Львівський національний університет імені Івана Франка

Біологічний факультет

Кафедра мікробіології

“**ЗАТВЕРДЖУЮ**”

Декан біологічного факультету \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_доц. Хамар І. С.

“ ” 2020 р.

(Ухвалено Вченою радою

біологічного факультету

“ ” 2020 р.,

протокол №\_\_\_\_\_\_)

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**ПП 01.36 «Фізіологія і біохімія мікроорганізмів»**

**Галузь знань «09-Біологія»**

**Спеціальність «091-Біологія»**

**Освітня програма «Біологія»**

**Мова навчання: українська**

Львів – 2020

Робоча програма навчальної дисципліни «Фізіологія і біохімія мікроорганізмів» для студентів денної форми навчання галузі знань«09-Біологія», спеціальності «091-Біологія»,освітньої програми «Біологія». – Львів: Видавничий центр Львівського національного університету імені Івана Франка, 2020 р. – 12 с.

Розробники: доцент кафедри мікробіології Масловська Ольга Дмитрівна

професор кафедри мікробіології Гнатуш Світлана Олексіївна

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри мікробіології

Протокол № 1 від “31” серпня 2020 р.

Завідувач кафедри мікробіології \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (проф. Гнатуш С. О.)

“31” серпня 2020 р.

Схвалено Методичною радою біологічного факультету

Протокол № 1 від “ ” 2020 р.

“\_\_\_\_\_”\_\_\_\_\_\_\_2020 р. Голова \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (доц. Гончаренко В. І.)

© Масловська Ольга Дмитрівна, 2020

© Гнатуш Світлана Олексіївна, 2020

© Львівський національний університет імені Івана Франка, 2020

**1. Опис навчальної дисципліни**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Найменування показників | Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти | Характеристика навчальної дисципліни |
| **денна форма навчання** |
| Кількість кредитів  3 | Галузь знань  «09-Біологія»  Спеціальність  «091-Біологія» | Нормативна |
| Модулів – 2 | **Рік підготовки:** |
| Змістових модулів – 3 | 4-й |
| **Семестр** |
| Загальна кількість годин 90 | 7-й |
| **Лекції** |
| Тижневих годин для денної форми навчання:  аудиторних – 2,5  самостійної роботи студента – 1 | Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти | 64 год |
| **Практичні, семінарські** |
|  |
| **Лабораторні** |
|  |
| **Самостійна робота** |
| 26 год |
|  |
| Вид контролю |
| іспит |

**Примітка**: співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 2,5 : 1

**2.** **Мета навчальної дисципліни**

**Мета**: ознайомити студентів з фізіолого-біохімічними процесами у клітинах прокаріотичних та еукаріотичних мікроорганізмів.

**3. Результати навчання**

У результаті вивчення дисципліни студент повинен оволодіти компетентностями:

* здатність застосовувати знання фізіології і біохімії мікроорганізмів у професійній діяльності з урахуванням новітніх досягнень, у т.ч. для дослідницької роботи;
* здатність застосовувати знання та вміння з генетики, біохімії, біофізики та інших суміжних наук для вирішення конкретних мікробіологічних завдань;
* здатність характеризувати закономірності росту та диференціації клітин мікроорганізмів, транспорту поживних речовин;
* здатність характеризувати функціонування метаболітних систем мікроорганізмів;
* здатність демонструвати знання механізмів підтримання гомеостазу клітини мікроорганізмів за впливу стресових чинників;

Після завершення цього курсу студент буде:

**знати:**

* особливості процесів росту та диференціації клітин мікроорганізмів, транспорту поживних речовин у клітину та шляхи регуляції цих процесів;
* різноманітність метаболічних шляхів та способи регуляції метаболізму у клітинах мікроорганізмів;
* процеси катаболізму і анаболізму;
* реакції адаптації мікроорганізмів до впливу чинників середовища;
* особливості вторинного метаболізму.

**вміти:**

* використовувати набуті знання, щодо фізіологічних і біохімічних особливостей мікроорганізмів для проведення власних мікробіологічних досліджень;
* аналізувати різні методи для дослідження фізіологічних і біохімічних процесів мікроорганізмів;
* порівнювати особливості фізіологічних і біохімічних процесів мікроорганізмів;
* диференціювати метаболічні перетворення макромолекул у клітинах прокаріот;
* прогнозувати відповідь клітин мікроорганізмів за впливу стресових чинників.

**4. Програма навчальної дисципліни**

**Змістовий модуль 1**. **Особливості клітинної організації мікроорганізмів. Закономірності росту, транспорту поживних речовин у клітину**

**Тема 1. Клітинна і субклітинна організація прокаріот.** Склад слизистих шарів, капсул, чохлів. Клітинна стінка і периплазматичний простір. Композиція жирних кислот цитоплазматичної мембрани та ліпополісахариду. Ліпіди та мембранні білки у клітинах бактерій, архебактерій. Ладеральні ліпіди. Гопаноїди. Функції цитоплазматичної мембрани. Гомеофазна адаптація. Цитоплазма та її компоненти. Білки клітини. Синтез поверхневих структур клітини (синтез пептидоглікану, ліпополісахариду, тейхоєвих, ліпотейхоєвих і тейхуронових кислот).

**Тема 2. Закономірності росту мікроорганізмів.** Кінетичні характеристики росту мікробних популяцій. Моделі росту мікробних популяцій. Стратегії росту мікроорганізмів. Періодичне та безперервне культивування мікроорганізмів. Диауксія. Ріст у хемостаті. Ріст у турбідостаті. Теорія біоплівки. Структура біоплівки. Формування екзоклітинного матриксу. Життєвий цикл біоплівки.

**Тема 3. Клітинний цикл мікроорганізмів**. Мономорфний, диморфний і поліморфний клітинні цикли мікроорганізмів. Фази клітинного циклу. Регуляція поділу у мікроорганізмів. Роль білка FtsZ та Min-системи.

Клітинний поділ у монотрихів та бактерій, які ростуть полярно. Клітинний поділ у бактерій, які містять декілька хромосом. Поділ бактерій, які втратили FtsZ (клітинний поділ *Chlamydia trachomatis*). Поділ клітини у бактерій роду *Epulopiscium*.

**Тема 4. Процеси клітинної диференціації мікроорганізмів.** Полярна диференціація клітин мікроорганізмів. Диференціація мембран у фототрофних мікроорганізмів. Гетероцисти ціанобактерій. Спороутворення у бактерій як вид клітинної диференціації. Утворення багатоклітинних структур як вид диференціації *Myxococcus xanthus*.

**Тема 5. Будова клітин грибів.** Морфологія грибів. Структура клітинної стінки грибів. Білки клітинної стінки грибів. Внутрішньоклітинні органели та їхні функції. Метаболізм грибів. Особливості дихального ланцюга дріжджів.

**Тема 6. Ріст і розмноження грибів.** Клітинний цикл дріжджів. Диференціація клітин дріжджів. Регуляція клітинного циклу грибів.

**Тема 7.** **Транспорт поживних речовин у клітину.** Структура і функції транспортних систем мікроорганізмів. Різноманітність і регуляція транспортних систем мікроорганізмів. Транспорт вуглеводів, білків. Транспорт мікроелементів та електролітів. Транспорт феруму у клітини прокаріотичних та еукаріотичних мікрооранізмів. Регуляція транспорту феруму.

**Тема 8. Еспресія генів та механізми регуляції.** Регуляція експресії генів: оперон, регулон, модулон, стимулон. Механізми репресії та індукції. σ-фактори. Транскрипційні фактори. Регуляція експресії генів за типом аттенуації. Системи глобального контролю метаболічних шляхів. Посттрансляційний контроль і модифікація білків. Катаболітна репресія (роль фосфоенолпіруват залежної фосфотрансферазної системи та цАМФ у процесі).

**Змістовий модуль 2. Катаболізм мікроорганізмів**

**Тема 9. Загальна характеристика метаболізму мікроорганізмів.** Типи метаболізму (катаболізм, анаболізм, амфіболізм). Переносники гідрогену. Роль АТФ у клітинах мікроорганізмів. Акцептори електронів. Субстратне фосфорилювання. Електронотранспортне фосфорилювання. Фотофосфорилювання.

**Тема 10.** **Катаболізм гетеротрофних мікроорганізмів.** Підготовчий та основний етапи метаболізму. Гліколіз. Шлях Ентнера-Дудорова. Модифікації шляху Ентнера-Дудорова. Пентозофосфатний шлях. Неповні окиснення. Цикл Кребса. Функціонування циклу Кребса за анаеробних умов. Енергетичний баланс циклу Кребса, ланки генерації макроергічних фосфатів та відновних еквівалентів. Фізіологічне значення процесу. Гліоксилатний шунт. Механізми регуляції гліоксилатного шунта. Регуляція циклу Кребса і гліколізу.

**Тема 11. Процеси бродіння**. Гомоферментативне та гетероферментативне молочнокисле бродіння. Герероферментативне бродіння у біфідобактерій. Пропіоновокисле бродіння. Акрилатний і сукцинат-пропіонатний шляхи утворення пропіонату. Спиртове бродіння (дріжджі, бактерії роду *Sarcina* та *Zymomonas*)*.* Маслянокисле бродіння. Мурашинокисле бродіння. Зброджування амінокислот, етанолу, гліцерилу, цитрату, N-гетероциклічних сполук. Регуляція процесів бродіння.

**Тема 12. Окиснення субстратів, відмінних від глюкози**. Окиснення галактози, лактози, мальтози, пектину. Окиснення білків, ліпідів, рибонуклеїнових та дезоксирибонуклеїнових кислот, ароматичних сполук, гетероциклічних нітрогеноовмісних сполук, ксенобіотиків.

**Тема 13. Аеробне дихання мікроорганізмів.** Дихальний ланцюг аеробних прокаріот. Механізми генерації трансмембранного потенціалу. Особливості будови пунктів спряженого фосфорилювання. Структура АТФ-синтетази аеробних мікроорганізмів. Інгібітори окисного фосфорилювання.

**Тема 14. Катаболізм хемолітотрофних мікроорганізмів.** Отримання енергії хемолітотрофними мікроорганізмами. Джерела електронів. Окисно-відновні реакції, які здійснюють хемолітрофні мікроорганізми. Особливості будови дихального ланцюга хемолітотрофів. Пряме і зворотнє перенесення електронів. Вихід АТФ за окисного фосфорилювання у хемолітотрофів. Фізіологічні типи хемолітотрофів. Сіркові бактерії. Водневі бактерії. Карбоксидобактерії. Нітрифікувальні бактерії. Метаболізм анаммокс бактерій. Бактерії, які здійснюють окиснення феруму та мангану.

**Тема 15. Анаеробне дихання**. Дихальний ланцюг анаеробних бактерій. Нітратне дихання. Сульфатне дихання. Сіркове дихання. Залізне та манганове дихання. Карбонатне дихання. Фумаратне дихання. Метаногенез.

**Тема 16. Метаболізм фототрофних мікроорганізмів.** Оксигенний та аноксигенний фотосинтез: механізм процесу, енергетичний баланс, ключові метаболіти. Структура фотосистем. Циклічний та нециклічний механізм транспорту електронів.

**Змістовий модуль 3. Анаболізм мікроорганізмів. Реакції адаптації мікроорганізмів до впливу чинників середовища**

**Тема 17. Шляхи асиміляції вуглекислого газу**. Цикл Кальвіна, цикл Еванса–Буханана–Арнона, відновлювальний ацетил-КоА шлях, 3-гідроксипропіонатний цикл). Асиміляція С1-субстратів (сериновий шлях, рибулозомонофосфатний шлях, дигідроксиацетоновий шлях) та С2-субстратів (глюконеогенез). Потоки карбону у процесах біосинтезу.Анаплеротичні реакції.

**Тема 18. Асиміляція нітрогену, сульфуру, фосфору.** Механізми включення у біосинтез нітрогену (азотофіксація, нітрогеназний комплекс, регуляція процесу), шляхи включення амонію до складу амінокислот. Асиміляція сульфуру, фосфору.

**Тема 19. Біосинтез макромолекул клітини.** Характеристика основних метаболітів-попередників біосинтезу. Біосинтез пуринів та піримідинів. Біосинтез ліпідів. Шляхи синтезу жирних кислот. Бактерійні десатурази. Біосинтез амінокислот. Біосинтез білка.

**Тема 20. Вплив чинників середовища на фізіолого-біохімічні властивості мікроорганізмів.** Вільнорадикальні сполуки та їх вплив на клітину мікроорганізмів (активовані форми кисню, нітрогену, органічні радикальні сполуки). Пошкодження ДНК, білків, ліпідів вільнорадикальними сполуками. Оксидативний стрес. Карбонільний стрес. Кислотний стрес. Взаємозв’язок між оксидативним, карбонільним та кислотним стресом. Тепловий шок. Осмотичний стрес.

**Тема 21. Адаптації мікроорганізмів за впливу чинників середовища.** Система антиоксидантного захисту у бактерій та дріжджів. Особливості системи антиоксидантного захисту анаеробних мікроорганізмів. Редокс-сенсори мікроорганізмів. Регулон *rpoS.* Відповідь клітин за умови голодування. Контроль шляхів анаболізму і біосинтезу макромолекул модулоном RelA/SpoT. Відповідь на дію осмотичного стресу. *rpoH*- та *rpoЕ*-регулони теплового шоку. Структура і функції білків теплового шоку.

Відповідь клітини на стрес. Ензиматичний рівень. Регуляція на рівні експресії генів. Проведення сигналу регуляторними системами. Механізм проведення сигналу за типом Quorum Sensing.

**5. Структура навчальної дисципліни**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Назви змістових модулів і тем | Кількість годин | | | | | | | | | | | |
| Усього | | | | у тому числі | | | | | | | |
| л | п | | лаб | | інд | | ср |
| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | | 5 | | 6 | | 7 |
| **Змістовий модуль 1. Особливості клітинної організації мікроорганізмів. Закономірності росту, транспорту поживних речовин у клітину** | | | | | | | | | | | | |
| Тема 1. Клітинна і субклітинна організація прокаріот | | 3 | | | 2 |  |  | | |  | | 1 |
| Тема 2. Закономірності росту мікроорганізмів | | 3 | | | 2 |  |  | | |  | | 1 |
| Тема 3. Клітинний цикл мікроорганізмів | | 3 | | | 2 |  |  | | |  | | 1 |
| Тема 4. Процеси клітинної диференціації мікроорганізмів | | 5 | | | 4 |  |  | | |  | | 1 |
| Тема 5. Будова клітин грибів | | 7 | | | 6 |  |  | | |  | | 1 |
| Тема 6. Ріст і розмноження грибів | | 3 | | | 2 |  |  | | |  | | 1 |
| Тема 7. Транспорт поживних речовин у клітину | | 3 | | | 2 |  |  | | |  | | 1 |
| Тема 8. Еспресія генів та механізми регуляції | | 3 | | | 2 |  |  | | |  | | 1 |
| **Разом – зм. модуль 1** | | **30** | | | **22** |  |  | | |  | | **8** |
| **Змістовий модуль 2. Катаболізм мікроорганізмів** | | | | | | | | | | | | |
| Тема 9. Загальна характеристика метаболізму мікроорганізмів | | 2 | | 1 | |  |  | | |  | | 1 |
| Тема 10. Катаболізм гетеротрофних мікроорганізмів | | 6 | | 4 | |  |  | | |  | | 2 |
| Тема 11. Процеси бродіння | | 6 | | 4 | |  |  | | |  | | 2 |
| Тема 12. Окиснення субстратів, відмінних від глюкози | | 2 | | 1 | |  |  | | |  | | 1 |
| Тема 13. Аеробне дихання мікроорганізмів. | | 3 | | 2 | |  |  | | |  | | 1 |
| Тема 14. Катаболізм хемолітотрофних мікроорганізмів | | 3 | | 2 | |  |  | | |  | | 1 |
| Тема 15. Анаеробне дихання | | 5 | | 4 | |  |  | | |  | | 1 |
| Тема 16. Метаболізм фототрофних мікроорганізмів | | 3 | | 2 | |  |  | | |  | | 1 |
| **Разом – зм. модуль 2** | | **30** | | **20** | |  |  | | |  | | **10** |
| **Змістовий модуль 3. Анаболізм мікроорганізмів. Реакції адаптації мікроорганізмів до впливу чинників середовища** | | | | | | | | | | | | |
| Тема 17. Шляхи асиміляції вуглекислого газу | | 5 | 4 | | |  |  | |  | | 1 | |
| Тема 18. Асиміляція нітрогену, сульфуру, фосфору | | 6 | 4 | | |  |  | |  | | 2 | |
| Тема 19. Біосинтез макромолекул клітини | | 5 | 4 | | |  |  | |  | | 1 | |
| Тема 20. Вплив чинників середовища на фізіолого-біохімічні властивості мікроорганізмів | | 3 | 2 | | |  |  | |  | | 1 | |
| Тема 21. Адаптації мікроорганізмів за впливу чинників середовища | | 11 | 8 | | |  |  | |  | | 3 | |
| **Разом – зм. модуль 3** | | **30** | **22** | | |  |  | |  | | **8** | |
| **Усього годин** | | **90** | **64** | | |  |  | |  | | **26** | |

**6. Самостійна робота**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
| 1 | Етапи розвитку фізіології і біохімії мікроорганізмів як науки, роботи видатних вчених. Вклад українських мікробіологів | 1 |
| 2 | Методи дослідження фізіологічних і біохімічних процесів у мікроорганізмів | 1 |
| 3 | Транспорт іонів важких металів | 2 |
| 4 | Транспорт феруму у дріжджів | 1 |
| 5 | Редокс-потенціали акцепторів електронів | 1 |
| 6 | Хеміосматична гіпотеза Мітчела | 1 |
| 7 | Причини неповного окиснення органічних субстратів хемоорганотрофними мікроорганізмами. Оцтовокислі бактерії | 2 |
| 8 | Використання мікроорганізмами полімерних сполук. Екзоферменти. Синтез та секреція екзоферментів. | 1 |
| 9 | Класифікація метаногенів | 1 |
| 10 | Фіксація СО2 метаногенами | 1 |
| 11 | Комбінація процесів біосинтезу та метаногенезу. Унікальні коферменти метаногенів | 1 |
| 12 | Субстатна специфічність метаногенів. | 2 |
| 13 | Особливості катаболізму хемолітотрофних мікроорганізмів | 2 |
| 14 | Фотосинтезувальні пігменти. Світловловлюючі антенні комплекси та реакційні центри. Представники фізіологічних груп прокаріот, що здійснюють цей процес | 1 |
| 15 | Вторинний метаболізм.Особливості синтезу вторинних метаболітів у прокаріот. Біохімічні особливості дії деяких антибіотиків на прокаріотичну клітину | 1 |
| 16 | Механізми взаємодії прокаріотичних клітин між собою | 1 |
| 17 | Оперони і регулони як транскрипційні одиниці | 1 |
| 18 | Регуляція транскрипції. Посттранскрипційна регуляція | 1 |
| 19 | Вплив зовнішніх факторів на ріст мікроорганізмів (вплив температури, рН, тиску, радіації, кисню) | 2 |
| 20 | Основні білки теплового шоку *Escherichia coli* | 1 |
| 21 | Регуляція відповіді на тепловий шок у грампозитивних мікроорганізмів | 1 |
|  | Разом | 26 |

**7. Методи навчання**

Методи передавання та обміну словесною інформацією (розповідь, діалог), наочні, переконування (діагностичне питання, приведення доказів), розвиток мислительних дій (порівняння, розрізнення, узагальнення, дедукція, індукція).

**8. Методи контролю**

**Змістовий модуль 1.** Розподіл балів за формами оцінювання:

* тести та завдання із теоретично орієнтованими завданнями – 17 балів;

**Змістовий модуль 2.** Розподіл балів за формами оцінювання:

* тести та завдання із теоретично орієнтованими завданнями – 16 балів.

**Змістовий модуль 2.** Розподіл балів за формами оцінювання:

* тести та завдання із теоретично орієнтованими завданнями – 17 балів

**9. Розподіл балів, що присвоюється студентам**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Поточне оцінювання та самостійна робота | | | Іспит | Сума |
| Змістовий модуль 1 | Змістовий модуль 2 | Змістовий модуль 3 | 50 | 100 |
| Т1 – Т8 | Т10 – Т16 | Т17 – Т22 |
| 17 | 16 | 17 |

Т1, Т2…Т11 – теми змістових модулів.

**Шкала оцінювання: вузу, національна та ECTS**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Оцінка ECTS | Оцінка в балах | За національною шкалою | |
| А | 90 – 100 | 5 | Відмінно |
| В | 81-89 | 4 | Добре |
| С | 71-80 |
| D | 61-70 | 3 | Задовільно |
| Е | 51-60 |
| FX | 21–50 |  | Незадовільно |
| F | 0–20 |  |

**10. Методичне забезпечення**

1. Підручники та їх електронні форми.

2. Навчальні посібники та конспекти лекцій.

**11. Рекомендована література**

**Базова**

1. Гудзь С.П., Гнатуш С.О., Білінська І.С. Мікробіологія: навч. посіб. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. 359 с.
2. Горішний М.Б., Гудзь С.П., Гнатуш С.О. Бактеріальний фотосинтез: навч. посіб. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 179 с.
3. Яворська Г.В., Гудзь С.П., Гнатуш С.О.Промислова мікробіологія: навч. посіб. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. 253 с.
4. Козлова І.П., Радченко О.С., Степура Л.Г., Кондратюк Т.О. Геохімічна діяльність мікроорганізмів та її прикладні аспекти: навч. посіб. Київ: Наукова думка, 2008. 528 с.
5. Современная микробиология: Прокариоты: В 2-х томах / Под ред. Й. Ленгелера, Г. Древса, Г. Шлегеля. Москва: Мир, 2005. Т. 1 656 с., Т. 2. 496 с.
6. Сибірна Н.О., Чайка Я.П., Климишин Н.І. та ін. Механізми біохімічних реакцій: навч. посіб. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 320 с.
7. СиволобА.В. Молекулярна біологія: підручник*.* Київ: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 384 с.
8. Rosenberg E., DeLong E., Thompson F. et al. The prokaryotes: Prokaryotic physiology and biochemistry. Fourth Edition. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2013. 682 p.
9. Streips U., Yasbin R. Modern microbial genetics. Second Edition. Wiley-Liss, Inc., 2002. 655 p.
10. Walker G.M. Yeast physiology and biotechnology. Chichester N.Y: John Wiley & Sons, 1998. 320 p.

**Допоміжна**

1. Брюханов А., Нетрусов А. Аэротолерантность строго анаэробных микроорганизмов: факторы защиты от окислительного стресса (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 2007. Т. 43, № 6. С. 635–652.
2. Господарьов Д.В., Лущак В.І. Обмін заліза у дріжджів // Укр. біохім. журн. 2005. Т. 77, №3. С. 5–19.
3. Лущак В. Редокс-сенсори мікроорганізмів // Укр. біохім. журн. 2008. Т. 80, № 4. С. 25–34.
4. Семчишин Г., Лущак В. Оксидативний стрес і регуляція каталаз у Escherichia coli // Укр. біохім. журн. 2004. Т. 76, № 2. С. 31–42.
5. Dworkin M. et al. The Prokaryotes: an evolving electronic resource for the microbiological community, 3rd ed. New York: Springer-Verlag, 2006. 139 р.
6. Fredriksson A., Ballesteros M., Dukan S., Nystrom T. Defense against protein carbonylation by DnaK/DnaJ and proteases of the heat shock regulon // J. Bacteriol. 2005. Vol. 187, № 12. P. 4207–4213.
7. Kaneda T. Iso- and anteiso-fatty acids in bacteria: biosynthesis, function, and taxonomic significance // Microbiol. Rev. 1991. Vol. 55, № 2. P. 288–302.
8. Koga Y. Thermal adaptation of the archaeal and bacterial lipid membranes // Archaea. 2012. Vol. 2012. P. 789652-1–789652-6.
9. 10. Semchyshyn H., Lushchak V.Interplay between oxidative and carbonyl stresses: molecular mechanisms, biological effects and therapeutic strategies of protection [Електронний ресурс] : Oxidative Stress – Molecular Mechanisms and Biological Effects // InTech. 2012. P. 15–46. – Режим доступу до журн. : [www.intechopen.com](http://www.intechopen.com).
10. Zhang Y., Rock C. Transcriptional regulation in bacterial membrane lipid synthesis // J. Lipid Res. 2009. Vol. 50. P. 115–119.
11. Valas R., Bourne P. Rethinking proteasome evolution: two novel bacterial proteasomes // J. Mol. Evol. 2008. Vol. 66. P. 494–504.

**12. Інформаційні ресурси**

1. http://www.ncbi.nih.gov – Національний центр інформації з біотехнології (NCBI Web Seit).

2. http://asm.org – журнал Американського мікробіологічного товариства.

3. http://aem.asm.org – журнал Applied and Environmental Microbiology.

4. http://intl-jb.asm.org – журнал Journal of Bacteriology.

5. http://bab. portlandpress. com – журнал Biotechnology and Applied Biochemistry.

Автори (Масловська О.Д.)

(Гнатуш С.О.)