсором, досягаючи у такий спосіб повного освітлення препарату. Незабарвлені мікроорганізми розглядають з опущеним конденсором: поле зору затемнюється, кут заломлення світлового променю у середовищі та мікроскопічному об'єкті не є однаковим і клітини стають видимими.

Під конденсором містяться ірис-діафрагма і відкидна оправа для світлофільтра. Ірис-діафрагма потрібна для затримання зайвих променів світла і складається із сталевих пелюсток, її отвір можна розширити або звузити за допомогою важеля. Будова ірис-діафрагми нагадує зіницю ока. Якщо використовують забарвлені препарати або розсіяне світло, діафрагму розширюють, а у разі розглядання незабарвлених препаратів та яскравого освітлення її звужують і поліпшують контрастність.

Об'єктив 4 складається із системи шліфованих лінз, склеєних канадським бальзамом і вміщених у металеву оправу. Одне з позначень, які є на оправі, відповідає ступеню власного збільшення об'єктива – 8×, 40× і 90× разів. Робочою лінзою об'єктива є передня – фронтальна. Збільшення об'єктива залежить від її фокусної відстані, і отже, від кривизни. Якщо більша кривизна лінзи, то коротша фокусна відстань і більше збільшення об'єктива. Цю обставину потрібно враховувати у практичній роботі: якщо більше збільшення дає об'єктив, то нижче варто опускати його над площиною препарату; якщо менше збільшення об'єктива, то вище його положення (у разі збільшення 8× відстань від фронтальної лінзи до покривного скла дорівнює 18,2 мм).

Інші лінзи об'єктива (їх може бути 10 і більше) розміщені вище, як і фронтальна. Вони мають різну кривизну поверхні і виготовлені зі скла з різними оптичними властивостями. Ці лінзи називаються

корекційними і призначені не для збільшення, а для отримання більш чіткого зображення.

Зображення, отримане за допомогою лінз, має ряд недоліків – аберацій, найістотнішими з яких бувають сферична та хроматична. За сферичної аберації кожна точка об'єктива має вигляд кружальця, тобто отримане зображення не чітке, а розмите; за хроматичної аберації зображення набуває нового забарвлення, якого в об'єктиві немає.

Об'єктиви, в яких сферична і хроматична аберації скориговані не повністю, називаються ахроматами. Вони містять до шести лінз і дають найчіткіше зображення в центрі. Краї поля зору часто бувають забарвлені в різні кольори спектра. Ахромати поширені завдяки своїй простоті і дешевизні.

Сучасні об'єктиви – апохромати складаються з 10–12 лінз. У них майже в 10 разів менша, ніж у ахроматів, хроматична похибка, а також отримується більш рівномірна чіткість зображення.

У біологічному мікроскопі застосовуються два типи об'єктивів: сухі та імерсійні. Під час роботи із сухими об'єктивами (8× і 40×) між фронтальною лінзою і препаратом міститься повітряний прошарок: імерсійний об'єктив (90×) занурюють у краплю олії, яку наносять на покривне скло. Робота з таким об'єктивом вимагає обережності через досить коротку фокусну відстань його фронтальної лінзи.

Окуляр (6) має дві лінзи: очну (верхню) і збиральну (нижню). Окуляри мають власне збільшення в 5×, 7×, 10×, 12 ×, 15× і 20× разів, яке позначено на їхній оправі. Спеціальні, так звані компенсаційні окуляри використовуються з апохроматами. Вони сконструйовані таким чином, що дають хроматичну похибку, обернену до залишкового хроматизму апохромата, і тому таку, що її компенсує. На оправі компенсаційних окулярів є позначка «Комп.». В окулярі між лінзами є неповна перегородка – діафрагма, яка відсікає крайові промені і робить зображення більш чіткім.

Роздільна здатність неозброєного ока становить 200 мкм, тобто 0,2 мм. Покращити роздільну здатність мікроскопа можна у два способи: освітлюючи об'єкт ще більш короткохвильовими променями світла, наприклад ультрафіолетовими, або збільшуючи апертуру об'єктива і конденсора. Апертура об'єктива збільшується за його імерсії краще в кедровій олії. Апертуру конденсора можна також збільшити до 1,2, вміщуючи імерсійну олію між верхньою лінзою конденсора і нижньою поверхнею предметного скла.

Освітлювач – невід'ємна частина мікроскопа. У багатьох сучасних мікроскопах освітлювальний апарат разом з джерелом світла вмонтований в основу мікроскопа. У мікроскопів інших систем такого пристрою немає, тому в такому разі застосовують спеціальні освітлювачі.

Правила роботи з мікроскопом. Під час користування мікроскопом необхідно дотримуватися таких правил:

1. Оберігати мікроскоп від пилу, водяних парів, летких хімічних речовин, високої температури, зберігати його у футлярі або під скляним ковпаком.

2. Не залишати мікроскоп на сонці, біля запаленого пальника, оскільки може розплавитися канадський бальзам, що склеює лінзи в об'єктивах.

3. Для перенесення мікроскоп потрібно брати лише за ручку (тубусотримач) і тримати його прямо перед собою, не нахиляючи і не опускаючи донизу, оскільки при цьому окуляр може випасти з тубуса.

4. Перед початком роботи очистити від пилу механічну й оптичну частини мікроскопа м'якою сухою ганчіркою. Не торкатися пальцями лінз об'єктива та окуляра. Об'єктиви очищати лише із зовнішнього боку, не можна їх розгвинчувати і розбирати. Забруднені об'єктиви чистити у спеціальних майстернях. Пил з лінз окуляра краще витирати спеціальним пензликом, а потім змоченою в бензині тканиною.

5. Обережно ставитися до мікрометричного гвинта – не обертати його повністю.

6. Обережно працювати з імерсійним об'єктивом: на короткій фокусній відстані можна розчавити покривне скло препарату, що може призвести до появи подряпин на лінзі та зміщення системи лінз в об'єктиві.

7. Після закінчення роботи підняти тубус і зафіксувати об'єктив у зручному положенні, після чого обережно протерти фронтальну лінзу об'єктива м'якою чистою бавовняною тканиною або фланеллю. Особливу увагу варто звернути на імерсійний об'єктив. Якщо олія не витерта або присохла, її витирають тканиною, злегка змоченою в очищеному бензині або розчині спирту.

Додаток 5

ПРИГОТУВАННЯ ТА МІКРОСКОПІЮВАННЯ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ

Підготовка предметних і покривних скелець. Препарати готують на предметних скельцях і накривають зверху покривними. Предметні скельця – це пластинки (76 × 26 мм) з тонкого скла з добре відшліфованими краями і товщиною, що не перевищує 1,2–1,4 мм. Більш товсті скельця порушують фокусування конденсора і знижують чіткість зображення, що ускладнює роботу з імерсійним об'єктивом. Покривні скельця мають такі розміри: 18 × 18, 20 × 20, 18 × 24 мм тощо за товщиною 0,15–0,17 мм. Покривні скельця більшої товщини погіршують якість зображення.

Предметні та покривні скельця мають бути чистими і ретельно знежиреними, що особливо важливо у разі готування фіксованих препаратів. Для перевірки чистоти скла на його поверхню наносять краплю води. Під час достатнього знежирення крапля розтікається рівномірно і не збирається в опуклі пухирці, що повільно висихають. Використані скельця витримують 1–2 год у хромовій суміші (1 л води, 50 г калію дихромату, 100 г технічної сульфатної кислоти), після чого обполіскують теплою водою і спиртом. У повсякденній роботі для вилучення жиру предметні скельця натирають шматочком мила, а потім витирають чистою бавовняною серветкою.

Зберігають чисті предметні скельця в сухому стані або в банках із притертими пробками, заповненими 96 %-им спиртом або сумішшю Никифорова. Виймати скельця варто пінцетом, тому що пальці залишають на їхній поверхні жирні плями. Перед уживанням скельця варто просушити на повітрі або протерти фільтрувальним папером, чистою тканиною. Покривні скельця повинні бути також добре вимиті, висушені і зберігатися в спеціальних коробках або чашках Петрі.

Відбір культури для дослідження. Мікроорганізми в лабораторних умовах вирощують у пробірках, колбах, чашках Петрі на щільному або рідкому поживному середовищі. Для відбору клітин з рідкого середовища використовують стерильні бактеріологічні петлі або піпетки. Мікроорганізми, що виросли на щільному середовищі, беруть петлями або препарувальними голками. Під час відбору

необхідно дотримуватися таких правил, що запобігають забрудненню культури сторонніми мікроорганізмами:

1. Запалюють спиртівку або газовий пальник.

2. Пробірку з вихідною культурою в рідкому середовищі обережно обертають між долонями, а потім поміщають у ліву руку між великим і вказівним пальцями і тримають у похилому положенні. Якщо культура вирощена в щільному середовищі, поверхня з культурою мікроорганізмів має бути оберненою догори і добре видною.

3. Петлю тримають вертикально в полум'ї пальника і прожарюють до почервоніння дріт, потім нахиляють і обпалюють частину тримача, що примикає до неї.

4. Мізинцем і безіменним пальцями правої руки притискають до долоні зовнішню частину ватяної пробки, виймають її з пробірки і тримають у такому положенні, не торкаючись навколишніх предметів.

5. Край відкритої пробірки обпалюють у полум'ї пальника.

6. Обережно вводять стерильну петлю в пробірку з культурою. Щоб не пошкодити клітини на щільному середовищі, петлю спочатку охолоджують, доторкнувшись до внутрішньої поверхні пробірки або поживного середовища, вільного від мікроорганізмів. Легким рухом відбирають невелику кількість мікробної маси або краплю рідини з клітинами. Виймаючи петлю з пробірки, стежать за тим, щоб матеріал не торкався її стінок або країв.

7. Знову обпалюють у полум'ї пальника край пробірки, потім внутрішній кінець ватяної пробки і пробірку закривають. Якщо ватяна пробка займеться, на неї не дмухають і її не кидають, а негайно вводять усередину пробірки і затискають тліючі місця рукою.

8. Пробірку з культурою ставлять у штатив, а відібраний матеріал використовують для приготування препарату.

9. Клітини мікроорганізмів, що залишилися на петлі, спалюють у полум'ї пальника.

Відбір культур мікроорганізмів, що виросли на щільному середовищі в чашці Петрі, виконують у тій самій послідовності: запалюють пальник, стерилізують петлю (або голку), після чого відкривають великим і вказівним пальцями лівої руки кришку чашки Петрі. Уводять стерильну петлю під кришку і торкаються нею поверхні середовища, вільної від колоній. Гаряча петля зумовлює розплавлення середовища. Знімають з поверхні невелику кількість мікробних клітин, кришку чашки негайно закривають. Матеріал на петлі використовують

для приготування препарату або посіву. Прожарювання петлі (голки) знищує клітини, що залишилися на ній. У процесі прожарювання мокрої петлі може відбуватися розбризкування дрібних крапельок рідини разом з мікробними клітинами, тобто утвориться аерозоль. Тому прожарювання петлі починають з ділянки дроту, що передує кільцю. Клітини, що залишилися на петлі, підсихають, тримач переводять у вертикальне положення і прожарюють петлю.

З рідкого середовища мікроорганізми можна відбирати градуйованою або пастерівською піпеткою. Під час використання пастерівської піпетки стерильним пінцетом надломлюють її тонкий запаяний кінець і злегка обпалюють усю піпетку. Стерильні піпетки, загорнені в папір, виймають за верхній кінець, закритий ватяним тампоном. Колбу (пробірку) з рідкою культурою беруть у ліву руку, піпетку – в праву між великим і середнім пальцями, затискаючи її верхній отвір вказівним пальцем. Якщо в піпетці рідини недостатньо, її набирають за допомогою гумової груші. Відібрану пробу використовують для приготування препаратів або посіву в нове поживне середовище. Не можна ставити брудну піпетку у штатив або торкатися нею навколишніх предметів. Її варто негайно опустити в дезінфікуючу рідину (0,5–3 %-ий водний розчин хлораміну або 3–5 %-ий водний розчин фенолу).

Приготування препаратів живих клітин. Живі мікроорганізми можна спостерігати в препаратах «роздавлена» і «висяча крапля». Для приготування препаратів у вигляді ***«роздавленої краплі»*** на середину чистого предметного скла нанести маленьку краплю води, перенести в неї невелику кількість досліджуваних мікроорганізмів, добре перемішати і накрити покривним склом. Якщо досліджувані мікроорганізми ростуть на щільному поживному середовищі, мікробну масу перенести у підготовлену краплю води за допомогою петлі, якщо в рідкому середовищі – суспензію клітин нанести на предметне скло стерильною піпеткою або за допомогою петлі, краплю води на предметне скло можна не наносити. Крапля з досліджуваним матеріалом має бути невеличкою, щоб після притискання її покривним склом з-під останнього не виступала зайва рідина. Зайву рідину видалити фільтрувальним папером. Підготовлений препарат помістити на столик мікроскопа, закрити затискачами. Препарат «роздавлена крапля» допомагає встановити форму, розміри клітин, їх розмноження, рухомість, наявність спор, реакцію клітин на хімічні подразники.

Для приготування препарату ***«висяча крапля»*** невелику краплю суспензії мікроорганізмів нанести на покривне скло, перевернути його краплею донизу і помістити на спеціальне предметне скло із заглибленням у центрі. Краї заглиблення заздалегідь змастити вазеліном. Крапля має висіти вільно, не торкаючись країв і дна заглиблення. Це дозволяє її вивчати впродовж кількох днів, спостерігаючи за ростом і розмноженням мікроорганізмів, утворенням і проростанням спор, рухомістю клітин.

Препарат ***«відбиток»*** готують для вивчення природного розташування в колонії клітин стрептоміцетів і міцеліальних грибів. Зі щільного середовища, на якому мікроорганізми ростуть суцільним газоном у вигляді колоній, вирізають скальпелем невеликий кубик або окрему колонію і переносять на предметне скло. Поверхня з мікроорганізмами має бути обернена догори. Потім прикладають чисте покривне скло, злегка надавлюють на нього петлею або голкою і негайно ж знімають, намагаючись не зрушити убік. Препарат поміщають відбитком вниз у краплю води або в розчин метиленової сині (1:40) на предметному склі і мікроскопують.

Додаток 6

ФАРБУВАННЯ БАКТЕРІЙ ЗА МЕТОДОМ ГРАМА

Одним з прикладів диференціального фарбування бактерій є фарбування за методом Грама. Це один з етапів ідентифікації мікроорганізмів, який ґрунтується на особливості хімічного складу клітинної стінки (грам$^-$, грам$^+$).

Фарбування за Грамом є важливою діагностичною ознакою, яка корелює з багатьма іншими властивостями бактерій. За здатністю забарвлюватися барвниками триметилфенолового ряду, всі бактерії поділяють на дві групи: грампозитивні та грамнегативні. Встановлено, що залежно від хімічного складу (вміст ліпідів, полісахаридів, муреїну, тейхоєвих кислот тощо) та ультраструктури оболонок і мембрани частина бактерій (коки, бацили, мікобактерії, клостридіальні бактерії) зафарбовуються грампозитивно (гр$^+$) – синьо-фіолетове забарвлення, інші (спірили, сальмонели, вібріони, псевдомонади, азотобактер, кишкова паличка) – грамнегативно (гр$^-$) – рожево-червоне забарвлення. Залежно від зазначених факторів у першому випадку спирт не розчиняє сполуку генціан-віолету з розчином Люголя і додатково нанесений фуксин дає фіолетове забарвлення. У другому випадку спирт розчиняє сполуку генціан-віолету з розчином Люголю і препарат фарбується лише фуксином. Це залежить, у першу чергу, від кількості муреїну у клітинній оболонці – грампозитивні містять його до 90 %, грамнегативні – до 10 %.

Як правило, за Грамом забарвлюють клітини молодих, найчастіше добових, культур, оскільки здатність утримувати барвник залежить від фізіологічного стану бактерій. Наприклад, деякі бактерії після припинення активного росту втрачають здатність фарбуватися за Грамом.

Методика фарбування препаратів за Грамом. На фіксований мазок за чергою наносять:

1. Генціан-віолет – на 2 хв (злити залишок фарби).
2. Розчин Люголю – на 2 хв (злити залишок розвину).
3. Етиловий спирт – на 30 с (промивання водою).
4. Фуксин – на 1 хв (промивання водою).

Пофарбований препарат необхідно промокнути з обох боків фільтрувальним папірцем, нанести невелику краплю імерсійної (кедрової) олії та мікроскопувати з об'єктивом 90×.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Основні

1. Бабенюк Ю. Д., Антипчук А. Ф. Мікробіологія: навч. посіб. К.: Університет «Україна», 2010. 149 с.

2. Люта В. А., Кононов О. В. Мікробіологія: підруч. для студ. вищ. мед. навч. закл. I–III рівнів акредитації. К.: Медицина, 2012. 454 с.

3. Люта В. А., Кононов О. В. Мікробіологія з технікою мікробіологічних досліджень, вірусологія та імунологія: підруч. для мед. ВНЗ I–III р.а.; затв. МОЗ. К., 2017. 576 с.

4. Лобань Г. А., Полянська В. П., Звягольська І. М. Мікробіологія, вірусологія та імунологія: посіб. для практ. занять. Полтава: ПУЕТ, 2016. 253.

5. Капрельянц Л. В. та ін. Мікробіологія харчових виробництв: навч. посіб. Херсон: Вид-во «Грінь Д. С.», 2016. 476 с.

6. Пирог Т. П., Решетняк Л. Р., Поводзинський В. М., Грегірчак Н. М. Мікробіологія харчових виробництв: навч. посіб. Вінниця: Нова книга, 2007. 464 с.

7. Пирог Т. П. Загальна мікробіологія: підруч.; 2-е вид., доп. і перероб. К.: НУХТ, 2010. 632 с.

8. Рудавська Г. Б., Голуб Б. О., Мандрика В. І. Мікробіологія: навч. посібник. К.: Київ. нац. торг.-екон. у-т, 2010. 296 с.

9. Рудавська Г. Б., Демкевич Л. І. Мікробіологія: підручник. К.: КНТЕУ, 2015. 406 с.

10. Рудавська Г. Б. Санітарно-гігієнічна експертиза товарів. К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2003. 409 с.

11. Гудзь С. П., Гнатуш С. О., Звір Г. І. Санітарна мікробіологія: підручник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2016. 348 с.

12. Яворська Г. В., Гудзь С. П., Гнатуш С. О. Промислова мікробіологія: навчальний посібник. Львів: Видавничий дім ЛНУ імені Івана Франка, 2009. 256 с.

Додаткові

1. Грегірчак Н. М. Технічна мікробіологія: конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.051701 «Харчові технології та інженерія» денної та заочної форм навчання. К.: НУХТ, 2014. 131 с.

2. Грегірчак. Н. М. Санітарно-гігієнічний контроль виробництв: конспект лекцій з дисципліни «Мікробіологія і санітарно-гігієнічний контроль виробництв» для студентів напряму підготовки 051401 «Біотехнологія» денної та заочної форм навчання. К.: НУХТ, 2011. 175с.

3. Даценко І. І., Денисюк О. Б., Долошицький С. Л., Пластунов Б. А. Загальна гігієна: посібник. Л.: Світ, 2001. 472 с.

4. Малигіна В. Д., Ракша-Слюсарєва О. А., Попова Н. О. Мікробіологія та фізіологія харчування: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів освіти I–IV рівнів акредитації. К.: Кондор-Видавництво, 2018. 312 с.

5. Дикий И. Л., Сидорчук И. И., Холупяк И. Ю. и др. Микробиология: Руководство к лабораторным занятиям: учебное пособие. К.: ИД «Профессионал», 2004. 594 с.

6. Мудрецова-Висс К. А., Кудряшова А. А., Дедюхина В. П. Микробиология, санитария и гигиена. М.: Деловая литература, 2001. 388 с.

Інформаційні інтернет-ресурси

1. Сайт Міжнародної комісії мікробіології харчових продуктів (ICMSF). URL: http://www.icmsf.org/

2. Сайт Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України. URL: http://www.imv.kiev.ua/index.php/ru/

3. Німецька колекція мікроорганізмів та клітинних культур. URL: https://www.dsmz.de/

4. Таксономічний довідник Національного центру біотехнологічної інформації Національної медичної бібліотеки США. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/

5. Українська колекція мікроорганізмів. URL: http://www.imv.kiev.ua/index.php/uk/katalog

Міжнародні видання

1. Шлегель Г. Общая микробиология; перев. 6-го немецкого издания. М.: Мир, 1987; 7th ed.: Cambridge University Press, 1994. 567 с.

2. Brock Biology of Microorganisms; 13th ed.: Benjamin Cummings, 2010.

Навчальне видання

СЕРІЯ «НА ДОПОМОГУ СТУДЕНТУ УДФСУ»

Чорна Тетяна Миколаївна

МІКРОБІОЛОГІЯ

Навчальний посібник

Відповідальний за випуск	*Д. Ф. Салахова*
Редактор	*М. М. Грабарчук*
Форматування та комп'ютерна верстка	*О. В. Лисенко*

Здано до друку 12.02.2020. Формат 60 × 84/16
Папір офсетний № 1. Гарнітура «Times New Roman».
Друк. арк. 23,4.
Тираж 300 примірників. Замовлення № 856.

Підготовлено до друку Видавничо-поліграфічним центром
Університету ДФС України
08205, вул. Університетська, 31, м. Ірпінь, Київська область, Україна

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців, виготовлювачів і
розповсюджувачів видавничої продукції
Серія ДК № 5104 від 20.05.2016