

Лекція № 4.
Тема: Фізіологія мікроорганізмів.

План.

1. Хімічний склад мікроорганізмів.
2. Механізм та типи живлення мікроорганізмів.
3. Дихання мікробів та типи дихання.
4. Ферменти мікробів.
5. Розмноження мікробів.
6. Токсини, агресини, ароматичні речовини, пігменти, світні бактерії.

Література (основна та додаткова):

1. Постой В.П. Епізоотологія з мікробіологією. - К.: Вища школа, 2006. - С. 29 - 34.
2. Чорна Т. М. Мікробіологія : навчальний посібник. – Ірпінь : УДФСУ, 2020. – С. 77 - 93 (Серія «На допомогу студенту УДФСУ»).
3. Супрович Т. «Ветеринарна мікробіологія» навчальний посібник.-Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2022. - С. 21 - 26.
4. Електронний посібник. Епізоотологія з мікробіологією. – Ч.1. НМЦ ВФПО, м. Київ, 2023. [Електронний ресурс].-Режим доступу:
https://epizootologiya.ucoz.net/biblioteka/elektronnij_pidruchnik-chastina_1.pdf
5. Файловий архів студентів [Електронний ресурс].-Режим доступу:
<https://studfile.net/preview/10873153/page:4/>

Мікроорганізмам, як і всім живим істотам, притаманні фізіологічні процеси, в результаті яких вони ростуть і розвиваються, розмножуються, пристосовуються до динамічних умов зовнішнього середовища, максимально зберігаючи власний гомеостаз і постійно еволюціонуючи.

1. Хімічний склад мікроорганізмів. Фізіологічні процеси тісно пов'язані з хімічним складом мікробної клітини. До складу їх входять *елементи-органогени*: Нітроген, Карбон, Оксиген та Гідроген. З них мікроорганізми синтезують білки, вуглеводи, ліпіди, нуклеїнові кислоти, ферменти, вітаміни тощо. До складу мікробної клітини входять також *мікроелементи*: Фосфор, Натрій, Кальцій, Ферум, Калій, Молібден, Купрум, Бор, Кобальт, Манган, Цинк та ін.

Мікробна клітина містить до 75 - 85 % *води*, яка може перебувати у вільному та зв'язаному стані.

Білки представлені протеїнами та протеїдами. Протеїни — прості білки — це молекули поліпептидів, протеїди — складні білки — сполуки протеїнів з небілковими групами: нуклеїновою кислотою (нуклеопротеїди), полісахаридами (глікопротеїди), жирами (ліпопротеїди).

Обов'язковим компонентом мікробної клітини є **нуклеїнові кислоти** — ДНК і РНК, функції яких аналогічні функціям цих компонентів у більш високоорганізованих організмів.

Вуглеводи, найчастіше у вигляді полісахаридних комплексів, входять переважно до складу оболонки мікробної клітини. Завдяки їм формуються за участю білка та інших компонентів стабільні структури на поверхні клітин, що є специфічними рецепторами, які визначають їхні антигенні та нерідко патогенні властивості.

Ліпиди, переважно у вигляді жирних кислот, нейтральних жирів, фосфоліпідів, як правило, у комплексі з іншими компонентами входять до складу різних структур мікробної клітини, забезпечуючи їхні структурну та функціональну стабільність.

Кількість різних хімічних елементів у мікробній клітині відносно стабільна, проте залежить і від вмісту їх у середовищі, в якому вони ростуть і розвиваються.

2. Механізм та типи живлення мікроорганізмів. Обмін речовин у мікроорганізмів здійснюється завдяки процесам асиміляції та дисиміляції. Мікроорганізми отримують із зовнішнього середовища поживні речовини й використовують їх для синтезу певних речовин та добування енергії, необхідних для їхньої життєдіяльності.

Поживні речовини надходять усередину мікробної клітини, проходячи крізь її напівпроникну клітинну стінку та цитоплазматичну мембрану. Так само різні речовини екскретуються з внутрішнього середовища мікробної клітини назовні. Цитоплазматична мембрана є основним елементом клітини, через яку транспортуються поживні речовини та виводяться продукти життєдіяльності.

Механізм надходження поживних речовин у клітину пов'язаний з осмотичним тиском усередині клітини та поза нею. У зв'язку з різницею в концентрації поживних речовин відбувається рух води і розчинених у ній речовин. При цьому вода рухається у бік вищої, а солі — навпаки, нижчої їх концентрації. Такий механізм надходження поживних речовин у мікробну клітину називається **пасивною дифузією**. Він не потребує затрат енергії з боку мікробної клітини. Крім нього існують також інші механізми: полегшена дифузія, активний транспорт та перенесення радикалів.

Транспорт поживних речовин через механізм **полегшеної дифузії** відбувається за участю ферментів пермеаз, які зв'язують молекулу субстрату на поверхні мікробної клітини і транспортують її до внутрішнього шару цитоплазматичної мембрани, де комплекс дисоціює. Подібно до попереднього механізму перенесення речовин у клітину за механізмом полегшеної дифузії не потребує енергії, відрізняючись від нього лише тим, що в цьому процесі беруть участь пермеази. Проте більшість поживних речовин транспортуються всередину клітини мікроорганізму шляхом **активного транспорту**.

Активний транспорт і **транслокація груп** (перенесення радикалів) мають спільні ознаки з полегшеною дифузією: ці процеси відбуваються за участю субстратспецифічних транспортних білків. Проте, на відміну від полегшеної дифузії, активний транспорт потребує затрат енергії. Використовуючи клітинну енергію, речовина може накопичуватись у клітині проти концентраційного градієнта.

Відмінність між механізмами активного транспорту і транслокації груп полягає в тому, що у першому випадку субстрат, поглинений з живильного середовища, надходить у клітину не зміненим, в останньому (транслокації груп) — він у процесі транспортування модифікується, наприклад, відбувається його фосфорилізація.

Перелічені механізми надходження поживних речовин лише частково відтворюють досить складні процеси транспорту їх усередину клітини й свідчать про складність фізіологічних явищ у мікроорганізмів.

Постійне надходження води всередину клітини зумовлює набухання колоїдів цитоплазми, в результаті чого цитоплазма щільно прилягає до оболонки клітини й перебуває у постійному напруженні, так званому *тургорі*.

В умовах, коли осмотичний тиск зовні мікробної клітини зростає, відбувається зневоднення цитоплазми, яка відстає від оболонки й зморщується. При цьому різко порушується процес живлення. Таке явище зветься *плазмолізом*. Якщо ж зовні мікробної клітини концентрація речовин нижча від фізіологічної, бактерійна клітина набухає через те, що вода у надмірній кількості надходить усередину клітини. При цьому оболонка клітини може не витримати тиску і лопнути. Таке явище зветься *плазмолізисом*.

Типи живлення. Залежно від способу засвоєння азоту та вуглецю мікроорганізми поділяють на автотрофи і гетеротрофи. Мікроорганізми, які здатні як основне джерело вуглецю використовувати CO_2 (діоксид карбону), називають *автотрофами*, а таких, основним джерелом цього компонента для яких є органічна речовина, — *гетеротрофами*.

Останні залежно від джерела вуглецю поділяють на *метатрофи* та *паратрофи*. Метатрофи черпають вуглець з мертвих органічних решток, а паратрофи — з живих організмів. Перші є *сапрофітами*, останні — *паразитами*. Проте такий поділ є досить умовним. Так, окремі паразити (серед них патогенні види) можуть існувати як сапрофіти, і навпаки. Нерідко сапрофіти при потраплянні в організм спричиняють захворювання.

Процес живлення потребує використання енергії. Залежно від її джерела всі організми поділяють на два типи: *фототрофи* — фото-синтезуючі (використовують енергію світла) та *хемотрофи* (використовують енергію, що вивільнюється в результаті хімічних реакцій).

Бактерії потребують різноманітних поживних речовин, включаючи азот, вуглець, мінеральні речовини, вітаміни. Вуглець мікроорганізми отримують з вуглеводів, спиртів, різних органічних кислот. Як основне джерело вуглецю в живильних середовищах використовують пептон.

Мікроорганізми потребують також амінокислот. Спочатку під впливом мікробних ферментів білки розщеплюються до амінокислот. Останні транспортуються всередину клітини, де можуть зазнавати подальшої модифікації (дезамінування, декарбоксилування).

Поряд з цим спостерігається і зворотний процес — синтез амінокислот з простих елементів та подальше формування поліпептидів. Поліпептиди — білкові молекули — синтезуються у рибосомах мікробних клітин. Механізм їх синтезу аналогічний характеру цього процесу у вищих організмів. На матриці

ДНК за допомогою ферменту синтезується інформаційна РНК, яка транспортується в рибосому і виконує функцію матриці, на якій формується поліпептидний ланцюг, що складається з амінокислот. Сформований поліпептид у подальшому використовується мікробною клітиною як пластичний чи енергетичний матеріал.

Розщеплення вуглеводів здійснюється також за допомогою ферментів. Моносахариди, що утворюються при цьому, у подальшому зазнають бродіння, в результаті якого вивільнюється енергія, що використовується мікроорганізмом. Кінцеві продукти такого розпаду — вода і вуглекислий газ. Мікробна клітина може синтезувати вуглеводи завдяки фотосинтезу або хемосинтезу, що залежить від виду мікроорганізму.

3. Дихання мікробів та типи дихання. Дихання — це окисно-відновні процеси, що супроводжуються виділенням енергії. У цьому складному процесі беруть участь багато ферментів, що каталізують перенесення електронів від системи з найбільшим негативним потенціалом до системи з найвищим позитивним потенціалом. Донорами електронів можуть бути як органічні, так і неорганічні сполуки. Якщо кінцевим акцептором електронів є молекулярний кисень, тоді такий тип дихання називають *аеробним*, а мікроорганізм — *аеробом*. Якщо ж кінцевий акцептор електрона утворюється за рахунок самого субстрату, тоді таке дихання називають *анаеробним*, або *бродінням*. Отже, бродіння — це енергетичний процес, за якого органічні сполуки є як донорами, так і акцепторами електронів.

Між аеробами та анаеробами існують і проміжні форми мікроорганізмів, зокрема *факультативні анаероби*, *мікроаерофіли*. На відміну від облігатних (абсолютних) анаеробів, факультативні анаероби можуть рости як в анаеробних, так і в аеробних умовах. Мікроаерофіли потребують у процесі культивування мізерної кількості атмосферного кисню (не більш як 10 %).

4. Ферменти мікробів. Усі реакції в процесі життєдіяльності мікроорганізмів відбуваються за участю ферментів, каталізаторів різноманітних біохімічних реакцій. Більшість ферментів — білки, деякі є сполукою білка з металом. Вони надзвичайно активні й специфічні. Ферменти легко руйнуються під дією температури, кислот, лугів, солей тяжких металів.

Розрізняють *екзоферменти*, що виділяються мікробною клітиною назовні, та *ендоферменти*, які знаходяться і діють усередині клітини. Завдяки екзоферментам мікроорганізми розщеплюють складні сполуки (наприклад, білки), що знаходяться поза мікробною клітиною, до простіших, які можуть бути засвоєними.

Є ферменти, що містяться у мікробній клітині постійно, їх називають *конструктивними ферментами*. Проте деякі ферменти з'являються лише тоді, коли є відповідний їм субстрат (у живильному середовищі). Такі ферменти звуться *адаптивними (індуктивними)*.

Лише завдяки участі ферментів можливе живлення, дихання та розмноження мікроорганізмів.

5. Розмноження мікробів. Досягнувши індивідуальних розмірів та фізіологічної зрілості, мікробна клітина починає розмножуватись. Бактерії розмножуються прямим поперечним поділом, гриби — за допомогою спороутворення. У дріжджів крім спороутворення спостерігається також розмноження брунькуванням. У деяких мікроорганізмів, зокрема у мікоплазм і хламідій, процес розмноження складніший, проходить складний цикл морфологічних перетворень. Здебільшого у мікроорганізмів розмноження позастатеве, проте іноді спостерігається і статеве розмноження.

Поділ мікробної клітини не завершується утворенням рівноцінних клітин, а полягає у відділенні дочірньої від материнської. Дочірня клітина згодом сама стає материнською і від неї відділяється дочірня клітина.

Розмноження бактерій — надзвичайно інтенсивний процес. За наявності оптимальних умов мікробна клітина ділиться через кожні 15-30 хв. Швидкість розмноження залежить від виду мікроорганізму та умов його культивування.

Під час розмноження їх на штучних живильних середовищах спостерігається кілька фаз: *лаг-фаза* (фаза затримки росту), під час якої мікроорганізми не розмножуються, адаптуються до умов середовища (триває 1-2 год), потім спостерігається швидке розмноження їх — експоненціальна фаза (*фаза логарифмічного росту*), за нею настає *стаціонарна фаза*, коли крива росту сягає максимуму і залишається паралельною осі абсцис, і, нарешті, *фаза старіння*, або *стадія відмирання* мікроорганізмів, під час якої клітини не розмножуються, старіють і відмирають.

Знаючи причини, що призводять до припинення розмноження і старіння мікроорганізмів, можна регулювати тривалість фази логарифмічного їх росту. Такими причинами є виснаження та закисання живильного середовища, накопичення продуктів життєдіяльності мікроорганізму. Розроблено технології тривалого культивування мікроорганізмів у спеціальних реакторах, де можна регулювати процес культивування та вносити необхідні корективи до складу середовища, показника рН та ін., забезпечуючи впродовж тривалого часу оптимальні умови для росту і розмноження мікроорганізмів.

Живильні середовища. В умовах лабораторій для культивування мікроорганізмів використовують живильні середовища. Нині запропоновано десятки різноманітних живильних середовищ, їх поділяють на прості (м'ясо-пептонний агар (МПА) і м'ясо-пептонний бульйон (МПБ), спеціальні (кров'яний агар для культивування анаеробів), диференційно-діагностичні (середовище Ендо для диференціації ешерихій від сальмонел), селективні (середовища, які забезпечують ріст одних видів, пригнічуючи ріст інших). За походженням розрізняють середовища природні (молоко, картопля, кров'яна сироватка) та штучні (МПА, МПБ), за консистенцією — рідкі, щільні, напіврідкі. На поверхні щільного середовища бактерії ростуть, утворюючи колонії. Вони різні у різних видів бактерій. Розглядаючи колонії, що вирости, можна часто зорієнтуватись щодо виду мікроорганізму (якщо він невідомий). У рідкому середовищі ріст бактерій характеризується утворенням поверхневої плівки, осаду та помутнінням рідини.

Культивують мікроорганізми під час діагностики інфекційної хвороби, а також у процесі отримання різноманітних біологічних препаратів (вакцин, пробіотиків).

6.Токсини, агресини, ароматичні речовини, пігменти, світні бактерії.

Патогенні мікроби в процесі своєї життєдіяльності виробляють особливі отруйні речовини – токсини і агресини, дія яких спричиняє хворобливий стан тварин і людини. Розрізняють екзотоксини – отруйні речовини, що виділяються мікробами на зовні та ендотоксини, які тісно пов'язані з мікробною клітиною і вивільняються лише з розпадом її. Специфічною властивістю токсинів є те що вони спричиняють певні захворювання (правцевий токсин – правець; ботуліністичний токсин – ботулізм).

Токсини. Патогенні мікроби в процесі своєї життєдіяльності виробляють особливі отруйні речовини - токсини, дій яких спричинює хворобливий стан тварин і людини. Розрізняють екзотоксини — отруйні речовини, що виділяються мікробами назовні, та ендотоксини, які тісно зв'язані з мікробною клітиною і вивільняються лише з розпадом її. Специфічною властивістю токсинів є те, що вони спричинюють певні захворювання (правцевий токсин — правець, токсин ботулізму — ботулізм та ін.).

Агресини (від лат. *aggressio*— напад) — продукти життєдіяльності хвороботворних мікроорганізмів, які забезпечують інвазію патогенних мікроорганізмів, їхнє розмноження і поширення в організмі.

До агресинів належать речовини полісахаридної або білкової природи. Це переважно поверхневі речовини бактеріальної клітини, але іноді до агресинів відносять також мікробні ферменти і токсини. Агресини виділяються внаслідок життєдіяльності або під час розпаду патогенних мікроорганізмів, легко відокремлюються від бактеріальної клітини, добре розчиняються в рідинах організму і поширюються по ньому. Агресини знижують ефективність захоплення і перетравлення мікроорганізмів фагоцитами, посилюють вірулентність мікроорганізму, взаємодіють із захисними факторами організму хазяїна, пригнічуючи міграцію фагоцитів у вогнище запалення і знижуючи ефективність захоплення й перетравлення мікроорганізмів фагоцитами, ушкоджуючи фагоцитарні клітини аж до їх повного руйнування.

Пігменти. Деякі види мікробів утворюють пігменти різних кольорів. Наприклад, червоний пігмент утворює в культурі чудова паличка (*Bact. prodigiosum*), синій пігмент - синьогнійна паличка (*Bact. pyocyaneum*), жовтий — стафілококи, сарцини та ін., фіолетовий пігмент - *Chromobacterium violaceum*, чорні й бурі пігменти — деякі дріжджі та гриби - *Stachybotrys alternans* і т. д.

Світіння мікробів. Окремі мікроорганізми мають здатність до світіння — фосфоресценції. Вони дуже поширені і зумовлюють світіння трухлявого дерева, риби, м'ясних туш, морської води та інших об'єктів. Описані десятки коків, паличок та вібріонів, що світяться.

У складеному в бурти гною розвивається висока температура (60 - 75 °С). Це явище є наслідком життєдіяльності термогенних мікробів і широко використовується у ветеринарній практиці для біотермічного знезараження гною при інфекційних захворюваннях тварин і птиці.

Ароматичні мікроби. Деякі види мікроорганізмів - у процесі життєдіяльності виділяють ароматичні речовини – складні ефіри. Їх нерідко використовують для надання приємного запаху нішам та деяким харчовим продуктам, особливо маслу.

Запитання для самоконтролю:

1. Опишіть будову прокаріотної мікробної клітини.
2. Розкажіть про капсуло- та спороутворення у мікроорганізмів.
3. Які ферменти мікробів ви знаєте і яке вони мають практичне значення?
4. Опишіть будову мікроскопа і правила роботи з ним.
5. Наведіть сучасні живильні середовища і методики їх приготування.

ВПЛИВ НА МІКРООРГАНІЗМИ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ І БІОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ

Ріст і розмноження мікроорганізмів відбуваються під постійним впливом умов зовнішнього середовища. Якщо вони оптимальні — закономірно спостерігаються притаманні певному виду фізіологічні процеси, і, навпаки, ріст і розмноження мікроорганізмів можуть гальмуватись, призупинятись у разі впливу на них різних несприятливих чинників. Останні можуть зумовити також загибель мікроорганізму. Чинники, що виявляють вплив на мікроорганізми, можна поділити на фізичні, хімічні та біологічні.

Вплив фізичних чинників. На мікроорганізми чинять вплив температура, вологість, осмотичний тиск, енергія випромінювання, струм, механічне струшування, тиск.

Дія температури. Температура має надзвичайно великий вплив на ріст і розвиток мікроорганізмів. Для кожного виду розрізняють оптимальний, мінімальний та максимальний температурні показники. *Оптимальна температура* забезпечує прояв фізіологічних процесів у мікроорганізмі на належному рівні. Він росте і розмножується (зрозуміло, що за наявності інших необхідних чинників та умов: поживних речовин, рН тощо). *Мінімальна температура* — це температура, нижче від якої ріст і розмноження мікроорганізмів призупиняються. *Максимальна температура* є температурною межею, вище за яку ріст і розмноження мікроорганізмів неможливі.

Для різних видів мікроорганізмів ці показники неоднакові. Залежно від температурного оптимуму мікроорганізми поділяють на такі фізіологічні групи: психрофіли, мезофіли та термофіли (табл. 1).

Таблиця 1. Температурні параметри для різних фізіологічних груп мікроорганізмів

Фізіологічна група мікроорганізмів	Температура, °C		
	оптимальна	мінімальна	максимальна
Психрофіли	10-35	-7-0	30-40
Мезофіли	25-35	10	40-45
Термофіли	40-70	20-45	55-84

Усі мікроорганізми — представники нормальної мікрофлори тваринного організму та більшість патогенних видів є мезофілами. Психрофіли представлені переважно сапрофітами. Вони трапляються на поверхні рослин, у воді та ґрунті. Психрофіли — постійні мешканці північних морів, могильників.

Термофільні мікроорганізми трапляються у теплих мінеральних джерелах, воді й ґрунті, на рослинах та у травному каналі. Завдяки розмноженню термофілів відбувається знешкодження гною (біотермічне знезараження), нагрівання зеленої маси, вологого сіна, зерна. Такі мікроорганізми називають ще *термогенними*.

Вплив низьких (нижчих за мінімальні) температур на мікроорганізми. За низьких температур сповільнюються, а потім і зовсім припиняються обмінні процеси у мікроорганізмах, у результаті чого припиняється їх ріст і розмноження. Більшість мікроорганізмів добре переносять низькі температури. Так, за температури рідкого кисню (-253 °C) спори багатьох бацил і клостридій не гинуть упродовж кількох діб. За температури -190 °C збудники туберкульозу залишаються життєздатними впродовж 8 діб. Вірус грипу не знижує вірулентних властивостей при -70 °C впродовж року.

Вплив високих температур За температури, вищої за максимальну, обмінні процеси у мікробних клітинах різко знижуються. З підвищенням

температури відбуваються незворотні явища, пов'язані з коагуляцією білків, і мікроорганізми втрачають життєздатність. Терmostійкість мікроорганізмів залежить від їх виду, фізіологічного стану, середовища, в якому вони знаходяться. Так, спори значно стійкіші до впливу температури порівняно з вегетативними клітинами, мікроорганізми у вологому середовищі чутливіші до нагрівання, ніж у сухому, і т. д. Більшість неспоруютьвальних бактерій та бацил і клостридій у вегетативній формі гинуть при 60 - 70 °С, тоді як спори витримують кип'ятіння іноді впродовж кількох годин.

Високі температури використовують у практиці ветеринарної медицини для знезараження хірургічних інструментів, позбавлення від мікроорганізмів живильних середовищ, різних матеріалів та продуктів.

Існує два варіанти застосування високої температури: пастеризація та стерилізація.

Пастеризація — це одноразове прогрівання за температури 63 -70 °С (експозиція від кількох секунд до 30 хв). Під час пастеризації гинуть лише вегетативні форми бактерій, а спори залишаються життєздатними. Для того щоб вони не проросли, продукт охолоджують.

Стерилізація (знепліднення) — процедура, що забезпечує знищення всіх живих істот у матеріалі (на предметах), які стерилізують. Існують різні методи стерилізації. Найефективнішою є стерилізація в автоклаві, парою під тиском (температура =105 - 134 °С) упродовж 20 - 40 хв.

Вплив висушування. У мікроорганізмів, так само, як і в усіх інших живих істот, фізіологічні процеси без води неможливі. У міру висушування в них спочатку гальмуються, а потім призупиняються обмінні процеси і бактерії можуть загинути внаслідок зневоднення цитоплазми, денатурації білків. Більш стійкі до висушування стафілококи порівняно з пастерелами, лептоспірами, збудником сапу. Спори порівняно з вегетативними клітинами переносять висушування значно довше.

Бактерії значно легше витримують висушування за наявності білка (у молоці, кров'яній сироватці тощо).

Висушування застосовують з метою консервування продуктів тваринного чи рослинного походження. Розроблено методику так званого ліофільного висушування (**ліофілізація**), суть якої полягає в тому, що вологу відбирають у попередньо заморожених істот (за допомогою вакууму). Висушені ліофілізацією бактерії за звичайних умов зберігаються тривалий час.

Вплив осмотичного тиску. Осмотичний тиск середовища пов'язаний з концентрацією розчинених у воді речовин. Бактерії пристосувались до існування за нормального осмотичного показника, якому відповідає наявність мінеральних речовин, еквівалентна вмісту 0,9 % кухонної солі.

Підвищення концентрації розчинних речовин призводить до підвищення (гіпертонічний розчин), а зниження — до зменшення (гіпотонічний розчин) осмотичного тиску. Багато видів бактерій дуже чутливі до підвищення осмотичного тиску. Наявність підвищених концентрацій солей у навколишньому просторі призводить до зневоднення цитоплазми мікробної

клітини, вона припиняє розмножуватись і може загинути. За наявності у середовищі понад

1 - 2 % кухонної солі в клітинах різко гальмуються фізіологічні процеси, а при 6 - 8 % — у більшості мікроорганізмів повністю припиняється розмноження.

Поряд з осмочутливими трапляються осмотолерантні види бактерій, які можуть існувати за наявності підвищеної концентрації солей у середовищі, що їх оточує (вміст солі та цукру до 8 - 10%) і тривалий час не гинуть навіть за концентрації їх близько 20 %. Існують також мікроорганізми, котрі активно розмножуються лише за наявності підвищеної концентрації солей (осмофільні бактерії). До них належать мікроорганізми, що мешкають у солоних морях і озерах.

Вплив атмосферного тиску, механічного струшування та ультразвуку.

Мікроорганізми надзвичайно стійкі до високого атмосферного тиску. Так, глибоководні мікроорганізми живуть і розмножуються в умовах, коли атмосферний тиск сягає 300 МПа. Проте вони чутливі до інтенсивного механічного струшування. Завдяки руху води в природних джерелах вона значною мірою звільняється від мікроорганізмів.

Використовуючи ультразвук, за якого частота коливання хвиль перевищує 20 тис. Гц, можна простерилізувати воду чи будь-який інший субстрат. Під впливом ультразвуку в цитоплазмі клітин утворюється кавітаційна порожнина (пухирець), заповнений паром рідини, де надзвичайно високий атмосферний тиск, що зумовлює руйнування цитоплазматичних структур і загибель мікробної клітини. Стійкість бактерій до ультразвуку різна. Виявилось, що чим дрібніші бактерії, тим вони менш чутливі до ультразвуку. Нині ультразвук використовують для руйнування клітин під час виготовлення вакцин, вивільнення ферментів, токсинів, нуклеїнових кислот та ін.

Електромагнітне випромінювання надвисокої частоти (НВЧ)

зумовлює загибель мікроорганізмів. Клітини гинуть у результаті селективного виділення теплоти безпосередньо в мікробній клітині, завдяки так званій тепломеханічній дії.

Променева енергія — це енергія, що поширюється в просторі у вигляді електромагнітних хвиль. Найбільший вплив на мікроорганізми виявляють світлова енергія (сонячне випромінювання) та йонізуюче випромінювання (рентгенівське, гамма-випромінювання, альфа- й бета-частинки).

Сонячного світла потребують лише фотобактерії, на інші воно виявляє згубну дію. Пряме сонячне світло чинить бактерицидну дію. Більшість видів мікроорганізмів гине під його впливом упродовж кількох годин. Бактерицидна дія зумовлена ультрафіолетовим та короткохвильовим синім випромінюванням. Найбільш виразною бактерицидною активністю характеризується ультрафіолетове випромінювання з довжиною хвилі 200 - 300 нм.

Рентгенівське випромінювання у малих дозах стимулює розвиток і розмноження мікроорганізмів, у великій – вбиває їх. Проте трапляються мікроорганізми, надзвичайно стійкі до йонізуючої радіації. Серед них є такі, що розвиваються в умовах ядерних реакторів.

Продукти розпаду ядер — альфа, бета- і гамма-частинки також впливають на мікроорганізми. Згубна дія їх пов'язана з тим, що вони здатні проникати у клітини та йонізувати їх вміст, у результаті чого руйнуються молекулярні структури. Дуже малі дози цих випромінювань стимулюють ріст і розмноження бактерій, великі — навпаки, вбивають їх. Загалом мікроорганізми порівняно з людиною й тваринами значно резистентніші до йонізуючої радіації. Смертельна для мікроорганізмів доза у сотні тисяч разів перевищує смертельну дозу для людини. Бактерицидну дію ядерного випромінювання використовують для стерилізації біологічних препаратів та харчових продуктів.

Вплив хімічних речовин. На ріст і розмноження мікроорганізмів постійний вплив чинять різні хімічні чинники, основними з яких є рН середовища та різноманітні речовини з антимікробною дією.

Показник рН середовища. Співвідношення йонів H^+ та OH^- у середовищі істотно впливає на ріст і розмноження мікроорганізмів. Оптимальним для більшості бактерій є нейтральне або слабколужне середовище ($pH = 7,0 - 7,4$). Більшість грибів добре росте в межах $pH = 1,0 - 11,0$. Йони Гідрогену змінюють електропотенціал колоїдів клітинної оболонки мікроорганізму, що призводить до порушення в ньому нормального обміну речовин. Тому в процесі культивування мікроорганізмів готують штучні живильні середовища з потрібним показником рН, який для різних видів має конкретне значення.

Хімічні речовини з антимікробною дією. Існує значна кількість неорганічних і органічних речовин, які негативно впливають на мікроорганізми. За механізмом дії на мікроорганізми хімічні речовини прийнято поділяти на поверхнево-активні речовини, барвники, феноли, солі важких металів, окисники та групу формальдегіду.

Поверхнево-активні речовини спричиняють порушення функції клітинної стінки й цитоплазматичної мембрани. До них належать детергенти, жирні кислоти і мила.

Солі важких металів (срібло, цинк, мідь та ін.) спричиняють коагуляцію білків мікробної клітини. Вони можуть діяти й у надзвичайно малих концентраціях — олігодинамічна дія. У цьому випадку позитивно заряджені йони металу адсорбуються на негативно зарядженій поверхні бактерії, змінюючи проникність цитоплазматичної її мембрани, що призводить до порушень живлення і розмноження мікроорганізму.

Окисники діють переважно на сульфгідрильні групи активних білків.

Формалін (40%-й розчин формальдегіду) приєднується до аміногруп білків і зумовлює їх денатурацію. Органічні спирти, діетиловий ефір, ацетон руйнують поліпептидну оболонку мікробної клітини. Луги та неорганічні кислоти гідролізують білки клітини. Ціаністи сполуки, діоксид карбону і сірководень інактивують клітинні ферменти.

Хімічні речовини широко використовують з метою дезінфекції приміщень, знешкодження матеріалів, що містять різні патогени.

Для того щоб та чи інша речовина згубно подіяла на мікроорганізми, слід дотримуватись попередньо розроблених методик (інструкцій) щодо їх застосування. Важливими обставинами, що впливають на характер дії речовин,

є концентрація, експозиція, температура розчину. Слід мати на увазі, що різні види бактерій (вірусів, грибів) характеризуються вибірковою чутливістю до різних хімічних речовин. Спори значно резистентніші до них порівняно з вегетативними клітинами. Важливо також пам'ятати, що тривале застосування одного й того самого препарату з метою дезінфекції у певному приміщенні може призводити до селекції резистентних форм. У цьому випадку доводиться замінювати речовину або підвищувати її концентрацію та експозицію.

Вплив біологічних чинників. На ріст і розмноження мікроорганізмів можуть впливати біологічні чинники. До них належать: мікроорганізми, макроорганізми, бактеріофаги, антибіотики.

Мікроорганізми. Мікроби є складовою так званого біоценозу — сукупності живих істот, що мешкають у певному середовищі з приблизно однотипними умовами. При цьому між різними видами мікроорганізмів, між мікро- та макроорганізмами спостерігаються певні взаємовідносини, що можуть мати різний характер. Так, взаємини поміж мікроорганізмами та макроорганізмом можуть виявлятися у вигляді симбіозу, коменсалізму, паразитизму, метабіозу та антагонізму.

Антибіотики — це хімічні речовини біологічного походження, що характеризуються бактеріостатичною чи бактерицидною дією на мікроорганізми. Залежно від продуцента розрізняють антибіотики мікробного походження (стрептоміцин, тетрациклін, неоміцин та ін.), антибіотики тваринного походження (лізоцим, екмолін) і антибіотики рослинного походження (іманін, рафанін та ін.). Розроблені також напівсинтетичні препарати антибіотиків.

Розрізняють антибіотики з вузьким і широким спектром дії. Перші впливають на обмежену кількість збудників (наприклад, лише на грампозитивні бактерії), решта — на широке їх коло (на грампозитивні й грамнегативні бактерії).

В основі механізму дії антибіотиків лежить здатність їх вражати певні ферментні системи, що призводить до порушення обміну речовин. Ці порушення можуть бути фатальними для мікробної клітини, і вона загине (бактерицидна дія антибіотика), або ж призупиниться її ріст і розмноження (бактеріостатична дія). Слід знати, що чутливість до антибіотика може бути пов'язана з видовою й штамовою належністю мікроорганізму, пам'ятати, що може розвинутися звикання їх до певних антибіотиків, особливо у разі, коли порушуються правила його застосування (не витримується доза, тривалість дії тощо).

ФІЗІОЛОГІЯ МІКРООРГАНІЗМІВ.

Хімічний склад та живлення мікробів. У кожному живому організмі, в тому числі й у мікробів, постійно відбувається обмін речовин з навколишнім середовищем. Для існування мікроорганізмів потрібні певні умови і в першу чергу живильне середовище, з якого мікроорганізми будують своє тіло і внаслідок окислення живильних речовин дістають потрібну для них енергію.

До складу мікробної клітини входить у великій кількості вода (80—85 %) і 15—20 % сухих речовин. В сухій речовині мікробних клітин містяться так звані

органогени — вуглець, азот, водень та кисень, з яких утворюються складні органічні сполуки, що становлять 90—97 % всієї сухої речовини мікробної клітини. Крім названих елементів, у мікробній клітині є фосфор, калій, натрій, магній, кальцій, сірка, залізо, іноді в незначній кількості мідь, цинк, марганець, кобальт, молібден, а також вітаміни та інші елементи і сполуки, що мають велике значення в обміні речовин клітини. Є мікроби, здатні використовувати для живлення нафту, гас, парафін, мило та ін.

За способом живлення (конструктивним обміном) мікроорганізми поділяють на дві основні групи: автотрофи і гетеротрофи.

Автотрофи (від грецьк. *авто* — сам, *трофео* — живлю) використовують вуглець з вуглекислоти повітря або карбонатів, азот — з атмосфери, аміаку або інших неорганічних сполук азоту, а інші елементи — з навколишнього середовища. За рахунок цих простих сполук вони синтезують свої білки, ліпіди, вуглеводи, вітаміни, ферменти, цитоплазму, клітинні структури та нуклеїнові кислоти.

Гетеротрофи (від грецьк. *гетеро* — інший, *трофео* — живлю) — найчисленніша група мікроорганізмів, що використовує вуглець з органічних сполук, а азот — з нативного білка, амінокислот, неорганічних сполук азоту та з повітря.

Гетеротрофи в свою чергу поділяються на *метатрофи*, або сапрофіти, що живуть за рахунок неживих органічних речовин (гнильні мікроби), та *паратрофи*, які використовують для живлення живий білок, паразитуючи у живих тканинах тварин і рослин. Збудники інфекційних хвороб належать до паратрофів.

Основу механізму живлення гетеротрофів становить осмотичний тиск. Через напівпроникну оболонку із зовнішнього середовища до мікробної клітини надходить вода і розчинені в ній живильні речовини, через неї ж частково виділяються непотрібні метаболіти. У мікробній клітині синтезуються білки та інші речовини, які й зумовлюють її життєздатність.

Мікробні клітини здатні пристосовуватися до навколишнього середовища і залежно від цього можуть змінювати до певної міри тип живлення.

Дихання мікробів. Дихання у бактерій — це складний процес окислення різних, здебільшого органічних, сполук, що супроводиться виділенням теплової енергії. Мікроорганізми здійснюють найрізноманітніші окислювальні процеси з допомогою різних, ферментів, що активують як окислені субстрати, так і молекулярний кисень (М. В. Федоров).

Залежно від способу забезпечення киснем мікробів умовно поділяють на аеробних та анаеробних.

Аеробні мікроби для окислювальних процесів використовують кисень повітря. Анаеробні забезпечують себе киснем в результаті розщеплення органічних сполук. Для деяких анаеробів кисень повітря навіть шкідливий (облігатні анаероби).

В свою чергу аероби умовно поділяють на облігатні, які добре розвиваються при вільному доступі кисню повітря, та мікроаерофіли, що розвиваються при незначній кількості кисню.

Анаероби умовно поділяють на облігатні, що живуть тільки при відсутності кисню повітря, та факультативні, які здатні розмножуватись і в аеробних умовах.

Ферменти мікробів. Біохімічні процеси, що відбуваються в мікробних клітинах, а також у навколишньому середовищі, зумовлюються наявністю особливих речовин — ферментів (ензимів). Ферменти беруть участь в розщепленні і синтезі речовин, причому той самий фермент, залежно від умов, може брати участь у процесах протилежного характеру. Ферменти специфічні, виявляють свої властивості по відношенню до певних біохімічних процесів. Вони нестійкі проти впливу несприятливих зовнішніх факторів: руйнуються при високій температурі, а також під впливом лугів, кислот, солей важких металів та ін.

Мікробна клітина містить значну кількість ферментів. Розрізняють ектоензими, що виділяються мікробами в живильне середовище, розчинені в ньому і проходять через бактеріальні фільтри, та ендоензими — нерозчинні у живильному середовищі і міцно зв'язані з клітиною. Кожний з них розщеплює певну речовину або розриває певний зв'язок у складній молекулі органічних сполук. Є ферменти, що знаходяться в клітині постійно — конститутивні і що з'являються в клітині в разі потреби — адаптивні.

На знанні мікробної ферментації ґрунтується регулювання бродильними процесами в промисловості і сільському господарстві (виготовлення оцту, щавлевої кислоти, виноробство, пивоваріння, силосування кормів, маслянокисле бродіння, бродіння клітковини, хлібопечення та ін.).

Ферментативні властивості мікробів мають велике значення і в бактеріологічній діагностиці інфекційних хвороб тварин і людини, особливо з групи кишкової палички, сальмонел, стрептококів та патогенних анаеробів.

Розмноження мікробів відбувається дуже швидко, при сприятливих умовах кількість бактерійних клітин може подвоюватись через кожні 20 - 30 хв. При такій інтенсивності розмноження кількість генерацій однієї мікробної клітини протягом доби може досягти астрономічної цифри. Факторами, що шкідливо впливають на розмноження мікробів і гальмують його, є: температура навколишнього середовища, вища або нижча від температури оптимального росту мікроорганізмів; виснаження живильного середовища, потрібного для мікробів; нагромадження в живильному середовищі власних продуктів життєдіяльності.

Бактерії розмножуються поперечним діленням на дві особини, проте у спіральних форм ділення поздовжнє, а в коків можливе в будь-якому напрямі.

Безпосередньо перед поділом мікробної клітини в ній утворюється перегородка, здебільшого посередині клітини, прямовисно їй. Нові клітини, що утворились внаслідок ділення, відділяються одна від одної або після ділення залишаються сполученими між собою, внаслідок чого утворюються ланцюжки бактерій або коків (стрептобактерії, стрептококи) чи інші утворення (стафілококи, сарцини та ін.).

Розмноження мікробів на штучних живильних середовищах відбувається через відповідні фази. Перша — «лаг-фаза», або фаза затримки. Мікроби,

внесені в живильне середовище, пристосовуються до нього, а частина з них може навіть загинути. Друга фаза — період логарифмічного росту, що характеризується бурхливим розмноженням бактерійних клітин, хоч і в цей період певна частина їх гине. Третя фаза — стаціонарна, або період зрілості мікробної культури, що може тривати від кількох годин до багатьох днів. Четверта фаза — період старіння культури, який триває від кількох днів до багатьох років. Ріст культури різко слабне, кількість клітин зменшується, у спороутворюючих з'являється спорова форма, і згодом культура може загинути.

На щільних живильних середовищах (МПА, МПЖ) при засіві різних видів мікробів утворюються мікроскопічні скупчення — колонії різного розміру, форми і зовнішнього вигляду. Колонії розглядаються як результат розмноження однієї або кількох мікробних клітин. Розмір колоній у різних видів бактерій може бути різним - від десятих часток до 5 мм, рідко більше. Колонії можуть бути гладенькі або зморшкуваті, з рівними або нерівними краями, слизові й крихкі та ін. Характер росту мікробів на живильних середовищах нерідко є підставою для диференціювання їх видів.

Запитання для самоконтролю:

1. Який хімічний склад мікроорганізмів?