

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова Вченої ради
факультету/інституту

«____» _____ 20__ р.

ПРОГРАМА ВСТУПНОГО ІСПИТУ

**третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
для здобуття наукового ступеня доктор філософії**

ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ – 16-Хімічна та біоінженерія

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ – 162-Біотехнології та біоінженерія

Ухвалено Вченою радою факультету/інституту
(протокол від «__» 04 2016 р. № __)

Київ
НТУУ «КПІ»
2016

ОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Орябінська Л.Б к.б.н. доц. доц. каф. промислової біотехнології – розд. «Загальна мікробіологія та вірусологія»

Голуб Н.Б. д.т.н., проф., проф. каф. екобіотехнології і біоенергетики - розд. «Біохімія»

Клечак І.Р. к.т.н. доц. доц. каф. промислової біотехнології – розд. «Загальна генетика»

Тодосійчук Т.С., д.т.н., доц. доц. каф. промислової біотехнології - розд. «Промислова біотехнологія»

Ружинська Л.И., к.т.н., доц., доц. каф. біотехніки та інженерії – розд «Процеси і апарати біотехнологічних виробництв»

ЗАГАЛЬНА МІКРОБІОЛОГІЯ ТА ВІРУСОЛОГІЯ

Предмет і завдання мікробіології.

Значення мікроорганізмів в природі, в господарчій діяльності людини, в охороні здоров'я та охороні навколишнього середовища.

Основні напрямки розвитку сучасної мікробіології: загальна, промислова, ґрунтова, водна, геологічна, медична, ветеринарна, сільськогосподарська, космічна, екологічна .

Характеристика їх задач.

Первинне підрозділення мікроорганізмів - еукаріотичні мікроорганізми – водорості, найпростіші, гриби та прокаріотичні мікроорганізми – бактерії та архебактерії. Концепція протистів.

Основні структурні компоненти бактеріальної клітини.

Істотні відмінності в організації двох типів клітин: еукаріотичної та прокаріотичної. Загальні властивості мікроорганізмів.

Загальна характеристика прокаріотів. Різноманітність морфологічних форм, варіації розмірів, метаболічні особливості.

Клітинна стінка грампозитивних та грамнегативних бактерій. Основні функції клітинної стінки бактерій. Незвичайні клітинні стінки архебактерій. Мікроорганізми, які не мають клітинної стінки.

Засоби видалення клітинної стінки у бактерій в лабораторних умовах.

Капсули, слизові шари та чохла, їх хімічна будова та функції. Використання капсул у практиці народного господарства та медицині.

Цитоплазматична мембрана, особливості її складу, структури та функції у бактерій..

Особливості будови бактеріальної хромосоми. Реплікація ДНК і сегрегація нуклеїдів при поділі клітин. Зв'язок нуклеїда з цитоплазматичною мембраною та її похідними.

Позахромосомні елементи (плазмід, транспозони та IS-фрагменти). Їх роль в генетичній різноманітності прокаріот.

Придатки бактеріальної клітини, їх кількість і характер розміщення. Хімічний склад і їх структурна організація. Відмінні особливості будови джгутиків прокаріот.

Механізм руху бактерій.

Розмноження та диференціювання бактерій.

Поняття про клітинний цикл бактерій, типи вегетативного циклу- мономорфний, диморфний і поліморфний клітинні цикли.

Способи розмноження бактеріальних клітин.

Морфологічне диференціювання бактерій. Ендоспори та біохімія спороутворення. Роди бактерій, що утворюють ендоспори. Негативна та позитивна роль процесів спороутворення.

Систематика прокаріот, мета та принципи класифікації.

Поняття про систематику прокаріот. Типи і цілі класифікації. Труднощі створення філогенетичної системи, що відображує родинні зв'язки між різними групами прокаріот та історію їх еволюційного розвитку.

Правила та принципи класифікації.

Міжнародний кодекс номенклатури бактерій. Визначник Берджи . Чотири основні категорії бактерій

Харчові потреби мікроорганізмів та культивування мікроорганізмів.

Поживні речовини, що використовуються як вихідні матеріали для біосинтезу та добування енергії. Фактори росту. Відносність поділу мікроорганізмів по типах харчування. Поділ фототрофних та хемотрофних бактерій в залежності від субстратів, які вони окислюють. Уявлення про літотрофність та органотрофність.

Механізми надходження поживних речовин у бактеріальну клітину.

Індивідуальний та популяційний ріст бактерій.

Метаболізм прокариотичних клітин

Енергетичний та конструктивний метаболізм мікробної клітини.

Перша та друга унікальна форма енергії у клітині

Характеристика центральних метаболічних процесів, які проходять за схемами: Ембдена-Мей'єргофа-Парнаса, Варбурга-Дікенса-Хореккера та Ентнера-Дудорова.

Бродіння як спосіб одержання енергії. Визначення поняття бродіння. Енергетична оцінка бродіння порівняно з диханням. Класифікація бродіння. Катаболічні схеми основних типів бродіння: гомо- і гетероферментативне молочнокисле бродіння, пропіоновокисле спиртове та маслянокисле бродіння.

Види та механізм бактеріального фотосинтезу. Біохімічні механізми циклічного та нециклічного фотосинтезу. Поява другої фотосистеми та особливості фотосинтезу ціанобактерій. Особливості акумуляції світлової енергії галофільними бактеріями.

Визначення природи процесів дихання. Аеробне дихання. Цикл трикарбонових кислот і особливості його функціонування у мікроорганізмів прокариотичного типу. Будова ланцюга переносу електронів у бактерій.

Неповне окислення. Відмінності процесу від бродіння та аеробного дихання. Енергетичний баланс.

Визначення поняття анаеробного дихання. Типи анаеробного дихання. Особливості будови ланцюга переносу електронів у факультативних аеробних бактерій

Особливості енергетичного метаболізму літотрофних мікроорганізмів. Загальна характеристика групи літотрофів. Основні процеси їх конструктивного та енергетичного обмінів. Функціонування дихального ланцюга. Поширення літотрофів в природі.

Конструктивний обмін фототрофів. Автотрофна фіксація вуглекислоти. Цикли Арнона та Кальвіна.

Конструктивний обмін гетеротрофів. Загальні закономірності біосинтезу мікроорганізмами мономерних речовин – попередників біополімерів (амінокислот, пуринових та піримідинових основ). Особливості синтезу мікробною клітиною основних біополімерів – білка, нуклеїнових кислот, полісахаридів та пептидоглікану. Біосинтез ліпідів.

Взаємозв'язок конструктивних та енергетичних процес

Розповсюдження мікроорганізмів, їх участь в кругообігу у природі.

Розповсюдження мікроорганізмів в біосфері. Поняття про екологічну нішу. Фактори, що впливають на якісний та кількісний склад мікроорганізмів. Мікроорганізми та біогенна міграція атомів. Поняття про обіг речовини в природі. Аріали бактерій. Бактеріальні ценози.

Обіг азоту. Перетворення вуглецьвміщуючих речовин в природі.

Біологічний цикл сполук сірки, фосфору та заліза.

Вплив факторів зовнішнього середовища на мікробну клітину

Дія фізичних, хімічних та біологічних факторів на мікробну клітин

Форми взаємодії мікроорганізмів в природі – симбіоз і його різновиди – коменсалізм, мутуалізм, метабіоз. Хижатство та паразитизм. Пасивний та активний антагонізми.

Вірусологія

Біологія вірусів

Вірусологія як біологічна наука, об'єкти її вивчення, значення в становленні молекулярної біології.

Досягнення вірусології в боротьбі з вірусними інфекціями.

Визначення вірусів, сучасні уявлення про природу вірусів, основні концепції про їх еволюцію. Основні відмінності вірусів від клітинних організмів.

Розміри вірусів, методи їх визначення. Особливості розмноження та культивування вірусів.

Основні групи вірусів. Номенклатура і класифікація вірусів. Таксономічні ознаки представників найважливіших родин вірусів людини і тварин:

Хімічна природа вірусів.

Відмінності хімічного складу вірусів від хімічного складу клітинних організмів.

Хімічний склад простих і складних вірусів.

Природа вірусних білків. Типи вірусних нуклеїнових кислот. Ліпіди і вуглеводи складних вірусів.

Морфологія та структура вірусів.

Типи організації віріонів. Будова капсиду. Типи симетрії, що використовуються в організації капсиду.

Віруси бактерій (бактеріофаги)

Механізм взаємодії вірусу і клітини

Продуктивна інфекція. Поняття про вірулентні віруси. Фази інфекційного процесу.

Вірогенія (лізогенія) і помірні віруси. Лізогенна конверсія.

Множинна лізогенія.

Онкогенні віруси та трансформація клітин.

Абортивна інфекція та природа її розвитку.

Механізми реплікації природних та неприродних форм ДНК та РНК вірусів.

Особливості репродукції вірусів. Вихід вірусів та фагів із клітини.

Генетичні і негенетичні взаємодії між вірусами .

Цитопатичний механізм дії вірусів на клітину. Цитопатогенна реакція клітини на вірусну інфекцію.

Захисна реакція клітини від вірусної інфекції . Природа інтерферонів і їх властивості.

Шляхи передачі вірусів та профілактика вірусних інфекцій

Рекомендована література

- 1 Шлегель Г. Общая микробиология. - М.: Мир, 1987. - 476с.
2. Пірог Т.П. Загальна мікробіологія. –Вид.НУХТ, 2004. -471с.
- 3.Гусев М.В., Минаев Л.А. Микробиология: Учебник для студ. биол. специальностей вузов – 4-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 464 с.
4. .Стейнер Р., Здельберг З., Ингрэм Дж. Мир микробов. - М.: Мир, 1979. - т.1 - 317 с.,-т.2-331 с.,-т.3 - 425с
- 5.Пиневиц А.В., Сироткин А.К., Гаврилова О.В., Потехин А.А. Вирусология: учебник, Санкт–Петербург, «Изд-во Санкт–Петербургского университета, 2012, 432с
6. Кэмпбелл Э., Меклер Л.Б., Лурия С.Э., Гендон Ю.З., Дарнелл Дж.Э., Балтимор Д Учебник (1981)
7. Агол В.Й., Атабеков И.Г., Крылов В.Н., Тихоненко Т.И. Молекулярная биология вирусов. – М.: Наука, 1971. - 493 с.

БІОХІМІЯ

Білки

Будова амінокислот. Стереоізомерія. Класифікація амінокислот на основі хімічної будови R-груп та їх полярності. Кислотно-основні властивості амінокислот.

Біологічні функції білків. Класифікація білків. Методи виділення та очистки білків. Фізико-хімічні властивості білків. Структурна організація молекул білку: первинна, вторинна, третинна та четвертинна структури. Методи визначення амінокислотної послідовності в білках. Характеристика фібрилярних білків. □-, □- кератини, колаген, еластин. Загальна характеристика глобулярних білків. Гемоглобін.

Ферменти

Класифікація і номенклатура ферментів. Хімічна природа ферментів. Будова молекул ферментів.

Механізм ферментативного каталізу. Кінетика ферментативних реакцій. Рівняння Л. Міхаеліса – М. Ментен, Г. Лайнуівера – Д. Берка, фізичний зміст константи Міхаеліса. Активність ферментів та фактори, що її визначають. Активування і інгібування ферментів. Інгібітори: оборотні і необоротні. Типи інгібування ферментів: конкурентне, неконкурентне та ретроінгібування. Регуляція активності ферментів.

Вітаміни

Класифікація вітамінів. Жиророзчинні вітаміни: груп А, Е, К, Д, їх біологічна роль? будова. Водорозчинні вітаміни: РР, Р, С, Н та групи В, їх біологічна роль, будова.

Нуклеїнові кислоти

Пуринові та піримідинові азотисті основи. Біологічна функція ДНК. Будова ДНК: первинна, вторинна та третинна структури. Фізико-хімічні властивості ДНК. ДНК вірусів. ДНК бактерій. Порівняння ДНК прокаріотів та еукаріотів.

Біосинтез пуринів. Біосинтез піримідинів. Біосинтез дезоксирибонуклеотидів. Регуляція біосинтезу нуклеотидів. Ферменти реплікації. Механізм реплікації ДНК в бактеріях та еукаріотичних клітинах. Структура і властивості РНК-полімерази. Механізм транскрипції: зв'язування ферменту з матрицею, ініціація та елонгація, термінація та вивільнення ферменту, дозрівання РНК-транскриптів.

Метаболізм білків

Загальні шляхи обміну амінокислот: трансамінування, дезамінування, реакції декарбоксілювання. Кінцеві продукти азотистого обміну. Біосинтез сечовини.

Активація амінокислот і утворення аміноацил-тРНК. Структура та функції рибосом. Механізм трансляції: ініціація трансляції, елонгація поліпептидного ланцюга, термінація трансляції.

Вуглеводи

Біологічна роль вуглеводів. Будова та класифікація вуглеводів. Стереοізомерія та таутомерія моносахаридів. Окремі представники моно-, оліго- та полісахаридів.

Хімічні властивості вуглеводів: реакції полуацетального гідроксилу, гідроксильних груп, окиснення та відновлення. Метаболізм перетворення вуглеводів. Анаеробне перетворення вуглеводів. Спиртове бродіння.

Аеробне перетворення вуглеводів. Цикл три- і дикарбонових кислот (цикл Кребса). Апотомічний (пентозний) цикл окиснення вуглеводів. Біосинтез вуглеводів. Глюконеогенез. Утворення вуглеводів в процесах фотосинтезу.

Ліпіди

Вищі жирні кислоти. Нейтральні ліпіди: тріацилгліцероли, етери холестеролу, гліколіпіди.

Фосфоліпіди. Сфінголіпіди

Активація жирних кислот. \square -окиснення жирних кислот. Енергетичний баланс окиснення жирних кислот. Біосинтез насичених та ненасичених жирних кислот.

Метаболізм фосфоліпідів. Біосинтез холестеролу. Регуляція метаболізму ліпідів.

Склад і будова біологічних мембран. Функції біологічних мембран. Асиметрія мембран.

Біоенергетика

Тканинне дихання і біологічне окиснення. Окисне фосфорилування і дихальний контроль.

Фотосинтез в еукаріотичних клітинах. Фотосистеми хлоропластів. Фотосинтез у прокаріотів.

Гормони

Загальна характеристика гормонів. Класифікація та біологічна дія гормонів. Гормони тварин і людини. Механізми дії гормонів. Фітогормони.

Рекомендована література

ЗАГАЛЬНА ГЕНЕТИКА

Формальна генетика

Значення робіт Г. Менделя у формуванні методології генетики. Закономірності успадкування при моногібридних та полігібридних схрещуваннях. Умови, які забезпечують та лімітують виконання законів Г. Менделя. Відхилення від типових чисельних співвідношень при розщепленні та їх причини. Взаємодія неалельних та алельних генів. Особливості успадкування кількісних ознак. Статистичні причини відхилень від встановлених Г. Менделем закономірностей розщеплення.

Хромосомна теорія спадковості

Каріотип. Генетична роль мітозу і мейозу. Особливості спадкування при нерегулярних типах статевого розмноження.

Стать та статеві ознаки. Типи хромосомного визначення статі. Успадкування ознак, зчеплених із статтю, залежних від статі та обмежених статтю. Нерозходження статевих хромосом, генетичні наслідки. Групи зчеплення генів та кросинговер. Принципи побудови генетичних карт еукаріотів. Цитологічні карти хромосом. Фактори, що впливають на частоту кросинговеру. Особливості спадкування при цитоплазматичній спадковості. Справжня та несправжня цитоплазматична спадковість. Цитоплазматична чоловіча стерильність та її практичне використання.

Класифікація типів мінливості. Формування ознак як результат взаємодії генотипу та факторів середовища. Характерні риси модифікаційної мінливості. Методи вивчення модифікаційної мінливості. Комбінативна мінливість, її роль у еволюції та селекції. Мутаційна мінливість. Визначення та класифікації мутацій. Мутації зміни числа наборів хромосом (геномні мутації). Особливості генетичного аналізу у поліплоїдів. Анеуплоїдії. Хромосомні перебудови. Класифікація генних мутацій за молекулярним механізмом. Молекулярні механізми виникнення деяких генних мутацій. Фізичні, хімічні та біологічні мутагени: класифікація, особливості та механізми дії, генетичні наслідки.

Генетика популяцій

Генетика популяцій і її значення для медичної генетики, селекції, вирішення проблем збереження генофонду і біосфери. Закон Харді-Вайнберга та його практичне використання. Популяція – елементарна одиниця еволюції. Генетична гетерогенність та генетичний поліморфізм природних популяцій.

Молекулярна генетика

Молекулярна організація генетичних процесів

Нуклеїнові кислоти як носії генетичної інформації. Структура нуклеїнових Поліморфізм подвійної спіралі ДНК. Надспіралізація ДНК, топоізомерази. Макромолекулярна структура РНК. Функції РНК в клітині.

Загальний принцип організації генетичного матеріалу. Особливості будови капсидів і упаковка генетичного матеріалу на прикладі бактеріофагів T4 та ϕ . Просторова організація бактеріального геному. Рівні компактизації генетичного матеріалу у еукаріот. Типи нуклеотидних послідовностей, що трапляються в геномі еукаріот.

Структура і функції гена. Функціональний та рекомбінаційний критерії алелізму. Цис-транс тест. Вивчення біохімічної функції гена. Концепція «один ген - один фермент» та її подальший розвиток. Генетичний аналіз кодону.

Позахромосомні фактори спадковості. Класифікація плазмід. Групи несумісності плазмід. Кон'югативні плазміди. Роль плазмід в еволюції бактерій. Мобільні генетичні елементи (IS-елементи бактерій, номенклатура та будова, переміщення). Транспозони еукаріот, їх структурні та функціональні особливості, механізми транспозиції. Ретротранспозони еукаріот. Ретрогени. Системи рестрикції і модифікації у бактерій. Реакції прямої репарації ДНК. Фотореактивація, роль у репарації ДНК-метил-трансфераз та ДНК-лігаз. Екзцизійна репарація. Етапи екзцизійної репарації. Постреплікативна (рекомбінаційна) репарація. Репарація помилково спарених нуклеотидів. Репарація двониткових розривів у ДНК. Репаративні процеси, що індукуються.

Загальна характеристика процесів реплікації. Етапи реплікації ДНК. Особливості реплікації хромосом еукаріот.

Генетична рекомбінація у прокаріот. Кон'югація, сексдукція, трансформація, трансдукція та трансфекція бактерій: етапи, генетичне картування за їх допомогою. Шляхи генетичної рекомбінації у еукаріот. Молекулярні механізми рекомбінації. Модель гомологічної рекомбінації Р.Холідея. Сайт-специфічна рекомбінація.

Механізми реалізації генетичної інформації

Транскрипція. Транскриптон. Етапи транскрипції. Процесинг первинних транскриптів. Трансплайсинг. Альтернативний сплайсинг. Трансляція. Будова рибосом прокаріот та еукаріот. Функціональні активності та функціональні ділянки рибосом. Етапи трансляції. Рівні регулювання активності генів у прокаріот. Регулювання функціонування лактозного та триптофанового оперонів E.coli. Типи генетичної регуляції роботи оперонів. Організація регуляторних ділянок генома у еукаріотів та регулювання транскрипції та посттранскрипційного процесинга в еукаріот.

Генетика як теоретична основа селекції та біотехнології

Генетика як теоретична основа селекції. Досягнення світової селекції та успіхи вітчизняних селекціонерів у створенні нових високопродуктивних штамів мікроорганізмів, сортів рослин і порід тварин. Мета та методологія генетичної інженерії. Основні напрями генетичної інженерії мікроорганізмів, рослин та тварин.

Рекомендована література

1. Айала Ф., Кайгер Дж. Современная генетика в 3-х томах - М.: Мир, - 1988.-.
2. Албертс Б., Брей Д., Льюис Дж., Рзфф М., Робертс К., Уотсон Дж. Молекулярная биология клетки. - М.: Мир, - 1994.- 3 тома.
3. Генетика: підручник / Сиволюб А.В., Русковський С.Р., Кир'яченко С.С. та інші; за ред. А.В.Сиволюба.- К.: Вид.-поліграф. Центр «Київський університет», 2008. – 320 с.
4. Гершензон С.М. Основы современной генетики. - Киев: Наукова думка, - 1986.-560с.
5. Льюин Б. Гены. - М.: Мир, - 1987.-543с.
6. Сингер М., Берг П. Гены и геномы. – В 2х т.т. – М.: Мир, - 1998.-764с.
7. Тоцький В.М. Генетика.- Одесса: Астропринт, - 2002.-712с.

ЗАГАЛЬНА БІОТЕХНОЛОГІЯ

Підготовка та способи реалізації мікробного виробничого біосинтезу.

Принципова технологічна схема біотехнологічного процесу. Типи стадій біотехнологічних виробництв. Передферментаційні процеси.

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

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

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

Математичні моделі ростових та біосинтетичних процесів.

Періодичне культивування і його графічна інтерпретація. Базові кінетичні показники періодичного культивування. Питома швидкість росту, економічні коефіцієнти, вихід біомаси, ступінь використання субстрату, продуктивність біосинтезу, фізіологічна цінність субстрату. Рівняння Моно, Моно-Ієрусалімського.

Базові кінетичні показники та математичні моделі напівбезперервного та безперервного режимів культивування. Класифікація безперервних систем та методи керування ними. Хемостатні, турбідостатні та інші системи керування безперервними процесами 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 біосинтезу.

Стабілізація продукту. Наповнювачі та стабілізатори активності БАР.

Термочутливість 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.

Особливості традиційних технологій отримання різних груп біологічноактивних речовин.

Загальна характеристика технології білково-вітамінних концентратів (БК). 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.

Рекомендована література

1. Общая технология микробиологических производств. / М.С.Мосичев, А.А.Складнев, В.Б.Котов. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982 – 264 с.
2. Пирог Т.П., Ігнатова О.А. Загальна біотехнологія: підручник. – К.: НУХТ, 2009.- 336 с.
3. Буценко Л.М., Пенчук Ю.М., Пирог Т.П. Технології мікробного синтезу лікарських засобів: навч. посіб. – К.: НУХТ, 2010.- 323 с.
4. Воробьева Л.И. Промышленная микробиология: Учеб. пособие, -М.: Изд-во МГУ, 1989. - 294 с: ил.
5. 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).
6. 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.
7. 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.

ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

Основні закони переносу теплової енергії. Закон Фур'є. закон Ньютона-Ріхмана. Критерії теплової та гідродинамічної подібності. Рівняння Нав'є-Стокса.

Теплообмінні апарати. Основи розрахунку. Конструкції теплообмінників.

Однокорпусні та багатокорпусні випарні установки. Матеріальний та тепловий баланси. Конструкції випарних апаратів.

Матеріальний та тепловий баланси. Конструкції сушарок. Властивості вологих газів.

Фільтрування. Основне рівняння фільтрування. Фільтрування при постійному тиску і постійній швидкості. Конструкції фільтрів.

Центрифуги. Основи розрахунку. Конструкції центрифуг.

Змішувач для рідких середовищ. Конструкції перемішувачих пристроїв. Розрахунок потужності, що витрачається на перемішування. Перемішування у ферментерах.

Конструкції ферментерів. Основи розрахунку ферментерів.

Масоперенос. Закони Фіка. Рівновага в процесах масопереносу. Закон Генрі. Закон Рауля. Подібність масообмінних процесів. Критерії подібності. Масообмін у ферментерах. Особливості масообміну у ферментерах. Рівняння матеріального балансу ферментера за киснем.

Перегонка та ректифікація. Особливості процесів. Конструкція ректифікаційних колон. Матеріальний баланс ректифікації.

Абсорбція. Матеріальний баланс абсорбера. Конструкція абсорберів.

Екстракція. Конструкція рідинних екстракторів. Основи розрахунку.

Мембранне концентрування та розділення. Класифікація мембранних процесів. Конструкція мембранних апаратів.

Рекомендована література

1. Общая технология микробиологических производств. / М.С.Мосичев, А.А.Складнев, В.Б.Котов. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982 – 264 с.
2. Пирог Т.П., Ігнатова О.А. Загальна біотехнологія: підручник. – К.: НУХТ, 2009.- 336 с.