

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ФАКУЛЬТЕТ БІОТЕХНОЛОГІЇ І БІОТЕХНІКИ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою факультету біотехнології і
біотехніки

Протокол № 7 від 25 лютого 2019 р.

Голова вченої ради

О. М. Дуган



ПРОГРАМА

вступного комплексного фахового випробування
для вступу на освітню програму підготовки магістра «Біотехнології»
за спеціальністю 162 Біотехнології та біоінженерія

Програму рекомендовано кафедрами:

Промислової біотехнології

Протокол № 7 від 20 лютого 2019 р.

Завідувач кафедри [Signature] Т.С. Годосійчук

Біоінформатики

Протокол № 7 від 13 лютого 2019 р.

Завідувач кафедри [Signature] С.В. Горобець

Екобіотехнології та біоенергетики

Протокол № 9 від 11 лютого 2019 р.

Завідувач кафедри [Signature] Є.В. Кузьмінський

Київ – 2019

ВСТУП

Комплексне фахове випробування проводиться зі вступниками на навчання на освітню програму підготовки магістра «Біотехнології» за спеціальністю 162 Біотехнології та біоінженерія. Метою програми є ознайомити абітурієнтів, що мають диплом бакалавра та хочуть і далі продовжити навчання в магістратурі, з умовами та особливостями проведення фахового випробування. Задачею програми є надання переліку навчального та інформаційного матеріалу для проведення випробування, що допоможе вступнику підготуватися до конкурсного відбору.

Завдання для випробування ґрунтуються на основному матеріалі наступних дисциплін бакалаврату «Біотехнології»: «Загальна мікробіологія та вірусологія», «Біохімія», «Генетика», «Основи генетичної та клітинної інженерії», «Загальна біотехнологія» та «Процеси і апарати біотехнологічних виробництв». Обрані для завдань питання подані у основній частині програми. Екзаменаційний білет складається з трьох теоретичних рівновагових запитань з різних перерахованих вище дисциплін, відповідь на які абітурієнт надає у письмовому вигляді. Тривалість фахового випробування 150 хв. без перерви.

Комплексне фахове випробування дозволяє оцінити рівень підготовки абітурієнта для навчання за освітнім ступенем магістра та сформованості здатності до інтегрованого застосування набутих знань в рамках основних фахових дисциплін бакалаврської підготовки.

ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

Загальна мікробіологія та вірусологія

1. Становлення та розвиток мікробіології. Морфологічний період розвитку мікробіології. Еколого-фізіологічний період розвитку мікробіології. Відкриття Луї Пастера (участь мікробів у біохімічному перетворенні речовин; бродіння; анаеробіоз; проблема самозародження життя; мікроорганізми – збудники захворювань; атенуація мікробів). Відкриття Роберта Коха. Розробка методів досліджень. Вклад у розвиток мікробіології вітчизняних вчених (фагоцитарна теорія імунітету; хемосинтез, накопичувані культури; відкриття вірусів та ін.). Розвиток мікробіології у 20-му столітті.

2. Положення мікроорганізмів у природі. Класифікація живих організмів. Акаріоти, прокаріоти та еукаріоти. Загальні властивості мікроорганізмів (розмір особини та співвідношення між поверхнею та об'ємом; пластичність метаболізму; розповсюдження мікроорганізмів).

Морфологія мікроорганізмів. Бактерії (сферичні бактерії, або коки; циліндрична форма бактерій; бактерії спіральної форми; звивисті, бактерії незвичної форми; нитчасті форми бактерій). Мікроскопічні міцеліальні гриби (вегетативне тіло; ріст та розмноження грибів). Дріжджі.

3. Хімічний склад бактеріальної клітини. Клітинна вода; елементний склад; органічні сполуки: білки, нуклеїнові кислоти, вуглеводи, ліпіди, пігменти. Фізико-хімічні властивості бактеріальної клітини (броунівський рух, показник

заломлення, густина, в'язкість, еластичність, електричний заряд, окисно-відновний потенціал, гідрофобність та гідрофільність, неспецифічна аглютинація, адсорбція іонів, осмотичний тиск, свічення).

4. Будова мікробної клітини. Клітинні стінки мікроорганізмів. Поверхневі структури клітинної стінки бактерій (джгутики і рухомість; фімбрії та пілі; таксиси; капсула та слизовий шар). Будова і хімічний склад клітинних стінок прокариот (фарбування за Грамом; пептидоглікани; клітинна стінка грампозитивних та грамнегативних бактерій; дія лізоциму та пеніциліну; зовнішні шари клітинних стінок грамнегативних бактерій; функції зовнішньої мембрани). Клітинні стінки еукаріот (дріжджів та мікроміцетів).

Мембрани мікробних клітин. Загальні уявлення про хімічний склад і будову мембран. Цитоплазматична мембрана (мембранні білки; мембранні вуглеводи; ліпіди мембран). Структурні і функціональні особливості мембран прокариот та еукаріот (мембранні утворення грамнегативних та грампозитивних бактерій; мембрани та органелли еукаріот; ендцитоз та ендосимбіотична гіпотеза).

Внутрішньоклітинні структури. Рибосоми. Вакуолі. Карбоксисоми. Магнітосоми. Запасні речовини (полісахариди, жироподібні речовини, поліфосфати, сірка). Нуклеоїд. Позахроосомні генетичні елементи.

Форми спокою у бактерій. Ендоспори (терморезистентність спор; характеристика спороутворювальних бактерій; виявлення ендоспор; спороутворення; властивості зрілих спор; проростання спор; тривалість життя спор). Інші форми спокою (цисти, екзоспори, міксоспори).

Характерні ознаки еукаріот та прокариот. Структурні, генетичні, функціональні та хімічні відмінності прокариот та еукаріот (підсумкові дані). Характерні ознаки грампозитивних та грамнегативних бактерій (підсумкові дані).

5.Ріст мікроорганізмів. Дія на мікроорганізми зовнішніх факторів. Фізичні фактори (температура; вологість і осмотичний тиск; гідростатичний тиск; промениста енергія; електрика; ультразвук). Хімічні фактори (концентрація іонів водню; кисень та аерація, окисно-відновний потенціал середовища; хімічні сполуки). Загибель та знищення мікроорганізмів. Методи стерилізації (вологий жар; сухий жар; фільтрація; опромінення; хімічні засоби). Методи консервування (фізичні та хімічні методи).

Адаптивні реакції мікроорганізмів на стресові дії. Зміни в ліпідному складі мембран. Утворення протекторних сполук (осмопротектори; пігменти; вуглеводи; протекторні білки). Антирадикальний захист. Роль міжклітинних хімічних комунікацій в адаптації мікроорганізмів до стресу. Регуляторні системи відповіді на стресові дії.

Живлення мікроорганізмів. Головні та мінорні біоелементи. Два основні механізми синтезу АТФ (фосфорилування при перенесенні електронів та субстратне фосфорилування). Типи живлення (поживні речовини як джерела енергії; поживні речовини як джерела вуглецю та донори електронів; ростові та неростові субстрати; трансформація мікроорганізмами суміші ростових та неростових субстратів - міксотрофія, диауксія, кометаболізм, синтаболізм). Потреби мікроорганізмів у факторах росту. Типи поживних середовищ для

вирощування мікроорганізмів. Елективні методи культивування (накопичувальні та чисті культури).

Фізіологія росту. Визначення росту (поняття «ріст»). Розмноження бактерій. Ріст бактерій в бактеріальній популяції. Методи визначення концентрації бактерій та біомаси. Експоненційний ріст та тривалість генерації. Ріст бактерій в періодичній культурі. Параметри кривої росту. Ріст в безперервній культурі. Принципові відмінності між періодичною та безперервною культурами. Синхронні культури.

6. Систематика прокариот. Вступ до систематики бактерій. Принципи класифікації бактерій; термінологія, яка використовується в систематиці (класифікація; номенклатура; таксон, ідентифікація). Концепція виду в бактеріології. Історичні аспекти систематики бактерій. Розділення 9-го видання Бергі на Керівництво з систематики і Керівництво з ідентифікації бактерій.

Характеристика таксонів вищого рангу згідно 9-го видання Керівництва Бергі з систематики бактерій.

Vidділ Gracilicutes (грамнегативні бактерії, які мають клітинну стінку). Клас Scotobacteria (частини №№ 1 - 14). Клас Anoxyphotobacteria (частина № 15). Клас Oxyphotobacteria (частина № 16).

Vidділ Firmicutes (грампозитивні еубактерії, які мають клітинну стінку). Клас Firmibacteria (частини №№ 17- 19). Клас Thallobacteria (частина № 20).

Vidділ Tenericutes (еубактерії, які не мають клітинної стінки). Клас Mollicutes (частина № 21). Характеристика мікоплазм.

Vidділ Mendosicutes (архебактерії). Характеристика 5-ти груп архебактерій згідно Керівництва Бергі з ідентифікації бактерій (1997 рік) (метаногени; сульфатредуючі археї; екстремально галофільні аеробні архебактерії – галобактерії; архебактерії, які не мають клітинної стінки; екстремальні термофіли і гіпертермофіли, які метаболізують S⁰).

Сучасні напрямки в систематиці бактерій. Недоліки фенотипової систематики. Геносистематика бактерій (вміст ГЦ в ДНК; гібридизація ДНК–ДНК та ДНК–рНК; амінокислотна послідовність білків; нуклеотидна послідовність генів: метод полімеразної ланцюгової реакції та аналіз 16S рРНК). Філогенетична систематика - 11 основних груп бактерій; клас *Proteobacteria*; видання “Prokaryotes”, друге видання (загальне 10-те видання) Керівництва Бергі з систематики бактерій.

7. Гриби. Загальна характеристика грибів. Розвиток мікології, положення грибів серед живих організмів. Ознаки грибів, спільні з рослинами і тваринами. Будова грибної клітини. Характеристика органел грибної клітини. Вегетативне тіло гриба. Нижчі (фікоміцети) та вищі (еуміцети) гриби. Видозмінення міцеліального росту (хламідоспори, тяжі, ризоморфи, склероції, апресорії, гаусторії, кільця). Явище диморфізму. Розмноження грибів (вегетативне - фрагментація гіфів, їх брунькування, утворення хламідоспор; безстатеве - за допомогою безстатевих екзогенних (конідії) та ендогенних (спорангіоспори) спор; статеве – за допомогою статевих спор: ооспор, зигоспор, аскоспор, базидіоспор). Три фази статевого процесу (плазмогамія, каріогамія, мейоз).

Систематика грибів. Систематика 70-80-х років ХХ століття (відділ *Muchomycota*; відділ *Eumycota* – класи *Chytridiomycetes*, *Oomycetes*, *Zygomycetes*, *Trichomycetes*, *Ascomycetes*, *Basidiomycetes*, *Deuteromycetes*). Проблеми сучасної систематики грибів (аналіз 18S рРНК і філогенетична класифікація грибів; систематика грибів Хоуксворта (1995), Маргеліс та Шварц (1997), Кавалір-Сміта (1998); виключення з царства грибів міксоміцетів, ооміцетів та гіфохітридієвих грибів).

Біологічно активні речовини грибів. Ферменти (амілази, целюлази, ксиланази, глюканази, пектинази, протеази, глюкозооксидаза та каталаза); антибіотики; полісахариди; токсини; стимулятори росту рослин та вітаміни; органічні кислоти.

Екологічні групи грибів. Географічне розповсюдження грибів. Грунтові гриби. Гриби у повітрі. Водні гриби. Фітопатогенні гриби. Гриби, які розкладають деревину. Гриби, патогенні для людини та тварин. Ентомофільні гриби. Гриби-хижаки. Мікофільні гриби. Гриби-симбіонти. Їстівні гриби. Гриби, які спричиняють пошкодження промислових виробів, матеріалів, споруд.

8. Дріжджі. Основні етапи у дослідженні дріжджів. Будова дріжджової клітини. Розмноження дріжджів (безстатеве – брунькування, ділення, безстатевими хламідо- та бластоспорами; статеве – ендогенними (аскоспори) та екзогенними (споридії) спорами). Систематика дріжджів (систематика Крегер-ван Рій (1984); аналіз 18S та 23S рРНК і філогенетична класифікація дріжджів Куртцмана і Фела (1998-2000 рр.); положення аспорогенних дріжджів серед аско- та базидіоміцетів). Характеристика деяких промислових дріжджів. Дріжджі *Saccharomyces* у промисловості (виробництво алкогольних напоїв, виробництво етанолу, пекарські дріжджі та отримання біомаси; продукти, які отримуються з дріжджів).

9. Віруси. Відкриття вірусів. Етапи розвитку вірусології. Хронологія відкриття вірусів. Форми існування і загальна організація вірусів. Будова вірусів. Природа і походження вірусів. Класифікація вірусів (критерії систематики вірусів, характеристика ДНК- і РНК-вмісних вірусів). Культивування і репродукція вірусів (способи культивування вірусів, стадії і фази репродукції вірусів). Віруси бактерій (класифікація, форма і будова бактеріофагів, властивості фагів, розмноження вірулентного фага: літичний цикл; розвиток помірних фагів: лізогенія, одержання і практичне використання фагів у біології і медицині). Фітопатогенні віруси (таксономія, віроїди, основні властивості). Патогенні віруси комах. Форми і види вірусних інфекцій у людини і тварин. Відношення вірусів і плазмід до утворення пухлин (онкогенезу).

10. Загальні поняття про метаболізм. Шляхи катаболізму глюкози та інших вуглеводів. Конструктивний метаболізм. Енергетичний метаболізм (макроергічні сполуки; АТФ як кофермент для активації метаболітів; відновлювальні еквіваленти). Принцип “біохімічної єдності”. Роль ферментів у метаболізмі. Ферменти мікроорганізмів.

Фруктозо-1,6-дифосфатний шлях (гліколіз, шлях Ембдена-Мейергофа-Парнаса). Шлях Ентнера-Дудорова (КДФГ-шлях). Розщеплення глюкози через глюконат. Пентозофосфатний цикл (фосфоглюконатний шлях, гексозофосфатний

шунт). Поняття “ключові ферменти”. Катаболізм вуглеводів, відмінних від глюкози. Окислення пірувату. Цикл трикарбонових кислот. Анаплеротичні реакції при рості мікроорганізмів на вуглеводах (карбоксилювання пірувату та фосфоенолпірувату).

11. Дихальний ланцюг та фосфорилювання (синтез АТФ) при перенесенні електронів. Компоненти дихального ланцюга (флавопротеїни, залізосіркові білки, хінони та цитохроми). Окисно-відновний потенціал. Розміщення та функції окисно-відновних систем у дихальному ланцюгові. Коефіцієнт P/O та енергетичний баланс. Механізм синтезу АТФ при перенесенні електронів. Гіпотеза Мітчелла та трансмембранний електрохімічний градієнт протонів (протонрушійна сила, протонний потенціал). Зворотній перенос електронів за рахунок енергії АТФ у аеробних хемолітоавтотрофів. Токсична дія молекулярного кисню на аеробні та анаеробні мікроорганізми. Електрон-транспортні процеси у анаеробних бактерій. Інгібітори дихального ланцюга.

12. Метаболічна активність аеробних гетеротрофів. Метаболізм C₂-сполук (етанол та ацетат як субстрати; гліюксилатний цикл; гліюконеогенез; гліюксилат та оксалат як субстрати, гліцератний шлях). Ріст на відновлених C₁-сполуках (енергетичний метаболізм метанотрофів; конструктивний метаболізм: серин-ізоцитрат-ліазний шлях та рибулозомонофосфатний цикл; факультативні метилотрофи). Катаболізм вищих n-алканів та жирних кислот. Катаболізм білків та амінокислот. Катаболізм ароматичних сполук. Неповні окислення (утворення оцтової кислоти та оцтовокислі бактерії; утворення кислот грибами; утворення амінокислот бактеріями; трансформація речовин мікроорганізмами; утворення вторинних метаболітів: синтез антибіотиків, мітотоксинів, мікробних екзополісахаридів; лектинів та поверхнево-активних речовин).

13. Біосинтетичні процеси у мікроорганізмів. Потреби в АТФ для утворення бактеріальних клітин з глюкози. Біосинтез амінокислот. Біосинтез нуклеотидів. Біосинтез жирних кислот. Утворення вуглеводів – компонентів клітинної стінки.

14. Механізми поглинання субстратів. Пасивна дифузія. Полегшена дифузія. Активний транспорт. Перенесення груп (транслокація груп). Транспорт заліза (сідерофори).

Типи бродіння. Загальна характеристика процесу бродіння. Регенерація АТФ при бродінні.

Роль процесів бродіння у балансі природи. Спиртове бродіння (утворення етанолу дріжджами та бактеріями). Молочнокисле бродіння і родина *Lactobacillaceae* (характеристика молочнокислих бактерій; гомоферментативне та гетероферментативне молочнокисле бродіння; використання молочнокислих бактерій). Пропіоновокисле бродіння та пропіоновокислі бактерії. Мурашинокисле бродіння та родина *Enterobacteriaceae* (характеристика ентеробактерій; продукти бродіння та метаболічні шляхи). Маслянокисле та ацетоно-бутилове бродіння (характеристика бактерій роду *Clostridium*; зброджування глюкози клостридіями; зброджування клостридіями субстратів, відмінних від глюкози; клостридії – збудники захворювань). Гомоацетатне

бродиння: CO_2 як акцептор водню. Зброджувані та незброджувані природні сполуки.

15.Перенесення електронів в анаеробних умовах (анаеробне дихання). Денітрифікація та відновлення нітрату (денітрифікуючі бактерії). Утворення сірководню при відновленні сульфату (сульфатредуючі бактерії). Утворення метану при відновленні карбонату (метаногенні бактерії). Утворення ацетату при відновленні карбонату (ацетогенні бактерії). Утворення сукцинату при відновленні фумарату. Відновлення іонів Fe (III) до Fe (II).

16.Використання неорганічних донорів водню: аеробні хемолітотрофні бактерії. Окислення аміаку та нітриту. Нітрифікуючі бактерії (бактерії, які окислюють аміак; бактерії, які окислюють нітрит; роль процесів нітрифікації в ґрунті). Окислення відновлених сполук сірки. Бактерії, які окислюють сірку та її сполуки. Окислення двовалентного заліза. Визолування металів з руд. Окислення молекулярного водню. Водневі та карбоксидобактерії. Фіксація CO_2 (цикл Кальвіна-Бассама; анаеробний ацетил-КоА-шлях; відновлювальний цикл трикарбонових кислот).

17.Фіксація молекулярного азоту. Фіксація азоту симбіотичними (бульбочковими) бактеріями. Фіксація азоту вільно існуючими бактеріями. Біохімія азотфіксації.

18.Фототрофні бактерії та фотосинтез. Характеристика та особливості метаболізму пурпурових та зелених фототрофних бактерій. Розповсюдження фототрофних бактерій. Ціанобактерії. Процеси фотосинтезу (окисленний та аноксигенний фотосинтез). Використання світлової енергії галобактеріями.

Синтез білка та генетичний код. Мутації та їх виникнення.

Передавання ознак та генетична рекомбінація

Структура ДНК. Визначення поняття "ген". Реплікація ДНК (консервативний, дисперсивний та напівконсервативний механізм). Транскрипція ДНК. Генетичний код. Трансляція мРНК: синтез білка.

Спонтанні мутації. Індуковані мутації. Відбір мутантів.

Механізми генетичної рекомбінації (загальна гомологічна рекомбінація; сайт-специфічна рекомбінація; негомологічна рекомбінація). Кон'югація. Трансдукція. Трансформація. Рестрикція та модифікація. Плазмідні. Загальні принципи клонування генів (конструювання гібридних молекул ДНК *in vitro*). Злиття протопластів.

19.Регуляція метаболізму. Регуляція синтезу ферментів: індукція та репресія. Індукція субстратом (послідовна та координувана). Індукція проміжними продуктами реакцій. Репресія кінцевим продуктом. Катаболітна репресія.

Регуляція активності ферментів (інгібування кінцевим продуктом – ретроінгібування; інгібування за типом зворотнього зв'язку).

Механізми регуляції синтезу ферментів (індукція лактозного оперону; репресія триптофанового оперону кінцевим продуктом).

Механізми регуляції активності ферментів (алостерична регуляція; ковалентна модифікація ферментів).

20. Мікроорганізми та навколишнє середовище. Участь мікроорганізмів у кругообігу речовин у природі (кругообіг вуглецю, азоту, фосфору, сірки).

Екологія мікроорганізмів (поняття “еконіша”, “екосистема”; мешканці екосистеми: автохтонні та аллохтонні мікроорганізми; водні екосистеми: океани, озера, проточні водойми, очистка стічних вод).

Мікроорганізми як симбіотичні партнери (симбіоз, нейтралізм, мутуалізм, коменсалізм, антагонізм). Мутуалістичний симбіоз (асоціації між мікроорганізмами; мікроорганізми та рослини; мікроорганізми та тварини). Антагоністичний симбіоз.

Мікроорганізми і геологічна історія Землі (відкладення заліза; відкладення карбонату кальцію; відкладення сірки). Еволюція мікроорганізмів (первинна атмосфера Землі; хімічна еволюція; біологічна еволюція; еволюція прокариот; перехід від первинної атмосфери до атмосфери, яка містить кисень; еволюція еукариот).

Біохімія

Розділ 1. Вступ до біохімії. Історія розвитку біологічної хімії. Предмет, основні досягнення та завдання біохімії. Основні відмінності живих організмів та процесів, що в них перебігають, від неживої матерії. Клітини: прокариоти та еукариоти, біохімічна роль органел.

Хімічний склад живої матерії: органогени, макро- та мікроелементи; основні класи біомолекул та їх функціональні групи. Стеріохімія біомолекул.

Розділ 2. Білки. Тема 2.1. Амінокислоти. Будова амінокислот. Стереоізомерія. Класифікація амінокислот на основі хімічної будови R-груп та їх полярності. Характеристика амінокислот, які входять до складу білків. Характеристичні реакції на амінокислоти. Кислотно-основні та електрохімічні властивості амінокислот. Методи аналізу амінокислот: хроматографія, електрофорез.

Тема 2.2. Пептиди. Пептиди: будова, класифікація та хімічні властивості. Біологічна активність пептидів. Деякі природні пептиди.

Тема 2.3. Білки. Класифікація білків та їх біологічні функції. Структурна організація молекул білка: первинна, вторинна, надвторинна, супервторинна, третинна та четвертинна структури. Фізико-хімічні та електрохімічні властивості білків. Методи виділення та очистки білків. Ідентифікація і кількісне визначення білків. Методи визначення амінокислотної послідовності в білках. Денатурація білка.

Загальна характеристика глобулярних білків. Взаємозв'язок будови молекули білка та його біологічної функції на прикладі міоглобіну та гемоглобіну. Характеристика фібрилярних білків. α -, β -кератини, колаген, еластин тощо. Складні білки: будова та біологічні властивості.

Розділ 3. Ферменти. Тема 3.1. Будова і класифікація ферментів. Класифікація і номенклатура ферментів. Будова молекул ферментів та їх загальні властивості (специфічність, каталітична ефективність, лабільність, здатність до регуляції). Кофактори і коферменти. Алостеричні ферменти, ізоферменти, ферментні комплекси. Будова і функції окремих коферментів і простетичних груп.

Тема 3.2. Кінетика ферментативного каталізу. Механізми ферментативного каталізу: з точки зору енергетики хімічних реакцій, з точки зору процесів, що відбуваються в активному центрі, молекулярні механізми ферментативного каталізу. Кінетика ферментативних реакцій: активність ферментів, залежність швидкості ферментативної реакції від фізичних та хімічних факторів. Рівняння Л. Міхаеліса – М. Ментен, Г. Лайнуївера – Д. Берка, Хіла.

Активність ферментів та фактори, що її визначають. Активування і інгібування ферментів. Інгібітори: оборотні і необоротні. Типи інгібування ферментів: конкурентне, неконкурентне та ретроінгібування.

Тема 3.3. Регуляція ферментативного апарату клітини. Регуляція активності ферментів: зміна кількості молекул ферменту, доступність молекул субстрату і коферменту, алостерична регуляція, регуляція за допомогою білок-білкової взаємодії, шляхом фосфорилування-дефосфорилування, регуляція обмеженим протеолізом. Органоспецифічність, внутрішньоклітинна локалізація ферментів.

Розділ 4. Вітаміни. Тема 4.1. Вітаміни і мікроелементи: їх роль у функціонуванні ферментів. Класифікація вітамінів та загальна характеристика. Жиророзчинні вітаміни (групи А, Е, К, D, F, убіхінони): хімічна природа, біологічна роль та розповсюдженість в природі.

Водорозчинні вітаміни (РР, Р, С, Н та група В): хімічна природа, біологічна роль та розповсюдженість в природі. Методи визначення вітамінів.

Мікроелементи: Ферум, Купрум, Цинк, Манган, Кобальт, Селен тощо та їх роль у функціонуванні ферментів.

Розділ 5. Нуклеїнові кислоти. Тема 5.1. Будова та властивості нуклеїнових кислот. Пуринові та піримідинові азотисті основи. Нуклеозиди та нуклеотиди. Олігонуклеотиди та полінуклеотиди. ДНК: біологічна функція, будова (первинна, вторинна та третинна структури), правила Е. Чаргафа, фізико-хімічні властивості. Порівняльна характеристика ДНК вірусів, прокариотичних та еукаріотичних клітин. ДНК мітохондрій та хлоропластів. Ген, паліндром і інтрон.

Типи РНК: будова, властивості та біологічна функція.

Тема 5.2. Метаболізм нуклеїнових кислот. Катаболізм та анаболізм пуринових та піримідинових нуклеотидів. Регуляція біосинтезу нуклеотидів. Біосинтез ДНК: ферменти реплікації, механізми реплікації ДНК в бактеріальних та еукаріотичних клітинах, енергетичний баланс процесу.

Біосинтез РНК: структура і властивості РНК-полімераза, механізми транскрипції в прокариотичних та еукаріотичних клітинах (зв'язування ферменту з матрицею, ініціація та елонгація, термінація та вивільнення ферменту, дозрівання РНК-транскриптів).

Розділ 6. Метаболізм білків. Тема 6.1. Загальні шляхи обміну амінокислот. Загальні шляхи обміну амінокислот: трансамінування, дезамінування, декарбоксилювання. Кінцеві продукти азотистого обміну. Біосинтез сечовини. Енергетичний баланс процесу. Особливості обміну окремих амінокислот.

Тема 6.2. Біосинтез білка. Активація амінокислот і утворення аміноацил-тРНК. Структура та функції рибосом. Транспортні та матричні РНК. Проблеми

кодування та характерні особливості генетичного коду. Механізм трансляції: ініціація трансляції, елонгація поліпептидного ланцюга, термінація трансляції. Процесінг. Енергетичний баланс процесу. Регуляція біосинтезу білка. Інгібування біосинтезу білка антибіотиками.

Розділ 7. Вуглеводи. Тема 7.1. Будова та властивості вуглеводів. Біологічна роль вуглеводів. Будова та класифікація вуглеводів. Стереοізомерія та таутомерія моносахаридів. Хімічні властивості вуглеводів: реакції напівацетального гідроксила, гідроксильних груп, окиснення та відновлення. Окремі представники моно-, оліго- та полісахаридів.

Тема 7.2. Метаболізм вуглеводів. Анаеробне перетворення вуглеводів. Спиртове бродіння. Аеробне перетворення вуглеводів. Цикл три- і дикарбонових кислот (цикл Кребса). Апотомічний (пентозний) цикл окиснення вуглеводів. Енергетичний баланс процесів.

Біосинтез вуглеводів. Глюконеогенез. Утворення вуглеводів в процесах фотосинтезу. Регуляція метаболізму вуглеводів.

Розділ 8. Ліпіди. Тема 8.1. Структурні компоненти ліпідів. Ліпіди (вищі жирні кислоти, віск, нейтральні ліпіди (триацилгліцероли, етери холестеролу, гліколіпіди), фосфоліпіди, сфінголіпіди): будова, класифікація, фізико-хімічні властивості та біологічна роль.

Тема 8.2 Метаболізм ліпідів. Катаболізм жирних кислот: активація жирних кислот, β -окиснення жирних кислот. Енергетичний баланс окиснення жирних кислот. Катаболізм фосфоліпідів

Біосинтез насичених та ненасичених жирних кислот: механізми перенесення ацетил-КоА через мембрану мітохондрій, біосинтез жирних кислот. Біосинтез триацилгліцеролів. Біосинтез фосфоліпідів. Біосинтез кетонівих сполук. Біосинтез холестеролу. Регуляція метаболізму ліпідів.

Тема 8.3. Основні принципи організації біомембран. Склад і будова біологічних мембран. Структурні компоненти біомембран. Фазовий стан мембранних ліпідів. Роль ліпідів у регуляції активності мембранозв'язаних ферментів. Асиметрія компонентів біомембран. Функції біологічних мембран. Участь біомембран в обміні речовин та перетворенні енергії.

Розділ 9. Біоенергетика. Тема 9.1. Окисне фосфорилування. Біологічні види енергії. Комплекси дихального ланцюга мітохондрій. Перенесення електронів по дихальному ланцюгу мітохондрій. Структура та властивості компонентів дихального ланцюга мітохондрій. Ланцюги переносу електронів у прокаріотів (аеробні та анаеробні умови) та мітохондрій рослин. Хеміосмотична теорія поєднання окиснення та фосфорилування в мітохондріях. Механізми функціонування генераторів градієнту електрохімічного потенціалу іонів водню в мітохондріях тварин.

Тема 9.2. Фотосинтез. Основні уявлення про фотосинтез. Фотосинтез в еукаріотичних фотосинтезуючих клітинах. Фотосистеми хлоропластів. Особливості фотосинтезу у прокаріотів (цианобактерій, пурпурових бактерій, зелених бактерій – анаеробів, гало бактерій). Участь іонів натрію в процесі перетворення енергії.

Генетика

1. Матеріальні основи спадковості. Предмет, методи та історія розвитку генетики. Предмет і завдання генетики. Основні етапи розвитку генетики. Методи сучасних генетичних досліджень. Значення генетики для вирішення проблем біотехнології, селекції, охорони природи, медицини.

Будова та функції хромосом. Клітина як основа спадковості і відтворення. Клітинні та неклітинні форми організації живого: акаріоти, прокаріоти, еукаріоти. Докази ролі ядра і хромосом у явищах спадковості.

Каріотип. Специфічність морфології і числа хромосом. Будова хромосом. Зміни в організації та морфології хромосом під час мітозу та мейозу. Подвоєння хромосом. Політенія. Гігантські хромосоми.

Нуклеїнові кислоти як носії генетичної інформації. Докази генетичної ролі нуклеїнових кислот. Структура ДНК і РНК. Модель ДНК Уотсона і Кріка. Функції нуклеїнових кислот у реалізації генетичної інформації. Реплікація. Молекулярна та надмолекулярна організація хромосом еукаріотів і прокаріотів.

Мітоз, мейоз, гаметогенез. Клітинний цикл і фази мітозу. Мейоз та утворення гамет. Генетична роль мітозу і мейозу.

Розмноження організмів. Статеве розмноження. Безстатеве розмноження. Поняття про життєвий цикл. Чергування гаплоїдної та диплоїдної фаз, його значення у життєвому циклі еукаріотів. Амфіміксис та апоміксис. Успадкування при різних типах апоміксису.

2. Закономірності успадкування та принципи спадковості. Моногібридні та полігібридні схрещування. Закономірності успадкування при моногібридному схрещуванні, відкриті Менделем. Алелі як структурні різновидності гена. Типи взаємодії алельних генів. Множинний алелізм. Факторіальна гіпотеза спадковості Г. Менделя та правило чистоти гамет, сформульоване У. Бетсоном. Гомозиготність і гетерозиготність. Поняття про генотип и фенотип. Статистичний характер розщеплення.

Закономірності успадкування в ди- та полігібридних схрещуваннях. Значення мейозу в реалізації правила чистоти гамет та закону незалежного успадкування.

Умови, які забезпечують та лімітують виконання законів Менделя.

Взаємодія неалельних генів. Моногенне та полігенне успадкування. Плейотропна (множинна) дія генів. Типи взаємодії неалельних генів. Гени-модифікатори. Особливості успадкування кількісних ознак.

Уявлення про генотип як складну систему алельних і неалельних взаємодій. Пенетрантність та експресивність.

Хромосомне визначення статі і успадкування ознак, зчеплених зі статтю. Статеві хромосоми, гомо- та гетерогаметна стать, типи хромосомного визначення статі. Успадкування ознак, зчеплених зі статтю. Успадкування при нерозходженні статевих хромосом. Дозова компенсація генів X-хромосоми. Ознаки, обмежені статтю.

Типи, механізми та значення кросинговеру. Хромосомна теорія спадковості Т. Моргана. Кросинговер. Типи кросинговеру. Мітотичний кросинговер. Генетичні карти, принципи їхньої будови в еукаріотів. Інтерференція, її типи.

Молекулярний механізм кросинговеру. Генна конверсія. Цитологічні карти. Співставлення генетичних та цитологічних карт. Фактори, що впливають на частоту кросинговеру. Значення кросинговеру як одного з механізмів виникнення комбінативної мінливості.

Закономірності нехромосомного успадкування. Закономірності нехромосомного успадкування. Материнський ефект цитоплазми. Пластидна спадковість. Мітохондріальна спадковість. Цитоплазматична чоловіча стерильність у рослин. Інфекційні фактори позаядерної спадковості.

Взаємодія ядерних та позаядерних генів. Поняття про керуючу систему клітини. Значення вивчення нехромосомного успадкування.

Особливості успадкування у прокариотів. Організація генетичного апарату бактерій. Генетична рекомбінація у прокариотів. Кон'югація у бактерій. Статевий фактор у кишкової палички, його роль. Генетична рекомбінація при трансформації. Трансдукція у бактерій. Використання кон'югації, трансформації та трансдукції для генетичного картування. Уявлення про плазмиди, епісоми, мігруючі елементи генома (інсерційні послідовності, транспозони), їхня роль у перенесенні генетичної інформації. Успадкування через інфекцію. Плазмідне успадкування.

3. Мінливість. Типи мінливості. Спадкова мінливість. Поняття про спадкову і неспадкову мінливість. Модифікаційна мінливість. Комбінативна мінливість, механізми її виникнення, роль у еволюції і селекції. Мутаційна мінливість. Мутаційна теорія Г. де Фріза. Класифікації мутацій. Спонтанний та індукований мутаційний процес.

Генні і хромосомні мутації. Класифікація генних мутацій. Загальна характеристика молекулярної природи виникнення генних мутацій. Класифікація хромосомних перебудов та механізми їх виникнення. Особливості мейозу при різних типах хромосомних перебудов. Ефект положення гена. Вплив різних типів перебудов на життєздатність організмів та їх значення для еволюції геномів.

Геномні мутації. Геномні зміни: поліплоїдія, гаплоїдія, анеуплоїдія. Механізми виникнення, особливості мейозу та характер успадкування при різних типах геномних мутацій. Автополіплоїдія, алополіплоїдія. Використання поліплоїдів, гаплоїдів, анеуплоїдів у селекційному процесі.

Генетичні процеси на рівні організму та популяції.

Генетика розвитку. Онтогенез як реалізація спадково детермінованої програми розвитку. Стабільність генома й диференціальна активність генів у процесі індивідуального розвитку. Тканиноспецифічна активність генів. Функціональні зміни хромосом у онтогенезі. Фактори, що визначають прояв ознак у онтогенезі.

Популяційна та еволюційна генетика. Поняття про частоти генів і генотипів в популяції. Закон Харді-Вайнберга, можливості його використання. Генетична гетерогенність популяцій. Фактори динаміки генетичного складу популяції. Поняття про внутрішньопопуляційний генетичний поліморфізм і генетичний тягар. Значення генетики популяцій для медичної генетики, селекції, вирішення проблем збереження генофонду і біосфери.

4. Молекулярна організація генетичних процесів. Структура і функції гена. Розвиток уявлень про складну будову гена. Функціональний і рекомбінаційний критерії алелізму. Множинний алелізм.

Ген як одиниця функції, одиниця мутації та рекомбінації. Тонка будова генів та молекулярно-генетичні підходи в її дослідженні. Перекриття генів на одній ділянці ДНК. Інtron-екзонна організація генів еукаріотів.

Молекулярна організація геномів. Загальний принцип організації генетичного матеріалу. Параметри, за якими характеризують організацію геному. Геноми вірусів. Бактеріальні геноми. Геноми еукаріотів. Нуклеосома та її будова. Особливості компактизації геномів прокариотів та еукаріотів.

Надлишковість геному еукаріотів. Типи нуклеотидних послідовностей, що трапляються в геномі еукаріотів. Тандемні повтори послідовностей ДНК. Паліндроми. Теломераза. Сателітна ДНК. Кластери генів, псевдогени. Складні локуси. Регуляторні послідовності. Спейсери. Поняття про біоінформатику або комп'ютерну молекулярну генетику.

Механізми реалізації генетичної інформації. Транскрипція. Промотори і термінатори. Транскриптон. Цикл ДНК-залежної транскрипції. Процесинг первинних транскриптів. Механізми сплайсингу, альтернативний сплайсинг, трансплайсинг. Особливості реплікації-транскрипції геномів РНК-вірусів.

Трансляція. Молекулярна організація рибосом. Механізми трансляції.

Механізми контролю та регуляції молекулярно-генетичних процесів. Генетичний контроль і молекулярні механізми реплікації. Полігенний контроль процесу реплікації. Схема подій у реплікаційній вилці. Поняття про реплікон. Особливості організації та реплікації хромосом еукаріотів. Система рестрикції та модифікації.

Проблеми стабільності генетичного матеріалу. Типи репараційних процесів. Механізми ексцизійної і постреплікаційної репарації. Фотореактивація та репаративний синтез ДНК. Роль репараційних систем у забезпеченні генетичних процесів.

Генетичний контроль мутаційного процесу. Механізми спонтанного мутагенезу, гени мутатори й антимутатори. Механізм дії аналогів азотистих основ, азотистої кислоти, акридинових фарб, важких металів та інших хімічних мутагенів.

Різноманітність молекулярних механізмів регуляції дії генів. Основні шляхи регуляції транскрипції. Оперонні системи регуляції. Порівняння принципів регуляції дії генів у прокариотів і еукаріотів. Транскрипційно-активний хроматин. Регуляторна роль гістонів, негістонових білків, гормонів. Особливості організації регуляторних областей генома у еукаріот.

Посттранскрипційні рівні регуляції синтезу білків.

Позахромосомні фактори спадковості. Розміри та структура плазмідних ДНК. Реплікація плазмід та її регулювання. Класифікація плазмід. Роль плазмід в еволюції бактерій.

Мобільні генетичні елементи (МГЕ) бактерій, їх номенклатура, розповсюдженість, будова МГЕ. IS-елементи. Вплив МГЕ на експресію генів.

Транспозони еукаріотів, їх структурні та функціональні особливості. Ретротранспозони еукаріотів.

Використання МГЕ в генетичному аналізі та конструюванні еукаріотів. Походження та еволюційне значення МГЕ.

5. Генетика як теоретична основа селекції та біотехнології. Генетичні основи селекції. Селекція як наука. Предмет і методи дослідження. Генетика як теоретична основа селекції. Вчення про вихідний матеріал у селекції. Поняття про сорт, породу, штам. Особливості селекції мікроорганізмів. Системи схрещування в селекції рослин і тварин. Методи добору. Генетичні маркери та їх застосування у селекції. Досягнення світової селекції та успіхи вітчизняних селекціонерів у створенні нових високопродуктивних штамів мікроорганізмів, сортів рослин і порід тварин.

Генетична інженерія мікроорганізмів, рослин та тварин. Мета та методологія генетичної інженерії. ДНК-технології. Основні напрями генетичної інженерії мікроорганізмів, рослин та тварин. Значення генетичної інженерії для розв'язування задач медицини, сільського господарства та біотехнології. Соціальні та етичні аспекти генетичної інженерії.

Загальна біотехнологія

1. Предмет та значення біотехнологічної галузі. Виникнення та основні етапи розвитку біотехнології. Особливості та відмінності біотехнологій у порівнянні з іншими технологічними процесами (технологіями). Базова термінологія. Принципи класифікації та приклади класифікацій біотехнологічних виробництв.

Мікробіологічна промисловість, як базова складова частина сучасної біотехнології. Сфери використання біосинтетичного потенціалу мікроорганізмів. Галузі застосування продукції біотехнологічних виробництв.

Принципи створення біотехнології. Сучасні та новітні напрямки розвитку біотехнології та біотехнологічної промисловості.

Основні наукові центри та промислові підприємства галузі.

2. Біологічні агенти біотехнології. Застосування основних закономірностей регуляції метаболізму у мікроорганізмів для підвищення їх продуктивності.

Залежність метаболічної активності мікроорганізмів від впливу факторів оточуючого середовища: температури, аерації, рН, складу і концентрації компонентів середовища.

Клітини мікроорганізмів, рослин та тканин, як промислові продуценти біологічно активних речовин. Методи селекції промислових штамів.

Основні вимоги до промислових та промислово-перспективних продуцентів БАР, критерії відбору.

3. Поживні середовища в біотехнології. Класифікація поживних середовищ, що використовуються у біотехнології.

Підбір складу поживного середовища, розробка технологічних етапів культивування в залежності від механізмів регуляції метаболічних шляхів та фізіологічних особливостей клітин промислового штаму.

Сировинна база біотехнології. Основні джерела головних та мінорних елементів. Ростові фактори. Попередники синтезу цільового продукту.

Особливості поживних середовищ для культивування клітин рослин та тканин.

Принципи створення поживних середовищ, вимоги до компонентів.

4. Асептика в біотехнологічній промисловості. Поняття “асептика”, “стерильність”, “контамінація”. Вплив сторонньої мікрофлори на ефективність процесів біосинтезу. Способи підтримки асептичних умов.

Способи інактивації контамінуючої мікрофлори. Способи стерилізації обладнання, поживних середовищ та повітря. Інактивація мікроорганізмів та руйнування хімічних сполук під дією фізичних та хімічних факторів.

Кінетика стерилізації. Розрахунок ефективності термічної стерилізації рідин. Модель активованих спор Хемфрі, метод Річардса, теорія Дейндорфера і Хемфрі. Періодичний спосіб стерилізації. Безперервний спосіб стерилізації.

Вибір оптимальних технологічних параметрів термічної стерилізації.

5. Основні типи стадій біотехнологічного процесу. Типові технологічні рішення в біотехнології. Стадії біотехнологічних виробництв. Підготовчі (предферментаційні) процеси, культивування біологічних агентів, виділення та стандартизації біологічно активних речовин. Узагальнена схема біотехнологічних виробництв.

Технологічні засади санітарної підготовки виробництва. Підготовка, мийка та стерилізація обладнання та комунікацій.

Підготовка поживних середовищ для виробничого біосинтезу: зберігання та дозування компонентів поживного середовища, способи стерилізації поживних середовищ. Контроль якісних показників поживних середовищ.

Посівний матеріал. Одержання посівного матеріалу для поверхневого та глибинного культивування. Музейні культури, робочі партії штамів-продуцентів БАР.

Підготовка повітря для технологічного процесу. Розрахунок потреб культури продуцента БАР у розчиненому кисні. Способи очищення та стерилізації повітря для біосинтезу та виробничих приміщень. Типові технологічні прийоми стерилізації повітря. Повітряні фільтри. Принципи вибору фільтруючих матеріалів повітряних фільтрів. Оцінка ефективності очистки та стерилізації повітря. Контроль ефективності очистки та стерилізації повітря.

Технологічна схема отримання стерильного повітря.

6. Культивування мікроорганізмів. Поверхневий та глибинний способи культивування. Періодичний та безперервний процеси біосинтезу. Особливості, переваги, недоліки при отриманні БАР.

Ферментери. Класифікація ферментерів. Принципи вибору типового ферментаційного обладнання.

Особливості технологій з використанням нативних та іmobilізованих клітин мікроорганізмів. Особливості обладнання для культивування мікробних культур.

Піноутворення та його регулювання в процесах глибинного культивування. Причини піноутворення та його вплив на ефективність біосинтезу. Методи

пінорегулювання: хімічні, фізичні, механічні та комбіновані. Характеристика піногасників, що використовуються у промисловості.

Періодичне культивування і його графічна інтерпретація. Глибинне культивування в ідеальному біореакторі періодичної дії. Логістична крива, як приклад однопараметричної моделі розвитку популяції. Базові кінетичні показники періодичного культивування. Кінетика утилізації субстрату і утворення метаболітів в періодичному режимі культивування. Питома швидкість росту, економічні коефіцієнти, вихід біомаси, ступінь використання субстрату, продуктивність біосинтезу, фізіологічна цінність субстрату. Математичне моделювання ростових процесів. Модель експоненційного росту. Кінетичні рівняння Моно, Ферхюльста-Пірла-Ріда, Ендрюса та інш.

Кінетика збалансованого росту. Базові кінетичні показники та математичні моделі напівбезперервного та безперервного режимів культивування. Класифікація безперервних систем та методи керування ними, матеріальний баланс по біомасі та субстрату. Саморегуляція безперервних систем. Хемостатні, турбідостатні та інші системи керування безперервними процесами біосинтезу. Культивування в системі з декількох ідеальних біореакторів. Баланс біомаси та субстрату у батареї безперервних хемостатів.

Технологічна реалізація типових способів безперервного культивування.

7. Культивування клітин тканин та клітин рослин. Особливості біотехнологічних процесів на основі культивування рослинних та тваринних клітин. Суспензійні культури, умови їх отримання та вирощування. Культивування калусних та суспензійних культур з метою одержання продуктів вторинного синтезу (алкалоїдів, глікозидів, ефірної олії, стеринів).

Специфіка калусних тканин. Вибір експлантатів, підготовка і умови культивування ізольованих клітин, тканин та органел. Фактори, що впливають на синтез та накопичення метаболітів в культурі ізольованих клітин і тканин.

Особливості обладнання для лабораторного та промислового культивування ізольованих клітин і тканин.

8. Технологічні процеси виділення, очищення та сушки продуктів біосинтезу. Принципи та типові технологічні рішення виділення цільових продуктів біосинтезу. Обґрунтування та вибір способів виділення в залежності від характеристик продукту та місця його локалізації.

Способи концентрування біомаси: відстоювання, флотація, осадження в полі штучно створених гравітаційних сил.

Способи розділення твердої та рідкої фаз культуральної рідини: фільтрування, центрифугування, сепарування. Попередня обробка клітинних суспензій. Екстракція цільового продукту.

Мембранні методи: діаліз, електродіаліз. Баромембранні способи: мікрофільтрація, ультрафільтрація, зворотний осмос.

Методи осадження білків: органічними розчинниками, солями, вибірковою рН-та Т-денатурацією, в ізоелектричній точці.

Розділення та очищення продукту методами адсорбції.

Отримання кінцевої форми продуктів мікробного синтезу.

Стабілізація продукту. Наповнювачі та стабілізатори активності БАР.

Термочутливість та ксерочутливість продуктів біосинтезу. Способи сушки продуктів. Вакуум-висушування, розпилююча та сублимаційна сушка. Вибір способу в залежності від характеристик субстанції, що висушується, та вимог до готового продукту.

Товарні форми продуктів біосинтезу. Фасування, пакування, зберігання.

Контроль у виробництві продуктів біосинтезу. Види контролю, точки контролю, якість продукції.

9. Застосування мікроорганізмів в процесах очистки промислових відходів. Принципи вибору системи біологічної очистки рідких промислових відходів.

Типові схеми очистки промислових стоків (аеробні і анаеробні способи очистки стоків).

10. Традиційні біотехнології. Загальна характеристика технології білково-вітамінних концентратів (БВК). Основні продуценти, особливості виробництва та виділення продукту.

Особливості технології отримання органічних кислот. Технологічні принципи, види товарних форм.

Мікробіологічний спосіб отримання амінокислот. Особливості продуцентів та технологічних режимів.

Мікробіологічне виробництво ферментних препаратів. Способи культивування продуцентів. Номенклатура, активність цільових продуктів.

Особливості технології отримання антибіотиків мікробним синтезом.

Залежність технологічної схеми від призначення цільового продукту.

Процеси і апарати біотехнологічних виробництв

Частина 1. Основні процеси і апарати технологічних виробництв.

Вступ. Зміст і завдання дисципліни. Класифікація основних технологічних процесів. Основні закони, яким підпорядковані технологічні процеси. Загальні принципи аналізу та розрахунку процесів і апаратів. Основи раціональної побудови апаратів. Методи інтенсифікації процесів біотехнологічних виробництв. Технології, що застосовуються в біотехнологічних виробництвах

1. Моделювання та оптимізація процесів і апаратів. Класифікація моделей. Теореми і критерії подібності. Способи опрацювання експериментальних даних. Суть, переваги та недоліки математичного моделювання.

2. Основи гідравліки. Гідростатика. Основні поняття та визначення. Фізичні властивості рідини. Розподіл тиску по об'єму рідини. Закон Паскаля. Диференційні рівняння рівноваги Ейлера. Основне рівняння гідростатики. Практичне застосування основного рівняння гідростатики.

Гідродинаміка. Основні поняття та визначення. Характеристики руху рідин. Рівняння нерозривності потоку. Диференційні рівняння руху Ейлера та Нав'є-Стокса. Рівняння Бернуллі. Практичне застосування рівняння Бернуллі. Визначення витрат рідини і середньої швидкості в круглій трубі. Формула Пуазейля. Гідродинамічна подібність. Гідравлічний опір в трубопроводах. Рух тіл в рідинах. Турбулентний рух. Структура потоку. Товщина в'язкого підшару. Втрати напору по довжині. Гідравлічна шорсткість труб. Особливості

гідравлічного розрахунку трубопроводів для транспортування рідин. Гідравлічний удар в трубах. Рух рідини через зернисті та пористі шари. Гідродинаміка киплячих зернистих шарів.

3. Переміщення рідин та газів. Гідравлічні машини та їх класифікація. Схема насосної установки. Насоси. Основні параметри насосів. Будова і принцип дії відцентрових та поршневих насосів. Визначення робочих точок. Регулювання подачі рідини відцентровим насосом. Поршневі ротаційні, водокільцеві насоси, принцип їх дії, розрахунок продуктивності, ККД.

Типи вентиляторів, газодувки, компресорів. Загальні відомості.

4. Механічні та гідромеханічні процеси. Механічні процеси та їх класифікація. Загальні відомості. Подрібнення, сортування, пресування, гранулювання. Витрати енергії. Основні типи подрібнювачів (дробарок), принцип роботи.

Гідромеханічні процеси. Перемішування. Механічне перемішування. Оцінка ефективності, поточне і пневматичне перемішування. Будова і розрахунок мішалок. Витрати енергії на перемішування.

Класифікація неоднорідних систем і способи їх розділення.

Осадження. Загальна характеристика. Загальне рівняння швидкості осідання. (Рівняння Архімеда, Ляшенка, Стокса) Закономірності Осаджування у відцентровому полі. Фактор розділення. Періодичні та безперервні відстійники, їх розрахунок. Принцип роботи відстійних і фільтрувальних центрифуг.

Фільтрування. Класифікація способів фільтрування. Основні рівняння фільтрування. Конструкції фільтрів. Конструкції та розрахунок фільтрів. Розрахунок продуктивності за сталої швидкості фільтрування і за сталому перепаді тисків.

Центрифугування. Відцентрове фільтрування. Відцентрова сила і фактор розділення. Процеси у відстійних та фільтрувальних центрифугах. Будова надцентрифуг та рідинних сепараторів. Розрахунок центрифуг.

Очищення газів. Класифікація газових неоднорідних систем і способи їх розділення. Фільтрування газів (димів). Механічне, мокре і електричне очищення. Скрубер Вентурі.

5. Теплові процеси. Методи поширення тепла в просторі. Теплові баланси. Передача тепла теплопровідністю, тепловим випромінюванням. Конвективний теплообмін. Теплопередача. Нестаціонарний теплообмін. Нагрівання. Способи нагрівання, гріючі агенти. Охолоджувальні агенти. Способи охолодження та конденсації. Конструкції теплообмінників. Гідравлічний розрахунок теплообмінників. Одноходові, багатходові кожухотрубні, трубчасті, типу «труба в трубі», змійовикові, зрошувальні та пластинчасті теплообмінники. Особливості конструкції та розрахунок теплообмінних апаратів.

Випарювання. Однокорпусні випарні установки. Матеріальні та теплові баланси. Плівкові та роторні випарні установки. Розрахунок випарних установок.

6. Масообмінні процеси. Масообмінні процеси. Основні закони дифузії (молекулярна, конвективна). Способи інтенсифікації. Масовіддача і масопередача. Рівновага при масопередачі. Швидкість масопередачі. Рушійна сила.

Масопередача з твердою фазою.

Сорбція, абсорбція. Загальні відомості. Конструктори абсорберів.

Адсорбція, іонообмінні процеси. Загальні відомості.

Перегонка та ректифікація. Види перегонки. Проста перегонка. Дефлегмація. Флегмове число. Матеріальний баланс простої перегонки. Ректифікаційні апарати. Азеотропна ректифікація.

Екстракція в системі рідина-рідина. Рівновага в системі рідина-рідина. Методи екстракції. Будова та розрахунок екстракційних апаратів.

Екстракція в системі «тверде тіло-рідина». Мацерація (статична екстракція) та екстракція в атмосфері газів (вуглекислий, азот, аргон). Способи розчинення та вилуговування. Конструкції та розрахунок екстракційних апаратів.

Сушіння. Основні параметри вологого повітря. I-X діаграма вологого повітря. Рівновага при сушінні. Матеріальний і тепловий баланс сушіння. Визначення параметрів повітря і тепла на сушіння. Варіанти процесів сушіння. Швидкість сушіння. Конструкції та розрахунок сушарок (сублімаційні, пневматичні, розпилювальні.)

Кристалізація та розчинення. Загальні відомості. Способи ведення та інтенсифікація процесу.

Частина 2. Інженерна реалізація технологічних процесів. Вступ.

Класифікація біотехнологічних процесів за технологічними ознаками, способи їх реалізації. Загальні методи біотехнології та апаратура для процесів біосинтезу.

1. Реалізація процесів біосинтезу. Статика процесів біосинтезу. Розрахунок матеріальних балансів процесів біосинтезу. Інтегральні стехіометричні рівняння процесів .

Математичні моделі росту біомас і синтезу цільових продуктів.

Розрахунок об'ємів ферментаційної апаратури за моделями Мальтуса, Моно-Ієрусалімського, Ферхюльста у періодичних процесах, а також безперервних процесах (одно- і багатоступеневе гомогенне культивування, від'ємно-доливний спосіб, культивування з рециркуляцією біомаси).

Розрахунок теплового ефекта біосинтезу.

Розрахунок теплової потужності, що виникає при синтезі біомаси (визначення тепловиділень, що виникають при синтезі біомаси, у статиці і динаміці).

2. Тепловий ефект від перемішування культуральної рідини і розрахунок потрібної площі теплообміну. Експериментальні методи визначення теплової потужності. Розрахунковий метод визначення теплової потужності, що передається культуральній рідині від перемішувального пристрою на основі його розрахунку залежно від потреби в кисні. Пневматичне перемішування: Розрахунок енергії, що передається на перемішування з газовою фазою. Масштабування процесів перемішування.

Типи та розрахунок теплообмінних пристроїв ферментерів. Порядок розрахунку теплообмінного пристрою ферментера.

3. Особливості масоперенесення кисню під час біосинтезу. Схема транспорту кисню з повітря у клітину. Рівняння матеріального балансу ферментера за киснем і його розв'язання. Вплив концентрації кисню на швидкість росту мікроорганізмів. Поняття про критичну концентрацію кисню. Шляхи

інтенсифікації процесу біосорбції кисню. Методи вимірювання концентрації розчиненого кисню. Об'ємний коефіцієнт масопередачі за киснем під час культивування мікроорганізмів, експериментальні методи його визначення (динамічний, інтегральний, балансовий, дегазування, сульфідний). Час гомогенізації. Мікро- і макроперенесення. Вплив питомої поверхні контакту фаз (газ-рідина, рідина-клітина) на швидкість сорбції кисню. Особливості масоперенесення під час барботажної аерації і пневмомеханічного перемішування. Критерії масштабування ферментаторів.

4. Передферментаційні процедури. Типова апаратура для підготовки поживних середовищ. Типове обладнання для транспортування і дозування сипких матеріалів. Обладнання для транспортування і дозування рідких матеріалів.

Стерилізаційні процедури. Теоретичні основи загибелі мікроорганізмів у процесі теплового оброблення поживних середовищ. Періодична і безперервна стерилізація.

Інженерна реалізація способів стерилізації апаратури та комунікації. Вибір лінії УНС і технологічні розрахунки лінії. Апаратура для стерилізації поживних середовищ, що використовуються для поверхневої ферментації.

Методи стерилізації повітря під час культивування мікроорганізмів. Розрахунок потреб культури продуцента БАР у розчиненому повітрі. Механізми зсідання частинок, які забезпечують тонке очищення повітря: інерційний, дифузійний, захоплення, седиментація, електроосадження. Розрахунок коефіцієнтів осадження для різних механізмів осадження. Типи фільтрувальних матеріалів для стерилізації повітря, їх вибір. Розрахунок висоти набивного фільтра для стерилізації повітря залежно від обраного критерію стерилізації, фільтрувального матеріалу і швидкості руху повітря у фільтрі. Апаратура для стерилізації аераційного повітря.

Вирощування посівного матеріалу. Апарати для вирощування інокуляту.

5. Основні конструкційні схеми ферментаційної апаратури. Ферментаційне обладнання. Типи ферментерів за особливістю процесу біосинтезу. Класифікація ферментерів за конструкцією, способом введення енергії та перемішування. Реактори ідеального змішування і витиснення. Конструкції ферментерів ємкісного типу з електроперемішувальними пристроями. Ферментери з пневматичним перемішуванням. Інші конструкції ферментерів для глибинного культивування продуцентів. Типова обв'язка ферментера для глибинної ферментації. Схеми ферментарів для поверхневої ферментації. Проблема створення апаратів великої одиничної потужності для аеробного культивування мікроорганізмів.

6. Піноутворення і піногасіння, регулювання рівня піни. Фізико-хімічні методи піногасіння. Механічні методи піногасіння.

7. Концентрування та відділення цільових продуктів біосинтезу. Відділення біомаси від нативного розчину. Відстоювання. Звичайне фільтрування. Оптимізація процесу фільтрування. Типові конструкції ємністих фільтрувальних апаратів циклічної дії. Фільтр-преси з ручним вивантаженням осаду. Автоматичні фільтр-преси ФПАКМ. Барабанні вакуум-фільтри. Стрічкові вакуум-фільтри. Інші

конструкції фільтрів. Установки для зневоднення біошроту. Осадження. Центрифугування, звичайні центрифуги. Сепарація: трубчасті сепаратори, тарілчасті сепаратори. Флотування.

8. Концентрування нативних розчинів. Випарювання: технологічний розрахунок трубчастого вакуум-випарного апарата з висхідною плівкою, роторні вакуум-випарні апарати, скляні випарні апарати періодичної дії для концентрування цільових продуктів мікробіологічного синтезу.

Мембранні процеси концентрування і розділення: мікрофільтрування, ультрафільтрування, нанофільтрування, зворотний осмос. Поняття про селективність і проникливість мембран. Теорія рівноваги Доннана. Класифікація мембран. Існуючі і перспективні конструкції апаратів для баромембранних процесів очищення і концентрування продуктів мікробіологічного синтезу.

Дифузійні і електродифузійні процеси очищення розчинів, що містять ферменти.

9. Сорбційні методи вилучення цільових продуктів. Поняття про рідинну хроматографію. Іонообмінні смоли та апаратура для іонного статичного і динамічного іонообміну. Афінна хроматографія для вилучення білків.

10. Оброблення нативних розчинів методами рідинної екстракції та осадження. Апаратура для рідинної екстракції (ємнісні екстрактори з перемішуванням, системи “інжектор-розділовий сепаратор”, екстракційні машини типу “Росія” і “Лувеста”, диференційно-контактного екстрактори Подбільняка)

Виділення цільових продуктів з нативних розчинів шляхом осадження.

11. Оброблення біомас і твердофазова екстракція. Дезінтеграція біомас та подальша обробка дезінтегрованої біомаси. Твердофазова екстракція: апаратура (ємнісні екстрактори з перемішувальним пристроєм, перколятори тощо) та технологічні розрахунки.

12. Сушіння продуктів мікробіологічного синтезу. Пневматичні, аерофонтанні сушарки і сушарки у псевдозрідженому стані. Розпилювальні сушарки, циклони. Сублімаційне сушіння. Вакуум-сушільні шафи. Вальцові сушарки. Інші типи сушарок, які застосовують в мікробіологічній промисловості. Технологічні розрахунки сушильної апаратури.

13. Кондиціювання і фасування товарних продуктів мікробіологічного синтезу, допоміжні процеси і апарати. Спеціальне подрібнення, гранулювання, змішування порошків. Автомати для фасування і упакування. Короткі відомості про машини для стискання повітря. Холодильні машини. Трубна арматура в стерильному виконанні.

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

При проведенні комплексного фахового випробування забороняється користуватися допоміжними матеріалами.

Екзаменаційний білет складається з 3 питань, перше питання оцінюється у 34 бали, друге та третє у 33 бали:

Бал	Відсотки	Критерії оцінювання відповіді
31-34 31-33	91-100	Вірна і вичерпна відповідь на питання, демонструються знання з інших тем та кредитних модулів
28-30 27-30	81-90	Вірна, але не вичерпна відповідь на питання або правильна відповідь з окремими несуттєвими помилками
24-28 23-27	71-80	Вірна відповідь в цілому з несуттєвими помилками
21-24 20-22	61-70	В основному вірна відповідь, але не повна
18-20 17-19	51-60	Часткова відповідь або відповідь з несуттєвими помилками
14-17 14-16	41-50	Часткова відповідь з суттєвими помилками
11-13 10-13	31-40	Відповідь не по суті питання з окремими вірними елементами
7-10 7-9	21-30	Окремі елементи відповіді вірні, але в цілому відповіді на питання немає
7-4 7-4	11-20	Присутні деякі елементи відповіді не по суті питання
2-4 2-4	6-10	Присутні деякі елементи відповіді, що свідчать про нерозуміння або абсолютне незнання питання
0-2 0-2	0-5	Відсутність відповіді

Шкала екзаменаційних оцінок:

Бали	Оцінка
95 - 100	Відмінно
85 - 94	Дуже добре
75 - 84	Добре
65 - 74	Задовільно
60 - 64	Достатньо
менше 60	Незадовільно

Приклад типового завдання комплексного фахового випробування

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 1

1. Проаналізуйте основні механізми надходження поживних речовин у бактеріальну клітину.

2. Обґрунтуйте принципи та необхідні розрахунки режимів термічної стерилізації рідких середовищ і їх реалізація в технологічному устаткуванні для періодичної і безперервної стерилізації.

3. Проаналізуйте мікробіологічний спосіб одержання амінокислот. Особливості продуцентів, поживних середовищ, стадії біосинтезу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Загальна мікробіологія та вірусологія

Основна:

1. Пирог Т.П. Загальна мікробіологія. – К.: НУХТ, 2004. – 471 с.
2. Сергійчук М.Г., Позур В.К., Вінніков А.І. та ін. Мікробіологія. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2005. – 375 с.
3. Современная микробиология. Прокариоты. Том 1 / под.ред. Ленгеера Й., Дрекса Е., Шлегеля Г. – М.: Мир, 2005. – 656 с.
4. Современная микробиология. Прокариоты. Том 2 / под.ред. Ленгеера Й., Дрекса Е., Шлегеля Г. – М.: Мир, 2005. – 496 с.

Додаткова:

1. Асонов Н.Р. Микробиология. – М.: Колос, Колос-Пресс, 2002. – 352 с.
2. Безбородов А.М. Биохимические основы микробиологического синтеза. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1984. – 394 с.
3. Билай В.И. Основы общей микологии. – К.: Вища шк., 1988. – 392 с.
4. Готшалк Г. Метаболизм бактерий. – М.: Мир, 1982. – 310 с.
5. Каратыгин И.В. Проблемы макросистематики грибов // Микология и фитопатология. – 1999. – Т. 33. – Вып. 3. – С. 150 – 165.
6. Квасников Е.И., Щелокова И.Ф. Дрожжи. Биология. Пути использования. – К.: Наук. думка, 1991. – 326 с.
7. Общая микробиология / Под ред. А.Е.Вершигоры. – Киев: Вища шк., 1988. – 343 с.
8. Определитель бактерий Берги. – 9-е изд. / Пер. под ред. Г.А. Заварзина. – М.: Мир, 1997. – Т. 1, 2. – 800 с.
9. Павлович С.А. Основы вирусологии. – Минск: Вышэйш. шк., 2001. – 192 с.
10. Шлегель Г. Общая микробиология. – М.: Мир, 1987. – 566 с.
11. Kurtzman С.Р., Fell J.W. The Yeastes: a taxonomic study. – 4th ed. – Amsterdam etc.: Elsevier, 1998. – 1055 p.
12. Kurtzman С.Р. Systematics and Taxonomy of Yeasts. In: Dimorphism in Human Pathogenic and Apathogenic Yeasts / Ed. E.J.F. Schmidt. - Contrib. Microbiol. Basel. Karger. – 2000. – Vol. 5. – P. 1 – 14.
13. The Prokaryotes. An evolving electronic resource for the microbiological community / Eds.: M.Dvorkin, S.Falkow, E.Rosenberg, K.H.Schleifer, E.Stackebrandt. – 3rd ed. – Online version. Springer Link, 1999.

Генетика

Основна:

1. Дубинин Н.П. Общая генетика.-М.:Наука,1986. – 560 с.
2. Инге-Вечтомов С.И. Генетика с основами селекции. – М.: Высш. шк., 1989.- 591 с.

3. Сингер М., Берг П. Гены и геномы. – В 2-х т. – М.: Мир, -1998. –764с.
4. Стрельчук С.І., Демідов С.В., Бердишев Г.Д., Голда Д.М. Генетика з основами селекції. – К.:Фітосоціоцентр, - 2000. –292с.
5. Ткачук З.Ю., Морозова М.М., Полипчук О.Я. Основы загалної генетики. – К.: Вища шк., 1995. – 176 с.
6. Тоцький В.М. Генетика – В 2-х т. – Одесса:Астропринт, - 2002. –712с.
7. Griffiths A.J.F., Wessler S.R., Lewontin R.C., Gelbart W. M., Suzuki D.T., Miller J.H. Introduction to genetic analysis. 8th edition - New York: W.H.Freeman and Company, 2005. - 782 p.
8. Russell R.J. Essential Genetics. - Pearson Education, 2003. –614p.
9. Weaver R., Hedrick W. Genetics: Third edition. – Wm. C.Brown Publishers, 1997. – 638p.

Додаткова:

1. Алиханян С.И., Акифьев А.П., Чернин Л.С. Общая генетика. – М.: Высш. шк., 1985. – 448 с.
2. Андрианов В.Л. Розв'язання задач з генетики.- Київ, 1996.
3. Бил Дж., Ноуз Дж. Внеядерная наследственность.- М.: Мир, 1981.
4. Бочков Н.П. Клиническая генетика.– М.: Медицина, 1997. - 382 с.
5. Бочков Н.П., Захаров А.Ф., Иванов В.И. Медицинская генетика. – М.: Медицина, 1984. – 364 с.
6. Ватти К.В., Тихомирова М.М. Руководство к практическим занятиям по генетике. – М.: Просвещение, 1979. – 188 с.
7. Гайсинович А.Е. Зарождение и развитие генетики.-М.: Просвещение, 1988.
8. Гершензон С.М. Основы современной генетики.-К.: Наукова думка, 1986. – 560 с.
9. Глазко В.И. Агроэкологический аспект биосферы: проблема генетического разнообразия. – К.: Нора-принт, 1998. – 208 с.
- 10.Глазко В.И., Глазко Г.В. Введение в генетику. – К.: Нора-принт, 2004. – 640 с.
- 11.Глазко В.И., Глазко Г.В. Словарь терминов по прикладной генетике и ДНК-технологиям. – К.: Нора-принт, 1999. – 344 с.
- 12.Глеба Ю.Ю. Сытник К.М. Слияние протопластов и генетическое конструирование высших растений. – К.: Наук. думка, 1982. – 160 с.
- 13.Гуляев Г.В. Задачник по генетике.-М.:Колос, 1980. – 80 с.
- 14.Захаров И.А. Курс генетики микроорганизмов.-Минск.: Вышэйшая школа, 1978.
- 15.Захаров И.А. Генетические карты высших организмов. Л.: Наука, 1978.
- 16.Захаров И.А., Мацелюх Б.П. Генетические карты микроорганизмов.-К.: Наукова думка, 1986.
- 17.Корнберг А. Синтез ДНК.- М.:Мир, 1977.
- 18.Кучук М.В. Генетическая инженерия высших растений. – К.: Наук. думка, 1997. – 152 с.
- 19.Лобашев М.Е. Генетика. – Л.: ЛГУ, 1969. – 752 с.
- 20.Мазер К., Джинкс Дж. Биометрическая генетика. - М.: Мир, 1985. - 463 с.
- 21.Маниатис Т., Фрич Э., Сэмбрук Дж. Молекулярное клонирование. – М.: Мир, 1990. – 408 с.

22. Ніколайчук В.І., Горбатенко І.Ю. Генетична інженерія. – Ужгород, 1999. – 182 с.
23. Молекулярная биология. Структура и биосинтез нуклеиновых кислот / Под ред. А.С. Спирина. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
24. Пехов А.П. Генетика бактерий. – М.: Медицина, 1977. – 408 с.
25. Рокицкий П.Ф. Введение в статистическую генетику. – Минск: Высшейш. шк., 1978. – 488 с.
26. Стент Г., Кэлиндар Р. Молекулярная генетика. – М.: Мир, 1981. – 644 с.
27. Тихомирова М.М. Генетический анализ. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1990. – 280 с.
28. Уотсон Дж. Двойная спираль. – М.: Мир, 1969. – 152 с.
29. Уотсон Дж. Молекулярная биология гена. – М.: Мир, 1978.
30. Фогель Ф., Мотульски А. Генетика человека. – В 3-х т. – М.: Мир, 1989. – 1052 с.
31. Хесин Р.Б. Непостоянство генома. – М.: Наука, 1985. – 472 с.

Біохімія

Основна:

1. Биохимия: Учебник / под ред Е.С.Северина.- М.: ГЭОТАР-МЕД, 2003.-784с.
2. Биохими. Краткий курс с упражнениями и задачами / под ред Е.С.Северина.- М.: ГЭОТАР-МЕД, 2002.-448с
3. А.Ленинджер. Основы биохимии, М: Мир, 1985, т.1-3.
4. Т.Т.Березов, Б.Ф.Коровкин. Биологическая химия, М: Медицина, 1998, 703 с.
5. Р.Марри, Д.Греннер, П.Мейер, В.Родуэлл. Биохимия человека, М: Мир, 1993, т.1,2.
6. Л.Уайт, Ф.Хендлер, Е. Смит т др. Основы биохимии, М: Мир, 1981, т.1-3.
7. А.А.Анисимов. Основы биохимии, М: Высшая школа, 1986
8. Біохімія. /М.Є.Кучеренко, Ю.Д.Бабенюк, О.М.Васильєв та ін./ К.:ВГЦ Київський університет, 2002, 480 с.
9. М.С.Кучеренко, Ю.Д.Бабенюк, В.М.Войницький. Сучасні методи біохімічних досліджень Київ, Фітосоціоцентр, 2001, 422с.

Додаткова

1. Р. Бохински Современные воззрения в биохимии.-М.: Мир, 1987.-544с.
2. Д.Г.Кнорре, С.Д.Мызгина Биологическая химия.-М.: Высшая школа, 2000, 479 с.
3. Я.Кольман, К.Г.Рем Наглядная биохимия.-М.:Мир, 2000, 469с.
4. Б. Гринстейн, А. Гринстейн Наглядная биохимия.-М.: ГЭОТАР «Медицина», 2000, 119с.
5. А.Сассон Биотехнология: свершения и надежды.-М.:Мир,1987

Загальна біотехнологія

Основна:

1. Общая технология микробиологических производств. / М.С.Мосичев, А.А.Складнев, В.Б Котов. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982 – 264 с.
2. Кантере В.М. Теоретические основы технологии микробиологических производств. – М : Агропромиздат, 1990. – 227с.
3. Манаков М.Н., Победимский Д.Г. Теоретические основы технологии микробиологических производств. – М.: Агропромиздат, 1990 – 227с..

4. Бекер М.Е. Введение в биотехнологию. Пер. с латыш. (Рига, 1974). – М.: «Пищевая пром-сть», 1978 – 237с.
5. Бирюков В.В. Основы промышленной биотехнологии. – М: Колос, 2004. – 296 с.
6. Биотехнология: Биологические агенты, технология, аппаратура / У.Э.Виестур, И.А.Шмите, А.В.Жилевич – Рига: Зинатне, 1987. – 263 с.
7. Воробьева Л.И. Промышленная микробиология: Учеб. пособие, -М.: Изд-во МГУ, 1989. - 294 с: ил.
8. Грачева И.М. Технология ферментных препаратов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М: Агропромиздат, 1987. - 335 с: ил.- (Учебники и учебные пособия для студентов высших учеб. заведений).
9. Сидоров Ю.І., Влезло Р.Й., Новіков В.П. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості (3 томи). - Львів: Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”, 2004. - 252 с
10. Елинов Н.П. Основы биотехнологии. Для студентов институтов; аспирантов и практических работников. Издательская фирма «Наука» – С ПБ 1995. 600 с. 166 ил.
11. Варфоломеев С.Д., Калюжный С.В. Биотехнология: Кинетические основы микробиологических процессов: Учеб. пособие для биол. и хим. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1990. – 296 с.
12. Биотехнология / М.Е. Бекер, Г.К.Лиепиньш, Е.П.Райпулис – М : Агропромиздат, 1990. – 334с.

Додаткова:

1. Баксаньян И.А. Культивирование микроорганизмов с заданными свойствами. – М.: Медицина, 1992.
2. Безбородов А.М. Биотехнология продуктов микробного синтеза – М.: ВО «Агропромиздат», 1991. -320 с..
3. Бейли Дж., Оллис Д. Основы биохимической инженерии. Пер. С англ. В 2-х частях. 4.2. М.: Мир, 1989. – 590 с.
4. Биотехнология. Принципы и применение: Пер. с англ. / Под ред. И. Хиггинса, Д. Беста и Дж. Джонса. – М.: Мир, 1988. – 480 с, ил.
5. Биохимические основы микробиологических производств. Никитин Г.А.. Учеб. пособие. - 2-е изд., перераб. и доп. - К.: Вища шк., 1992. - 319 с: ил.
6. Великая Е.И., Суходол В.Ф. Лабораторный практикум по курсу общей технологии бродильных производств (общие методы контроля).- 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983.-312 с.
7. Гапонов К.П. Процессы и аппараты микробиологических производств.- М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981.-240.
8. Матвеев В.Е. Научные основы микробиологической технологии.-М.: Агропромиздат, 1985. -224 с.
9. Промышленная микробиология: Учеб. пособие для вузов по спец. «Микробиология» и «Биология» / З.А. Аркадьева, А.М. Безбородов, И.Н. Блохина и др.; Под ред. Н.С. Егорова. -М.: Высш. шк., 1989. - 668 с.6 ил.
10. Слюсаренко Т.П. Лабораторный практикум по микробиологии пищевых производств. - М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984 - 208 с.

11. Экологическая биотехнология: Пер. с англ./ Под ред. К.Ф. Фостера, Д.А. Дж. Вейза. - Л.: Химия, 1990. - пер. изд. : Великобритания, 1987. - 384 с: ил.

Процеси і апарати біотехнологічних виробництв

Основна:

1. Л.М. Батунер. Процессы и аппараты органического синтеза и биохимической технологии. – Ленинград. об., М.: «Химия», 1966.
2. А.Г. Касаткин. Основные процессы и аппараты химической технологии.-М.: «Химия», 1971.- 784 с.
3. К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков «Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии».- Ленинград. об., М.: «Химия», 1976
4. Е.Н. Плановский, П.И. Николаев. Основные процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. 3-е изд. - М.: «Химия», 1987. - 540 с.
5. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по курсовому проектированию / Под редакцией Ю.И. Дытнерского. - М.: Химия, 1991. - 496 с.
6. Сидоров Ю.І., Влязло Р.Й., Новіков В.П. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технологічні розрахунки. Приклади і задачі. Частина І. Ферментація. – Львів: Вид-во НУ “Львівська політехніка”, 2004.- 240 с.
7. Сидоров Ю.І., Влязло Р.Й., Новіков В.П. Процеси і апарати мікробіологічної промисловості. Технологічні розрахунки. Приклади і задачі. Частина ІІ. Обробка культуральних рідин. – Львів: Вид-во НУ “Львівська політехніка”, 2004.- 296 с.
8. Гапонов К.П. Процессы и аппараты микробиологических производств.- М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1981, - 240 с.
9. Кантере В.М., Мосичев М.С., Дорошенко М.И. и др. Основы проектирования предприятий микробиологической промышленности.- М.: ВО “Агропромиздат”, 1990, 304 с.
10. Федосеев К.Г. Процессы и аппараты биотехнологии в химико-фармацевтической промышленности. – М.: Медицина, 1969. – 199 с.
11. Мосичев М.С., Складнев А.А., Котов В.Б. Общая технология микробиологических производств.- М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1982. – 264 с.
12. Калунянц К.А., Голгер Л.И., Балашов В.Е..Оборудование микробиологических производств. – М.: Агропромиздат, 1987.- 398 с.

Додаткова

1. И.Л. Иоффе. Проектирование процессов и аппаратов в химической технологии. -Л.: «Химия», 1991. - 352 с.
2. А.А. Лазинский, А.Р. Толчинский, Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры. - М.-Л.: Машгиз, 1963. - 470 с.
3. Г.А. Никитин. Биохимические основы микробиологических производств. – Киев: «Вища школа», 1981.
4. Лабораторный практикум по процессам и аппаратам пищевых производств. Под. ред. А.С. Гинзбурга. 3-е изд. - М.: Агропромиздат, 1990. - 256 с.

5. Руководство к практическим занятиям в лаборатории процессов и аппаратов химической технологии./ Под. ред. Романкова П.Г., 5-е изд. - Ленинград : «Химия», 1979. - 250 с.
6. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1971.–784 с.
7. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию./под ред Ю.И.Дытнерского. – М.: Химия, 1991. – 272 с.
8. Павлов К.Ф., Романков, П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии.- Л.: Химия, 1969.- 624 с.
9. Гальперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1981. – Кн. 1 и 2. – 812 с.
10. Процеси і апарати харчових виробництв /За ред. Малежика І.Ф. Київ , НУХТ. 2003.
11. Процеси і апар. харч. виробництв .Лабораторний практикум /За ред. Малежика І.Ф. Київ, НУХТ, 2006

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ


Тодосійчук Т.С., д.т.н., доц.



Клечак І.Р., к.т.н., доц.



Голуб Н.Б., д.т.н., доц.



Орябінська Л.Б., к.б.н., доц.

