

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА**



Факультет природничих наук

Кафедра біохімії та біотехнології

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Мікробіологія**

---

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)  
Освітня програма Біохімія, біотехнологія та методологія  
біологічних досліджень

Спеціальність 091 Біологія та біохімія

Галузь знань 09 Біологія

Затверджено на засіданні кафедри біохімії та біотехнології  
Протокол № 1 від “29” серпня 2023 р.

м. Івано-Франківськ – 2023 р.

## 1. Загальна інформація

Назва дисципліни	Мікробіологія
Викладач (і)	Байляк Марія Михайлівна
Контактний телефон викладача	0342596171 (роб.)
E-mail викладача	maria.bayliak@pnu.edu.ua
Формат дисципліни	Очний
Обсяг дисципліни	6 кредитів ЄКТС, 180 год.
Посилання на сайт дистанційного навчання	<a href="https://d-learn.pnu.edu.ua/">https://d-learn.pnu.edu.ua/</a>
Консультації	<p><i>Формат консультацій:</i> очні індивідуальні та групові консультації у робочі години, індивідуальні через е-мейл та онлайн-консультації у месенджерах.</p> <p><i>Робочі години</i> доступні для студентів, які мають будь-які питання, пов'язані з курсом; були відсутні з поважних причин на заняттях і потребують відпрацювання чи роз'яснення пропущеного матеріалу. Якщо студенти не здали екзамен (або не отримали достатню кількість балів для допуску до екзамену), їм настійно рекомендується повторно працювати з незрозумілими питаннями, а потім обговорювати ці питання з викладачем. Години доступності викладача (Байляк М.М.) для студентів визначаються її розкладом. Зазвичай, це вівторок-четвер, з 11.00 до 16.00.</p> <p><i>Електронне листування та онлайн-спілкування:</i> очікується, що студенти мають доступ до е-мейлу і часто його перевіряють. Також очікується, що студенти матимуть електронну пошту на pnu.edu.ua, оскільки матеріали курсу будуть завантажуватися у систему <a href="http://www.d-learn.pnu.edu.ua">www.d-learn.pnu.edu.ua</a>. Через е-мейл також можна узгоджувати години консультацій чи незрозумілі питання</p>

## 2. Анотація до навчальної дисципліни

Сьогодні мікробіологія вважається однією з основних дисциплін біології, оскільки без знань мікроорганізмів неможливо зрозуміти всієї різноманітності життя на Землі, умов його появи та еволюції. Вивчення мікроорганізмів за останні роки зробило суттєвий внесок у вирішення важливих проблем загальної біології. Мікроорганізми досить зручні у роботі. Завдяки швидкому росту, високій здатності до адаптації та низки інших цінних властивостей вони є улюбленим об'єктом досліджень для біохіміків та генетиків. Велику роль мікроорганізми відіграють у розвитку таких наук, як молекулярна біологія, біофізика, екологія та ін.

Виникнення і швидкий розвиток біотехнології ґрунтується насамперед на використанні мікроорганізмів як продуцентів практично цінних продуктів (антибіотики, ферменти, органічні кислоти, амінокислоти, вітаміни, полісахариди та ін.). На використанні

мікроорганізмів базуються методи генної інженерії, за якими можна створювати нові штами з новими властивостями

Велике значення має розробка способів раціонального використання біохімічної активності мікроорганізмів для підвищення родючості ґрунтів, видобутку корисних копалин, поповнення енергетичних ресурсів та очищення довкілля.

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, коло проблем, що потребують інтенсивного та глибокого вивчення властивостей мікроорганізмів, досить широке і може бути вирішене лише спільними зусиллями спеціалістів різного профілю.

Курс мікробіології є надзвичайно важливим у підготовці фахівців-біологів. Формування еволюційних поглядів було б далеко не повним без тих знань, які дає ця наука, про різноманітність і єдність живих організмів, що виникли на початку еволюційного процесу. Предмет знайомить студентів зі світом мікроорганізмів (бактеріями, дріжджами, цвілевими грибами), їх цитологічними, фізіологічними та біохімічними особливостями. Подається сучасна їх систематика з характеристикою основних груп. Особлива увага відводиться збудникам небезпечних захворювань людини, тварин та рослин, продуцентам біологічно активних речовин (вітамінів, амінокислот, антибіотиків тощо). Значна увага приділяється питанням живлення, культивування та впливу факторів зовнішнього середовища на ріст культур. Розглядаються теоретичні та практичні аспекти отримання накопичувальних і чистих культур, закономірностям їх росту в періодичній та безперервній культурах. Висвітлено особливості енергетичного та конструктивного обміну у мікроорганізмів та питання обміну регуляції обміну речовин. Висвітлені питання генетики мікроорганізмів, обміну генетичною інформацією, селекція мутантів, принципи генно-інженерних досліджень. Подається практичне використання мікроорганізмів у різних галузях народного господарства.

При виконанні лабораторних робіт студент оволодіває технікою робіт з культурами мікроорганізмів, дотримуючись правил техніки безпеки, основними методами мікробіологічних досліджень (методами ідентифікації мікроорганізмів, фарбування, мікроскопія, стерилізація, методи виділення та культивування культур, методами виділення метаболітів тощо)

### 3. Мета та цілі навчальної дисципліни

**Мета:** створити уявлення про мікробіологію як науку про мікроорганізми (бактерії, мікроскопічні гриби, водорості та найпростіші) та сформувані уявлення про роль мікроорганізмів у природі та житті людини.

**Цілі:** ознайомити студентів із різноманітністю та фізіолого-біохімічними особливостями мікросвіту, досягненнями та перспективами розвитку мікробіологічної науки; надати студентам базові практичні навички роботи з мікроорганізмами; показати взаємозв'язок мікробіології із суміжними науками, сільським господарством, медициною та біотехнологією; підготувати студентів для викладання мікробіології чи (та) проведення досліджень у галузі мікробіології (мікробній біотехнології) в науково-дослідних і виробничих установах

### 4. Програмні компетентності та результати навчання

#### Загальні компетентності:

ЗК01. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод

людини і громадянина в Україні.

ЗК02. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

ЗК03. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК04. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК05. Здатність спілкуватися державною мовою як усно так і письмово.

ЗК06. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

ЗК07. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК08. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

ЗК09. Здатність діяти соціально відповідально і свідомо з метою збереження природного навколишнього середовища.

ЗК10. Здатність працювати в команді.

**Фахові компетентності:** .....

СК01. Здатність застосовувати знання та вміння з математики, фізики, хімії та інших суміжних наук для вирішення конкретних біологічних завдань.

СК02. Здатність демонструвати базові теоретичні знання в галузі біологічних наук та на межі предметних галузей.

СК03. Здатність досліджувати різні рівні організації живого, біологічні явища і процеси.

СК04. Здатність здійснювати збір, реєстрацію і аналіз даних за допомогою відповідних методів і технологічних засобів у польових і лабораторних умовах.

СК05. Здатність до критичного осмислення новітніх розробок у галузі біології і професійній діяльності.

СК06. Усвідомлення необхідності збереження біорізноманіття, охорони навколишнього середовища, раціонального природокористування.

СК07. Здатність до аналізу будови, функцій, процесів життєдіяльності, онто- та філогенезу живих організмів.

СК09. Здатність аналізувати результати взаємодії біологічних систем різних рівнів організації, їхньої ролі у біосфері та можливості використання у різних галузях господарства, біотехнологіях, медицині та охороні навколишнього середовища.

СК10. Здатність демонструвати знання механізмів підтримання гомеостазу біологічних систем.

### **Програмні результати навчання**

ПР09. Дотримуватися положень біологічної етики, правил біологічної безпеки і біологічного захисту у процесі навчання та професійній діяльності.

ПР10. Знати основи систематики, методи виявлення та ідентифікації неклітинних форм життя, прокариот і еукариот й застосовувати їх для вирішення конкретних біологічних завдань.

ПР11. Розуміти структурну організацію біологічних систем на молекулярному рівні.

ПР15. Аналізувати форми взаємовідносин між мікро- та макроорганізмами з визначенням основних напрямів цих процесів.

ПР21. Аналізувати інформацію про різноманіття живих організмів.

## 5. Організація навчання

Обсяг навчальної дисципліни	
Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	34
лабораторні	26
самостійна робота	46

Ознаки навчальної дисципліни			
Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий
5-ий	091 Біологія та біохімія	3-ий	Нормативна

Тематика навчальної дисципліни			
Тема	кількість год.		
	лекції	Лаб. заняття	сам. роб
<p><b>Тема 1. МІКРОБІОЛОГІЯ ЯК НАУКА.</b> Мікробіологія та її спеціальні дисципліни. Історія розвитку мікробіології. Внесок українських вчених у розвиток мікробіології. Сучасний стан мікробіологічної науки в Україні. Місце мікроорганізмів серед живих істот.</p>	2		5
<p><b>Тема 2. МОРФОЛОГІЯ МІКРООРГАНІЗМІВ.</b> Розміри мікроорганізмів. Форма мікроорганізмів. Одноклітинні міцеліальні гриби. Дріжджі. Методи вивчення морфології мікроорганізмів.</p>	2		5
<p><b>Тема 3. СТРУКТУРА КЛІТИНИ ПРОКАРІОТІВ.</b> Основні відмінності між прокаріотами та еукаріотами. Загальна будова клітини бактерій. Будова та хімічний склад клітинних стінок прокаріотів. Фарбування бактерій за Грамом. Поверхні структури клітинної стінки: фімбрії та F-пілі. Поверхні структури клітинної стінки: джгутики. Рух бактерій. Таксиси. Капсули та слиз. Мембрана та її похідні. Цитоплазма та</p>	4		5

цитоплазматичні включення. Генетичний апарат. Нуклеоїд. Форми спокою у бактерій. Формування та хімічний склад ендоспор.			
<b>Тема 4. РІСТ ТА РОЗМНОЖЕННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ.</b> Індивідуальний ріст бактеріальних клітин. Розмноження бактерій. Ріст бактерії в популяції. Безперервні культури (проточні). Синхронні культури. Методи визначення життєздатності мікроорганізмів у культурі.	2		5
<b>Тема 5. ВПЛИВ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ НА МІКРООРГАНІЗМИ.</b> Дія фізичних факторів: температура, вологість, осмотичний тиск, гідростатичний тиск, променева енергія, електрика, ультразвук. Дія хімічних факторів: рН, кисень, хімічні сполуки. Методи вивчення впливу фізичних та хімічних факторів на мікроорганізми.	2		5
<b>Тема 6. ЖИВЛЕННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ.</b> Потреби мікроорганізмів у поживних речовинах. Типи живлення. Надходження речовин у клітину. Принципи підбору живильних середовищ. Ферменти мікроорганізмів.	2		5
<b>Тема 7. ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ.</b> Способи отримання енергії мікроорганізмами. Шляхи перетворення мікроорганізмами вуглеводів. Типи бродінь та методи їх дослідження: спиртове, молочно-кисле, масляно-кисле та пропіоново-кисле. Аеробне дихання при засвоєнні органічних субстратів. Неповне аеробне окислення органічних субстратів. Анаеробне дихання. Використання енергії неорганічних субстратів. Використання енергії світла. Оксигенний та аноксигенний фотосинтез.	4		5
<b>Тема 8. БІОСИНТЕТИЧНІ ПРОЦЕСИ У МІКРООРГАНІЗМІВ (КОНТРУКТИВНИЙ ОБМІН).</b> Синтез вуглеводів. Синтез амінокислот. Синтез ліпідів. Синтез вторинних метаболітів.	2		5
<b>Тема 9. ПЕРЕТВОРЕННЯ АЗОТУ МІКРООРГАНІЗМАМИ.</b> Кругообіг азоту в природі. Амоніфікація органічних азотовмісних сполук. Нітрифікація. Денітрифікація. Фіксація атмосферного азоту. Симбіотичні азотфіксатори.	2		5

<b>Тема 10. ГЕНЕТИКА МІКРООРГАНІЗМІВ.</b> Основні терміни у генетиці мікроорганізмів. Генетичний матеріал мікроорганізмів. Спадкова та неспадкова мінливість ознак мікроорганізмів. Мутації. Генетичні рекомбінації. Практичне значення вивчення мінливості мікроорганізмів.	2		5
<b>Тема 11. ВЗАЄМОДІЯ МІКРО- ТА МАКРООРГАНІЗМІВ.</b> Взаємодія мікро- та макроорганізмів. Взаємовідносини мікроорганізмів. Нормальна мікрофлора організму людини. Патогенна мікрофлора. Антибіотики: загальна характеристика та класифікація. Механізм дії основних груп антибіотиків. Резистентність до антибіотиків. Методи визначення антибіотичної активності мікроорганізмів та визначення чутливості бактерій до антибіотиків.	2		5
<b>Тема 12. ПАТОГЕННІСТЬ МІКРООРГАНІЗМІВ.</b> Патогенність бактерій. Екзотоксини і ендотоксини бактерій. Форми інфекції. Періоди інфекційного процесу. Протибактерійний імунітет	2		5
<b>Тема 13. ЕКОЛОГІЯ МІКРООРГАНІЗМІВ.</b> Мікрофлора повітря. Мікрофлора води. Мікрофлора ґрунту. Мікроорганізми і тварини. Методи дослідження мікрофлори води, повітря та ґрунту.	2		5
<b>Тема 14. ВИКОРИСТАННЯ МІКРООРГАНІЗМІВ У НАРОДНОМУ ГОСПОДАРСТВІ.</b> Використання процесів бродіння. Використання мікроорганізмів в сільському господарстві. Біотехнологія отримання мікробних речовин. Генетична інженерія мікроорганізмів	2		5
<b>Тема 15. СИСТЕМАТИКА МІКРООРГАНІЗМІВ.</b> Загальні принципи систематики мікроорганізмів. Загальна характеристика відділів бактерій згідно визначника Берджі (синтетична класифікація). Філогенетична систематика бактерій.	2		5
Правила роботи в мікробіологічній лабораторії. Обробка та оформлення результатів експерименту. Методи стерилізації		2	4

Виготовлення живильних середовищ для мікроорганізмів. Культивування, посів та зберігання мікроорганізмів.		2	4
Аналіз мікрофлори повітря та води. Дослідження бактеріальної забрудненості деяких частин тіла людини		2	4
Мікроскоп та техніка мікроскопіювання. Виготовлення препаратів мікроорганізмів. Дослідження морфології бактерій, цвілевих грибів та дріжджів.		4	4
Фарбування бактерій за Грамом.		2	4
Вплив умов культивування на ріст мікроорганізмів.		2	4
Визначення загальної кількості та життєздатності мікроорганізмів		2	4
Спиртове бродіння. Отримання накопичувальної культури збудників маслянокислого бродіння. Аналіз якості кисломолочних продуктів.		4	4
Дослідження ферментативної активності мікроорганізмів		2	4
Визначення антибіотичної активності мікроорганізмів. Визначення чутливості бактерій до антибіотиків.		2	4
Лабораторний та теоретичний колоквиум		2	4
ЗАГ.: 34		26	120

## 6. Система оцінювання навчальної дисципліни

Загальна система оцінювання навчальної дисципліни	<p>Оцінювання знань і вмінь студентів з курсу «Мікробіологія» здійснюється за 100-бальною шкалою і включає у себе поточне оцінювання, модульний і семестровий контроль. <i>Семестровий контроль</i> проводиться у формі екзамену.</p> <p><i>Модульний контроль</i> включає у себе:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Поточний контроль</i> передбачає оцінювання активності студентів на лекціях та лабораторних заняттях протягом семестру.</li> <li>2. Підсумковий колоквиум у кінці семестру, які проводяться для перевірки рівня засвоєння теоретичного матеріалу і практичних навичок студентів;</li> <li>3. <i>Контроль самостійної роботи</i> у формі усного опитування.</li> </ol>
---	---



	<p>Поточний контроль – 30 балів  Підсумкова контрольна робота – 10 балів  Самостійна робота – 5 балів  Індивідуальні завдання – 5 балів  Екзамен – 50 балів</p> <p>Студент може отримати додаткові бали, які додаються до екзаменаційної оцінки за результатами неформальної освіти (максимум 30 балів), за участь у наукових конференціях за тематикою курсу (максимум 10 балів). За проходження подібного курсу з такою самою кількістю кредитів – курс може бути перерахований.</p>
<p>Лабораторні заняття</p>	<p>До початку лабораторних занять студенти отримують відповідні методичні інструкції і допускаються до занять за умов, якщо ознайомилися з цими інструкціями та ходом виконання робіт. Студенти отримують оцінку за власне виконання лабораторної роботи або циклу пов'язаних лабораторних робіт, та за оформлення результатів роботи та теоретичний захист робіт.</p> <p>Оцінювання лабораторних робіт відбувається у 4-балій шкалі.</p> <p><i>Оцінювання набутих знань, вмінь і навичок студентів при поточному оцінюванні здійснюються за наступними критеріями:</i></p> <p>«Відмінно» («5») – рівень засвоєння знань студентом високий; студент виконав та за правилами оформив лабораторну роботу; добре володіє принципами лабораторних методів та теоретичним матеріалом, має глибокі знання та розуміння тих питань, які виносились на самостійне вивчення; повністю виконує план самостійної підготовки, опрацьовує додаткову літературу, вміє знаходити необхідну літературу; проявляє загальну біологічну ерудицію; <i>вміє</i> критично аналізувати підготовлений матеріал, пропонувати своє бачення вирішення окремих питань, знаходити відповіді на складні питання шляхом інтеграції знань з різних біологічних дисциплін та інших дисциплін фахової підготовки.</p> <p>«Добре» («4») – рівень засвоєння знань студентом достатній; студент виконав та за правилами оформив лабораторну роботу, але з певними неточностями чи помилками; володіє принципами використаних методів та теоретичним матеріалом, має базові знання з тих питань, які виносились на самостійне вивчення; у достатній мірі виконує план самостійної підготовки, опрацьовує додаткову літературу; виявляє початкові здібності до нестандартного вирішення завдань.</p> <p>«Задовільно» («3») – рівень засвоєння знань студентом середній; студент виконав та оформив лабораторну роботу, проте оформлення містить неповне та містить багато помилок; частково володіє принципами використаних методів, може відтворити та частково проаналізувати значну частину теоретичного матеріалу, розуміє основні поняття, проте не має сформованої цілісної картини про питання (проблему), що</p>

	<p>виносяться на розгляд; частково виконує план самостійної підготовки і не опрацьовує додаткової літератури.</p> <p>«Незадовільно» («2») – рівень засвоєння знань студентом низький; студент не оформив або частково оформив лабораторну роботу; не володіє принципами використаних методів, відтворює окремі фрагменти навчального матеріалу, не розуміє більшості понять; не виконує план самостійної підготовки; немає загальної картини знань; не готується до лабораторних занять через систематичні пропуски попередніх занять.</p>
Умови допуску до підсумкового контролю	<p>До підсумкового контролю допускаються студенти, які виконали та отримали оцінку за самостійну роботу, були присутніми на всіх лабораторних заняттях та принаймні на половині лекцій та отримали мінімум 25 балів допуску з 50 можливих. Якщо заняття були пропущені студентом з поважної причини, до допуск до підсумкового контролю дозволяється без відпрацювання пропущених занять, основним критерієм при оцінюванні на заліку буде рівень знань студента. Якщо студент пропустив лекційні та лабораторні заняття без поважної причини, то дозволяється одноразове відпрацювання всіх занять у кінці курсу – у формі усного опитування або виконання індивідуального завдання</p>
Підсумковий контроль	<p><i>Форма контролю - екзамен); форму задачі -комбінована. У екзаменаційному білеті – 4 питання, рівнозначної складності.</i></p>

## 7. Політика навчальної дисципліни

<p>Обов'язковим є відвідування лабораторних занять, до лекційних занять – такої жорсткої вимоги немає (за умови, якщо студент спроможний самостійно опрацювати лекційний матеріал на основі конспекту лекцій, підручників та додаткових матеріалів, наданих для підготовки). Водночас, при поточному оцінюванні враховується активність студента на лекціях – його питання, коментарі, відповіді на поставлені питання. Спізнення на заняття небажані (максимально дозволене спізнення -10 хв). На заняттях не дозволяється користуватися мобільними телефонами та чи іншими мобільними пристроями (крім випадків, передбачених навчальним планом та методичними рекомендаціями викладача). Забороняється списування, плагіат, підказування та виконання індивідуальних робіт за інших студентів. Забороняється займатися сторонніми справами на занятті (н-д, готуватись до інших занять та спілкуватись у соцмережах).</p> <p>Поточний контроль – оцінювання активності на лекціях та лабораторних заняттях здійснюється за 4-бальною шкалою. У кінці семестру отримані оцінки підсумовуються і переводяться у відповідну кількість балів за 100-бальною системою. Максимальна кількість балів за поточний контроль – 30 балів. Цю кількість балів студент може отримати за умови, якщо всі поточні оцінки «відмінно» і він не має пропусків занять без поважних причин. За невчасно виконані завдання (самостійну та індивідуальну роботу) знижується кількість балів. У випадку наявності незадовільних оцінок за 50% і більше на заняттях і невиконання самостійної роботи, курс буде вважатися як непройдений студентом і потребуватиме повторної здачі.</p>
--

На екзамені додатково враховуватимуться здатність працювати у команді (на практичних заняттях), очна участь студентів у конференціях, семінарах та тренінгах за темою курсу, якщо студент працює у напрямку. Додаткові бали студент може отримати за проходження курсів неформальної освіти (Coursera, Prometheus та ін.) та за програми академічної мобільності. У випадку проходження подібного курсу за змістом та кількістю кредитів, студент може отримати перезарахування цього курсу.

## 8. Рекомендована література

1. Конспект лекцій
2. Гудзь С.П., Гнатуш С.О., Білінська І.С. Мікробіологія. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2009. 360 с.
3. Мікробіологія : навчальний посібник / Т. М. Чорна. Ірпінь : УДФСУ, 2020. 412 с. (Серія «На допомогу студенту УДФСУ», т. 62).
4. Практична мікробіологія : навчальний посібник / С. І. Климнюк, І. О. Ситник, В. П. Ширококов ; за заг. ред.: В. П. Ширококова, С. І. Климнюка. Вінниця : Нова Книга, 2018. – 576 с.
5. Ситник І.О., Климнюк С.І., Творко М.С. Мікробіологія, вірусологія, імунологія. Тернопіль: ТДМУ, 2009. 392 с.
6. Антипчук А. Ф., Піляшенко-Новохатний А.І., Євдокименко Т.М. Практикум з мікробіології. К.: Видавництво: Університет "Україна", 2011. 156 с.
7. Люта В.А., Кононов О.В. Мікробіологія з технікою мікробіологічних досліджень та основами імунології: у 2 кн. К.: Здоров'я, 2006.
8. Векірчик К.М. Мікробіологія з основами вірусології. К.: Либідь, 2001. 312 с.
9. Leboffe M.J., Pierce B.E. A Photographic atlas for the microbiology laboratory. 4<sup>th</sup> edition. Morton Publishing Company, USA, 2011. 256 с.
10. Stambulska U.Y., Bayliak M.M. Legume-*Rhizobium* symbiosis: secondary metabolites, free radical processes, and effects of heavy metals. In: Merillon JM., Ramawat K. (eds) Co-Evolution of Secondary Metabolites. Reference Series in Phytochemistry. Springer, Cham. 2020. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-76887-8\\_43-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-76887-8_43-1)
11. Hogg. S. Essential microbiology, Second Edition. John Wiley & Sons, Ltd. 2013.
12. Molecular Medical Microbiology. 2-nd ed., 2015. <https://www.sciencedirect.com/book/9780123971692/molecular-medical-microbiology>
13. Wen, Z., & Zhang, J. (2015). Chapter 3 Bacterial Capsules. OI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-397169-2.00003-2>
14. Cavicchioli, R., Ripple, W.J., Timmis, K.N. et al. Scientists' warning to humanity: microorganisms and climate change. *Nat Rev Microbiol* 17, 569–586 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0222-5>
15. Kumar, M.R.; Azizi, N.F.; Yeap, S.K.; Abdullah, J.O.; Khalid, M.; Omar, A.R.; Osman, M.A.; Leow, A.T.C.; Mortadza, S.A.S.; Alitheen, N.B. Clinical and Preclinical Studies of Fermented Foods and Their Effects on Alzheimer's Disease. *Antioxidants* **2022**, *11*, 883. <https://doi.org/10.3390/antiox11050883>
16. Ballester, A. R., López-Pérez, M., de la Fuente, B., & González-Candelas, L. (2019). Functional and Pharmacological Analyses of the Role of *Penicillium digitatum* Proteases on Virulence. *Microorganisms*, 7(7), 198. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7070198>

17. Atlas of Oral Microbiology. From Healthy Microflora to Disease. 2015, Pages 1-14. Chapter 1 - Basic Biology of Oral Microbes. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802234-4.00001->
18. Ramos, C.L., Magalhães-Guedes, K.T. (2021). Detection and Quantification of Yeast Species in Food Samples for Quality Control. In: Magnani, M. (eds) Detection and Enumeration of Bacteria, Yeast, Viruses, and Protozoan in Foods and Freshwater. Methods and Protocols in Food Science . Humana, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1932-2\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1932-2_12)
19. Brown, L., Wolf, J., Prados-Rosales, R. *et al.* Through the wall: extracellular vesicles in Gram-positive bacteria, mycobacteria and fungi. *Nat Rev Microbiol* **13**, 620–630 (2015). <https://doi.org/10.1038/nrmicro3480>
20. Yang, J., Kim, E. K., McDowell, A., & Kim, Y. K. (2018). Microbe-derived extracellular vesicles as a smart drug delivery system. *Translational and clinical pharmacology*, 26(3), 103–110. <https://doi.org/10.12793/tcp.2018.26.3.103>
21. Li, M., Zhou, H., Yang, C., Wu, Y., Zhou, X., Liu, H., & Wang, Y. (2020). Bacterial outer membrane vesicles as a platform for biomedical applications: An update. *Journal of controlled release : official journal of the Controlled Release Society*, 323, 253–268. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2020.04.031>
22. Ma R, Hu X, Zhang X, Wang W, Sun J, Su Z, Zhu C. Strategies to prevent, curb and eliminate biofilm formation based on the characteristics of various periods in one biofilm life cycle. *Front Cell Infect Microbiol*. 2022 Sep 21;12:1003033. doi: 10.3389/fcimb.2022
23. Al-Hinai, M. A., Jones, S. W., & Papoutsakis, E. T. (2015). The Clostridium sporulation programs: diversity and preservation of endospore differentiation. *Microbiology and molecular biology reviews : MMBR*, 79(1), 19–37. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00025-14>
24. Semchyshyn, H. M., Bayliak, M. M., & Lushchak, V. I. (2011). Starvation in yeasts: biochemical aspects. In *Biology of starvation in humans and other organisms* (pp. 103-150).
25. Sharma, S., Chaturvedi, U., Sharma, K., Vaishnav, A., Singh, H.B. (2022). An Overview of Survival Strategies of Psychrophiles and Their Applications. In: Goel, R., Soni, R., Suyal, D.C., Khan, M. (eds) *Survival Strategies in Cold-adapted Microorganisms*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-2625-8\\_6](https://doi.org/10.1007/978-981-16-2625-8_6)
26. Jin, S., Wang, Y., & Zhao, X. (2022). Cold-adaptive mechanism of psychrophilic bacteria in food and its application. *Microbial pathogenesis*, 169, 105652. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2022.105652>
27. Jin, S., Wang, Y., & Zhao, X. (2022). Cold-adaptive mechanism of psychrophilic bacteria in food and its application. *Microbial pathogenesis*, 169, 105652. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2022.105652>
28. Finch AJ, Kim JR. Thermophilic Proteins as Versatile Scaffolds for Protein Engineering. *Microorganisms*. 2018; 6(4):97. <https://doi.org/10.3390/microorganisms6040097>
29. Dutta, B., & Bandopadhyay, R. (2022). Biotechnological potentials of halophilic microorganisms and their impact on mankind. *Beni-Suef University journal of basic and applied sciences*, 11(1), 75. <https://doi.org/10.1186/s43088-022-00252-w>
30. Rezaie, A., Leite, G. G. S., Melmed, G. Y., Mathur, R., Villanueva-Millan, M. J., Parodi, G., Sin, J., Germano, J. F., Morales, W., Weitsman, S., Kim, S. Y., Park, J. H., Sakhaie, S., & Pimentel, M. (2020). Ultraviolet A light effectively reduces bacteria and viruses including coronavirus. *PloS one*, 15(7), e0236199. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236199>
31. Nayak, T., Sengupta, I., & Dhal, P. K. (2021). A new era of radiation resistance bacteria in bioremediation and production of bioactive compounds with therapeutic potential and

- other aspects: An in-perspective review. *Journal of environmental radioactivity*, 237, 106696. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2021.106696>
32. Helen Onyeaka, Taghi Miri, Abarasi Hart, Christian Anumudu & Ozioma Forstinus Nwabor (2023) Application of Ultrasound Technology in Food Processing with emphasis on bacterial spores, *Food Reviews International*, 39:7, 3663-3675, DOI: 10.1080/87559129.2021.2013255
  33. Rémy B, Mion S, Plener L, Elias M, Chabrière E and Daudé D (2018) Interference in Bacterial Quorum Sensing: A Biopharmaceutical Perspective. *Front. Pharmacol.* 9:203. doi: 10.3389/fphar.2018.00203
  34. Sakari, M., Laisi, A., & Pulliainen, A. T. (2022). Exotoxin-Targeted Drug Modalities as Antibiotic Alternatives. *ACS infectious diseases*, 8(3), 433–456. <https://doi.org/10.1021/acsinfecdis.1c00296>
  35. Huan, Y., Kong, Q., Mou, H., & Yi, H. (2020). Antimicrobial Peptides: Classification, Design, Application and Research Progress in Multiple Fields. *Frontiers in microbiology*, 11, 582779. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.582779>

Байляк Марія Михайлівна, проф., д.б.н.,  
завідувач кафедри біохімії та біотехнології