

**Капрельянц Л. В., Пилипенко Л. М., Єгорова А. В.,
Пауліна Я. Б., Кананихіна О. М., Величко Т. О.,
Труфкаті Л. В., Килименчук О. О., Шпирко Т. В.**

ТЕХНІЧНА МІКРОБІОЛОГІЯ

Видання друге, перероблене та доповнене

**Херсон
ОЛДІ-ПЛЮС
2017**

**УДК [663.1: 664] (075.8)
К 21**

*Копіювання, сканування, запис на електронні носії
та тому подібне усієї книжки
або будь-яких її частин заборонено*

*Затверджено Вченою радою Одеської національної академії харчових технологій
(протокол №4 від 17.10.2017 р.)*

Авторський колектив:

Капрельянц Л. В., Пилипенко Л. М., Єгорова А. В.,
Пауліна Я. Б., Кананихіна О. М., Величко Т. О.,
Труфкаті Л. В., Килименчук О. О., Шпирко Т. В.

Рецензенти:

В. О. Іваниця, заслужений діяч науки і техніки, доктор
біологічних наук, професор, проректор Одеського
національного університету ім. І. І. Мечникова;
Н. А. Мулюкіна, доктор сільськогосподарських наук, лауреат
державної премії України у галузі науки і техніки, заступник
директора з наукової роботи ННУ «ІВіВ ім. В. Є. Таїрова»;
Т. А. Лисогор, к. т. н., доцент кафедри молока, жирів і
парфумерно- косметичних засобів ОНАХТ

Капрельянц Л. В., Пилипенко Л. М., Єгорова А. В. та ін.

К 21 Технічна мікробіологія: підручник / Л. В. Капрельянц,
Л. М. Пилипенко, А. В. Єгорова, Я. Б. Пауліна, О. М. Кананихіна,
Т. О. Величко, Л. В. Труфкаті, О. О. Килименчук, Т. В. Шпирко; [Під
ред. Л. В. Капрельянца]. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС: 2017. – 432 с.

ISBN 978-966-289-148-5

У підручнику висвітлюються основні питання з технічної мікробіології харчових виробництв: морфологія, фізіологія, систематика, екологія мікроорганізмів, їхня роль у кругообігу речовин і енергії в природі. Наведені матеріали про роль мікроорганізмів у виникненні харчових захворювань і заходи запобігання їм на підприємствах харчової промисловості та в установах громадського харчування.

Підручник підготовлений за новою програмою в зв'язку з введенням спеціальності «Біотехнологія». Порівняно з першим виданням книга доповнена основними відомостями з генетики мікроорганізмів, про роль біологічно активних речовин і продуктів на основі пробіотичних культур, про методи промислового використання мікроорганізмів. Розширені та доповнені інші розділи.

Затверджено Міністерством освіти і науки України для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю 181 «Харчові технології».

ISBN 978-966-289-148-5

© ОНАХТ, 2017

Передмова

Дисципліна «Технічна мікробіологія» входить до переліку дисциплін природничо-наукової (фундаментальної) підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за спеціальностями «Харчові технології» (181), «Біотехнологія і біоінженерія» (162) та «Технологія захисту навколишнього середовища» (183).

Основна мета викладання дисципліни – оволодіння теоретичними основами загальної та спеціальної мікробіології, формування наукового світогляду про різноманіття світу мікроорганізмів і їхню роль у природі та господарській діяльності людини.

Засвоєння основ технічної мікробіології орієнтує фахівця на необхідність ретельного дотримання санітарних норм на виробництві, виготовлення доброякісної продукції та попередження промислових втрат.

Метою курсу «Технічна мікробіологія» є також глибоке та всебічне вивчення:

- морфології, клітинної анатомії, фізіології, принципів сучасної систематики мікроорганізмів, які беруть участь у технологічних процесах і викликають псування сировини та готових продуктів;
- збудників шлунково-кишкових захворювань тварин і людини;
- механізмів виникнення харчових отруєнь і правил санітарно-бактеріологічного контролю харчових підприємств.

Технічна мікробіологія як наука має на меті не тільки вивчити життєдіяльність мікроорганізмів, а й дослідити можливості їхнього практичного використання для потреб людини.

У роботі над підручником автори намагалися максимально наблизити його зміст до вимог робочої програми підготовки бакалаврів усіх форм навчання.

Автори висловлюють глибоку подяку магістру Кирилу Валерійовичу Єриганову за допомогу в підготовці підручника до друку.

Предмет і завдання технічної мікробіології

Наша планета населена величезною кількістю різноманітних живих істот, які разом із місцями свого мешкання складають біосферу. Представників живої природи поділяють умовно на дві великі групи: макросвіт і мікросвіт (грецьк. makros – великий, mikros – маленький). До макросвіту відносяться живі організми, які ми бачимо неозброєним оком: більшість тварин і рослин. До мікросвіту відносяться організми такого маленького розміру, що їх не видно неозброєним оком, тобто мікроорганізми: бактерії, міцеліальні та дріжджові гриби, одноклітинні водорості та найпростіші, а також віруси.

Мікроорганізми знаходяться скрізь: у ґрунті, воді, повітрі, на предметах, що нас оточують, на продуктах харчування та кормах, на рослинах, на поверхні тіла та всередині організмів тварин і людини. Їх знаходять у кригах Антарктиди та в розпечених гейзерах, у піску пустель, воді морів і океанів, ґрунтах, повітрі.

Величезне поширення мікроорганізмів пояснюється їхніми загальними властивостями: малим розміром, інтенсивністю та пластичністю обміну речовин.

Розмір більшості мікроорганізмів коливається від 0,01 до 50 мкм. Розмір клітин бактерій становить у середньому 0,5 – 3 мкм, середня довжина паличкоподібних бактерій дорівнює 2 – 5 мкм. При цьому об'єм бактеріальної клітини дорівнює близько 1 мкм³. Розмір вірусів ще менший: від 10 – 15 до 200 нм.

Малі розміри клітин зумовлюють дуже велике співвідношення поверхні клітин із їх об'ємом порівняно з макроорганізмами. Це забезпечує високу швидкість обміну речовин мікроорганізмів із зовнішнім середовищем (крізь усю поверхню клітини) та їхній швидкий ріст. Відомі бактерії, які діляться кожні 20 – 30 хв. і навіть кожні 8 – 10 хв. Унаслідок цього з однієї клітини масою біля $2,5 \cdot 10^{-12}$ г. за 2 – 4 доби в сприятливих умовах могла б утворитися біомаса біля 1010 тонн і більше. Насправді таке не відбувається через обмеження сторонніми, часто шкідливими факторами.

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.

Отже широке поширення мікроорганізмів пояснюється винятковою витривалістю в несприятливих умовах, здатністю легко пристосовуватися до різних факторів довкілля, різуче швидким розмноженням і малими розмірами.

Діяльність мікроорганізмів різноманітна, а її наслідки великі: вони підтримують глобальний процес колообігу речовин і енергії на Землі. Їхня космічна роль полягає в тому, що вони є з'єднуючою ланкою між живою та неживою природою й цим підтримують дію глобального закону збереження матерії та енергії на Землі.

Найбільш значущою є роль мікроорганізмів у колообігу вуглецю та азоту.

Кожна жива істота обов'язково містить у собі вуглець, азот, кисень, водень у вигляді складних сполук. У вигляді простих речовин вони не засвоюються ані рослинами, ані тваринами. Вони потрібні тваринам і рослинам у зв'язаній формі – в органічних і неорганічних сполуках.

Органічні сполуки азоту та вуглецю створюють рослини під дією сонячного світла з азотнокислих і амонійних солей і води, які вони отримують з ґрунту, та вуглекислого газу атмосфери.

Для нормального розвитку життя на Землі необхідно, аби рослини мали змогу безперервно одержувати в необхідній кількості CO_2 з атмосфери та азотвмісні солі з ґрунту. Однак запаси CO_2 та азотистих солей у природі не безмежні, наприклад, CO_2 в атмосфері близько 0,03%. Ненадовго вистачило б рослинам і азотвмісних солей у ґрунті, а азот і вуглець органічних залишків і атмосферний азот для рослин недоступні.

У зв'язку з цим велику роль відіграють мікроорганізми, які використовують для своєї життєдіяльності білки, жири, вуглеводи та

інші органічні речовини рослинних і тваринних залишків і мінералізують їх. Такі мікроорганізми мають загальну назву сапрофіти (грецьк. *sapros* – гнилий, *fyton* – створіння). Вони є найчисленнішою групою мікроорганізмів. До них відносяться більшість бактерій, плісневі гриби та дріжджі. Складні органічні азотвмісні сполуки рослинних і тваринних залишків (трупів тварин, людей, опалого листя, відмерлих рослин тощо) та різних харчових продуктів (овочів, молока, риби, м'яса тощо), стають надбанням сапрофітів, які в ході своєї життєдіяльності розщеплюють їх до простіших речовин і мінералізують до кінцевих продуктів (CO_2 , NH_3 , H_2S , H_2O). Під час цих перетворень зі складних речовин вивільняється енергія, яка була засвоєна рослинами в ході їхнього синтезу. Аміак потрапляє в ґрунт, де піддається діяльності нітрифікаторів, а CO_2 повертається в атмосферу, аби знову бути використаним для фотосинтезу рослинами, а продукти фотосинтезу згодом знову стають їжею для тварин і людини. Мертві тварини та рослини потрапляють у ґрунт, де піддаються діяльності мікроорганізмів, і таким чином відбувається колообіг речовин у природі, без якого життя на Землі неможливе.

Широке розповсюдження мікроорганізмів у природі та виключно важливе значення тих процесів, що в ній відбуваються, сприяли розвитку мікробіології (грецьк. *mikros* – маленький, *bios* – життя, *logos* – слово, промова) – однієї з наймолодших галузей біологічної науки. Мікробіологія вивчає морфологію (зовнішню форму), анатомію (внутрішню будову), фізіологію, генетику, систематику, екологію та взаємодії мікроорганізмів із іншими істотами. Різноманітність мікроорганізмів і великий обсяг фактичного матеріалу, накопиченого за відносно короткий період (з другої половини XIX ст.), сприяли розділенню мікробіології на низку спеціалізованих напрямів: загальну мікробіологію, сільськогосподарську, ветеринарну, медичну, хімічну, водну, геологічну, космічну, технічну, санітарну, фармацевтичну та інші, а також біотехнологію.

Загальна мікробіологія досліджує загальні закономірності життєдіяльності мікроорганізмів (морфологію, анатомію, фізіологію, генетику, систематику, екологію, еволюцію), вона є обов'язковим підрозділом усіх інших мікробіологічних дисциплін.

Велике значення має мікробіологія для медицини. Знання властивостей збудників різних захворювань дає змогу розробляти засоби лікування інфекційних хвороб і попередження (профілактики) їхнього виникнення.

Ветеринарна мікробіологія досліджує мікроорганізми-збудники захворювань тварин і засоби їх лікування та профілактики.

Водна мікробіологія вивчає мікробне населення водоймищ і його вплив на водні екосистеми.

Геологічна мікробіологія вивчає роль мікроорганізмів у геологічних процесах, досліджує їхню участь в утворенні та розкладанні руд, паливних копалин і сірки, розробляє мікробіологічні методи отримання металів із руд.

Сільськогосподарська мікробіологія досліджує роль мікроорганізмів у процесах формування ґрунтів, розробляє методи підвищення їхньої родючості, вивчає фітопатогенні (патогенні для рослин) мікроорганізми та розробляє методи боротьби з ними.

Космічна мікробіологія виникла в СРСР у роки підготовки та першого запуску штучного супутника Землі (1957 р.). Це наука про вплив космічних умов на властивості мікроорганізмів, які знаходяться в різних середовищах існування (в тому числі й в організмі людини), про попередження заносу мікроорганізмів у космос і про боротьбу з мікроорганізмами, занесеними в космічні апарати, устаткування тощо.

Особливу роль відіграють мікроорганізми в харчовій промисловості. На використанні мікробіологічних процесів базуються такі її галузі, як хлібопечіння, виноробство, виробництво спиртів, оцту, молочних продуктів, лимонної кислоти, біологічно активних речовин тощо. Технологічні процеси в цих галузях спрямовані на створення сприятливих умов для корисних мікроорганізмів і пригнічення сторонніх, шкідливих. Технічна

мікробіологія вивчає різноманітні питання з використання біохімічної активності мікроорганізмів у різних галузях харчової промисловості та науково обґрунтовує засоби попередження шкідливих впливів мікроорганізмів на сировину та готову продукцію. Впровадження мікробіологічних методів у харчову промисловість сприяє інтенсифікації технологічних процесів і покращенню якості продукції, підвищенню її виходу. Отже діяльність мікроорганізмів має винятково важливе значення для харчової промисловості.

За допомогою дріжджів одержують вина, тісто для хліба, спирт, пиво. Молочнокислі бактерії відіграють ключову роль у виробництві сметани, сирів, кисломолочних напоїв, у квашенні овочів, силосуванні кормів. Життєдіяльність мікроорганізмів є основою виробництва у виготовленні оцту, гліцерину, органічних кислот, ацетону, вітамінів, ферментів, амінокислот. Мікроорганізми здатні синтезувати антибіотики, крім того, широко відомі кормові дріжджі, які вирощують на відходах сільського господарства для накопичення білків і вітамінів.

Поряд із мікроорганізмами, які відіграють позитивну роль у природі та житті людини, існують шкідливі для господарства мікроорганізми. Людині шкодять не лише патогенні мікроорганізми. Величезних збитків завдають фітопатогенні та сапрофітні, що псують запаси сировини та готові продукти.

Псування харчової сировини – незворотний процес, після якого продукція може стати джерелом інфекційних захворювань і отруєнь. Причиною таких захворювань є або мікроорганізми, або їхні токсини, або обидва компоненти разом. Ззовні виявити мікробне псування буває неможливо. У багатьох випадках для цього потрібен ретельний аналіз, тому при вивченні та розробленні ефективних методів зберігання харчової сировини та готових продуктів необхідні знання мікробіології. Метою мікробіологічного контролю харчового виробництва є виявлення мікроорганізмів у сировині, напівфабрикатах, на устаткуванні, тарі тощо, аби запобігти зниженню якості харчового продукту в ході технологічних процесів.

У сфері харчової промисловості технічна мікробіологія розподіляється на мікробіологію молока та молочних продуктів, мікробіологію м'яса та м'ясопродуктів, мікробіологію бродильних виробництв тощо.

Одним із завдань мікробіології харчових виробництв є створення безвідходних технологічних процесів.

Важливу роль у вирішенні багатьох проблем сьогодення відіграє біотехнологія, яка базується на інтегрованому використанні досягнень біохімії, мікробіології та технічних наук. Завдяки застосуванню методів генної інженерії створюються трансгенні мікроорганізми, які є високоефективними продуцентами різноманітних біологічно активних речовин. Біотехнологічні підприємства постачають сільському господарству кормовий білок, незамінні амінокислоти, ферментні препарати, антибіотики, вітаміни, премікси, бактеріальні добрива, засоби захисту рослин, стартові корми та інше. Для потреб харчової промисловості випускаються ферментні препарати, закваски для хлібопечення та приготування кисломолочних продуктів, для медичного застосування – незамінні амінокислоти, вітаміни, антибіотики, ферменти. Різноманітних біотехнологічних препаратів потребують хімічна, текстильна, парфумерна промисловість та інші галузі. За допомогою біотехнологічних методів із сільськогосподарських і промислових відходів одержують додаткові джерела енергії у вигляді біогазу (метану), водню тощо.

Отже технічна мікробіологія як складова частина біотехнології є одним із чинників вирішення таких важливих завдань, як боротьба із захворюваннями, збільшення виробництва харчових продуктів і джерел енергії, вирішення екологічних проблем, що стоять перед людством.

Короткий нарис із історії зарубіжної та вітчизняної мікробіології



А. ван Левенгук

У розвитку мікробіології можна умовно виділити три етапи.

Перші повідомлення про існування найдрібніших живих істот належать нідерландському натуралісту *Антоні ван Левенгуку* (1632–1723). Він виготовив ручним способом лінзи зі збільшенням у 150–300 разів, сконструював перший мікроскоп, описав і замалював клітини мікроорганізмів. Роботи А. ван Левенгука поклали початок першому, **морфологічному** періоду, коли йшло накопичення знань лише про зовнішню форму мікробів, особливості їхньої будови. Наприклад, у 1775 р. російський учений *М. М. Тереховський*, вивчаючи вплив хімічних речовин, високої та низької температури, електричних розрядів на мікроорганізми, вперше довів, що кип'ятіння вбиває їх. Його відкриття на той час мали велике принципове значення.



Л. Пастер

З розвитком суспільства виявилася потреба чітко з'ясувати роль мікроорганізмів у загальному колообігу речовин і енергії в природі, в житті людини, встановити їхню участь у багатьох виробничих процесах, у виникненні інфекційних захворювань. Накопичення таких знань знаменує **фізіологічний** період розвитку мікробіологічної науки. Початок його пов'язують із діяльністю видатного французького вченого *Луї Пастера* (1822–1895).

ЗМІСТ

Передмова	3
Предмет і завдання технічної мікробіології	4
Короткий нарис із історії зарубіжної та вітчизняної мікробіології	10
Розділ 1. Морфологія, способи розмноження та систематика прокариот	21
Положення мікроорганізмів у живому світі	21
Морфологічні типи бактеріальних клітин	22
Ультраструктура бактеріальної клітини	27
Рухливість бактерій	38
Форми спокою бактерій	40
Розмноження бактерій	46
Систематика прокариот	49
Розділ 2. Морфологія, способи розмноження та систематика міцеліальних грибів	57
Загальна характеристика грибів	57
Загальна характеристика мікроміцетів	58
Загальна будова грибів	61
Розмноження мікроміцетів.....	64
Систематика мікроміцетів.....	71
Розділ 3. Морфологія та будова клітин дріжджів	91
Способи розмноження дріжджів	94
Класифікація дріжджів	100
Розділ 4. Неклітинні інфекційні агенти: віруси, віроїди, пріони	112
Віруси.....	112

Хімічний склад і життєдіяльність вірусів	116
Репродукція вірусів	117
Систематика вірусів	119
Віроїди та пріони.....	128
Розділ 5. Живлення та обмін речовин мікроорганізмів.....	130
Хімічний склад клітин мікроорганізмів	130
Харчові потреби мікроорганізмів	134
Механізми транспорту речовин до мікробної клітини	137
Типи обміну речовин у мікроорганізмів	139
Конструктивний метаболізм	140
Енергетичний метаболізм.....	142
Розділ 6. Біологічно активні речовини мікроорганізмів	151
Антибіотики.....	151
Мікотоксини	157
Ферменти	165
Вітаміни	167
Білки та білково-вітамінні комплекси.....	169
Ліпіди	170
Розділ 7. Культивування, ріст та розмноження мікроорганізмів	172
Ріст та розмноження мікроорганізмів	172
Поживні середовища.....	177
Чисті культури мікроорганізмів.	
Методи виділення та ідентифікація.....	182
Розділ 8. Основні поняття генетики бактерій	197

Розділ 9. Участь мікроорганізмів у кругообігу речовин у природі	210
Перетворення азоту мікроорганізмами	210
Кругообіг вуглецю	226

Розділ 10. Вплив факторів зовнішнього середовища на життєдіяльність мікроорганізмів	248
Фізичні фактори	248
Фізико-хімічні фактори	266
Хімічні фактори	271
Біологічні фактори.....	280

Розділ 11. Патогенні мікроорганізми та аліментарні захворювання	284
Нормальна мікробіота людини	284
Патогенні мікроорганізми.....	286
Умовно-патогенні мікроорганізми	291
Інфекційний процес	292
Поняття про імунітет. Види імунітету	295
Аліментарні захворювання	298
Харчові інфекції.....	299
Харчові отруєння	307
Харчові токсикоінфекції	308
Харчові інтоксикації.....	314

Розділ 12. Мікробіологічний контроль і санітарно-гігієнічні заходи на підприємствах харчової промисловості та в закладах ресторанного господарства	322
Основи мікробіологічного контролю виробництва харчових продуктів	322
Санітарно-гігієнічні показники	327

Санітарно-показові (індикаторні) мікроорганізми.....	331
Санітарно-гігієнічні заходи на підприємствах харчової промисловості та в закладах ресторанного господарства	337
Контроль санітарно-гігієнічного стану харчових виробництв	344
Контроль сировини, напівфабрикатів і готової продукції.....	346
Розділ 13. Екологія мікроорганізмів	349
Взаємовідносини між мікроорганізмами	350
Поширення мікроорганізмів у біосфері	359
Охорона навколишнього середовища на підприємствах харчової промисловості	373
Розділ 14. Промислове використання мікроорганізмів.....	379
Основні принципи мікробіологічних виробництв	379
Виробництво продуктів із пробіотичними та пребіотичними властивостями	382
Мікробіологічний синтез вітамінів.....	385
Мікробіологічне виробництво ферментів	389
Імобілізовані ферменти	400
Виробництво спиртів і ацетону.....	403
Мікробіологічне виробництво амінокислот	404
Мікробіологічне виробництво похідних нуклеотидів і коферментів	408
Мікробіологічний синтез ліпідів	410
Мікробіологічний синтез органічних кислот	411
Виробництво білкових концентратів.....	415
Виробництво пекарських і медичних дріжджів	416
Рекомендована література	419
Словник термінів.....	420