



# ПРОМИСЛОВА ЕНЗИМОЛОГІЯ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна інженерія та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>162 Біотехнології та біоінженерія</i>
Освітня програма	<i>Біотехнології</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити (120 годин) лекції – 10 годин; лабораторні – 6 годин, СРС – 104 години</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/ модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>Лекції та лабораторні роботи відбуваються згідно розкладу rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., Поліщук Валентина Юріївна, <a href="mailto:polischukvu@gmail.com">polischukvu@gmail.com</a>, 097-469-47-26, Лабораторні: к.т.н., Поліщук Валентина Юріївна, <a href="mailto:polischukvu@gmail.com">polischukvu@gmail.com</a>, 097-469-47-26,</i>
Розміщення курсу	<i>Посилання на дистанційний ресурс Moodle <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4165">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4165</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Промислова ензимологія – це сукупність технологічних прийомів, здійснення яких на відповідному обладнанні за наявності необхідних вихідних матеріалів забезпечує одержання ферментних препаратів з заданими властивостями.

**1.1. Метою навчальної дисципліни «Промислова ензимологія» є формування у студентів здатностей:**

- здатність до аналізу і вибору високоефективних продуцентів ферментних препаратів;
- здатність проектувати технологічні процеси виробництва ферментних препаратів з різним механізмом дії та вдосконалювати існуючі технології ферментних препаратів;
- здатність до розробки нових способів виділення, концентрування і очистки ферментів, розробки способів одержання стабільних форм готових препаратів з врахуванням їх подальшого використання.

#### **1.2. Основні завдання навчальної дисципліни**

Після засвоєння дисципліни «Промислова ензимологія» студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

##### **знання:**

- джерел одержання ферментних препаратів;
- будови, механізму дії і властивостей ферментів;
- класифікації і номенклатури ферментів і ферментних препаратів;
- способів культивування продуцентів ферментів;

- методів виділення, концентрування, розділення, очистки і сушіння ферментів;
- способів одержання іммобілізованих ферментних препаратів;
- технологічних особливостей одержання препаратів з певним складом ферментів.

**уміння:**

- вибирати продуцент ферментного препарату для конкретної галузі виробництва;
- знаходити взаємозв'язок між структурою субстрату і механізмом дії ферменту;
- обґрунтувати вибір технологічних способів та прийомів біотехнологій виробництва ферментних препаратів різних груп;
- проводити контроль основних показників ходу технологічного процесу і готового ферментного препарату;
- проводити процес глибинного культивування продуцентів ферментів з різним механізмом дії;
- аналізувати ферментативну активність напівпродуктів культивування та готових ферментних препаратів з різним механізмом дії;
- обраховувати і представляти результати експерименту з культивування продуцентів ферментів мікробного походження.

**досвід:**

- оволодіння методикою глибинного культивування продуцентів ферментів з різним механізмом дії;
- аналізу ферментативної активності напівпродуктів культивування та готових ферментних препаратів з різним механізмом дії;
- обробки і представлення результатів експерименту з культивування продуцентів ферментів мікробного походження.

**2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Міждисциплінарні зв'язки: У структурно-логічній площині програми підготовки фахівців з біотехнології дисципліна базується на попередньо отриманих знаннях з дисциплін «Біохімія», «Генетика», «Загальна мікробіологія та вірусологія», «Загальна біотехнологія», «Процеси і апарати біотехнологічних виробництв», «Проблемні питання сучасної біотехнології», «Біохімічні та фізичні методи аналізу в біотехнології». Отримані знання необхідні для успішної практичної діяльності майбутніх фахівців у науково-дослідних установах та на підприємствах біотехнологічної промисловості.

**3. Зміст навчальної дисципліни**

**Розділ 1. Основи ензимології**

Тема 1.1 Вступ до предмету

Предмет та задачі дисципліни «Проектування та виробництво біотехнологічної продукції-2. Промислова ензимологія».

Сучасні тенденції розвитку технології ферментних препаратів. Переваги ферментів перед хімічними каталізаторами.

Історія розвитку промислової ензимології. Аналіз ринку ферментних препаратів. Галузі використання ферментних препаратів. Джерела одержання ферментних препаратів.

Тема 1.2. Будова, класифікація і номенклатура ферментів, механізм дії ферментів

Будова ферментів. Механізм дії ферментів. Фази ферментативного каталізу. Номенклатура ферментів. Класифікація ферментів. Ключ до класифікації і нумерації (індексації) ферментів. Номенклатура ферментних препаратів. Властивості ферментів.

## **Розділ 2. Основні технологічні етапи виробництва мікробних ферментних препаратів**

Тема 2.1 Допоміжні роботи в технології виробництва мікробних ферментних препаратів  
Одержання посівного матеріалу продуцентів ферментних препаратів. Фактори, що впливають на біосинтез ферментів в процесі культивування.

Тема 2.2 Методи культивування продуцентів ферментів  
Поверхнєве культивування продуцентів ферментів. Глибинне культивування продуцентів ферментів.

Тема 2.3 Методи виділення і очистки ферментних препаратів  
Принципова схема одержання ферментних препаратів. Одержання неочищених ферментних препаратів. Екстрагування ферментів з поверхневих культур. Концентрування ферментних розчинів методом вакуум-випарювання. Мембранні методи очистки ферментних розчинів: діаліз, електродіаліз, баромембранні методи. Осадження ферментів: органічними розчинниками, висококонцентрованими розчинами солей, полімерами, шляхом вибіркової денатурації. Розділення і очистка ферментів методом адсорбції. Розділення і очистка ферментів в розчині.

Тема 2.4 Сушіння, одержання готових форм, стандартизація ферментних препаратів  
Одержання сухих ферментних препаратів. Мікрокапсулювання і гранулювання ферментних препаратів. Стандартизація ферментних препаратів. Технологічна схема одержання очищених ферментних препаратів. Мікробіологічний і біохімічний контроль виробництва.

## **Розділ 3. Інженерна ензимологія**

Тема 3.1 Одержання іммобілізованих ферментних препаратів  
Носії для іммобілізації ферментів: органічні полімерні, органічні низькомолекулярні, неорганічні матеріали. Методи фізичної іммобілізації ферментів: адсорбція на нерозчинних носіях, шляхом включення до гелів, з використанням напівпроникних оболонок (мембран), з використанням систем двохфазного типу. Хімічні методи іммобілізації ферментів.

Тема 3.2 Властивості іммобілізованих ферментних препаратів. Галузі використання  
Стабільність іммобілізованих ферментів. Регенерація компонентів систем з іммобілізованими ферментами. Промислові процеси з використанням іммобілізованих ферментів і клітин. Іммобілізовані ферменти в мікроаналізі. Іммобілізовані ферменти і білки як лікарські засоби.

## **Розділ 4. Технологічні особливості одержання препаратів з певним складом ферментів**

Тема 4.1 Амілолітичні препарати. Ферменти, що діють на пектинові речовини  
Джерела одержання амілаз. Механізм дії і властивості амілаз. Одержання амілолітичних препаратів. Джерела пектолітичних ферментів. Механізм дії і властивості пектиназ. Одержання пектолітичних препаратів.

Тема 4.2 Целюлолітичні препарати. Ферменти, що деградують лігнін  
Джерела одержання целюлолітичних ферментів. Механізм дії і властивості целюлаз. Одержання препаратів целюлаз. Джерела ферментів, що деградують лігнін. Механізм дії і властивості ферментів, що деградують лігнін. Технологічні особливості мікробної деградації лігніну.

Тема 4.3 Геміцелюлазні препарати. Ліполітичні препарати  
Джерела одержання геміцелюлаз. Механізм дії і властивості геміцелюлаз. Одержання геміцелюлазних препаратів. Джерела одержання ліпаз. Механізм дії і властивості ліпаз. Одержання препаратів ліполітичних ферментів.

Тема 4.4 Протеолітичні препарати. Протеолітичні препарати, що володіють здатністю згортувати білок молока (ренніноподібні протеїнази)

Джерела одержання протеїназ. Механізм дії і властивості протеїназ. Одержання мікробних протеїназ. Одержання протеолітичних ферментів з тваринної сировини. Джерела одержання ферментів, що згортають молоко. Механізм дії і властивості ферменту, що згортає молоко (ренніна). Одержання молокозгортуючих препаратів.

Тема 4.5 Препарати, що містять глюкозооксидазу і каталазу. Ферменти, що здійснюють перекисне окиснення поліненасичених жирних кислот (ліпоксигеназа, простагландинсинтетаза). Препарати глюкозоізомерази. Препарати  $\beta$ -галактозидази. Препарати  $\beta$ -фруктофуранозидази

Джерела одержання глюкозооксидази і каталази. Механізм дії і властивості глюкозооксидази. Одержання препаратів глюкозооксидази. Механізм дії і властивості каталази. Одержання препаратів каталази. Сумісне одержання препаратів глюкозооксидази і каталази. Джерела ферментів, що здійснюють перекисне окиснення ліпідів. Механізм дії і властивості ліпоксигеназ, ПГ-синтетаз. Одержання препаратів ферментів, що здійснюють перекисне окиснення ліпідів. Джерела одержання глюкозоізомерази. Механізм дії і властивості глюкозоізомерази. Одержання препарату глюкозоізомерази. Одержання іммобілізованих глюкозоізомеризуючих препаратів. Джерела одержання  $\beta$ -галактозидази. Механізм дії і властивості фермента. Одержання препаратів  $\beta$ -галактозидази. Джерела одержання  $\beta$ -фруктофуранозидази. Механізм дії і властивості фермента. Одержання препаратів, що володіють інвертазною активністю.

Тема 4.6 Технологія ферментних препаратів немікробного походження

Технологія ферментних препаратів з рослинної сировини. Технологія ферментних препаратів з тваринної сировини.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### 4.1. Базова література

1. Біохімія ензимів : підручник для студ. біологічних спец. вищих навч. закл. / М.М. Марченко [та ін.] - Чернівці : Чернівецький національний університет, 2012. - 414 с.  
[https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000332843&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000332843&local_base=KPI01)
2. Інженерна ензимологія : навчальний посібник / Б. М. Галкін, В. О. Іваниця, М. Б. Галкін ; Міністерство освіти і науки України, Одеський національний університет імені І. І. Мечникова. - Одеса : ОНУ, 2017. - 103 с.  
[https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000592951&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000592951&local_base=KPI01)
3. Промислова ензимологія [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 7(8).05140101 «Промислова біотехнологія» / НТУУ «КПІ» ; уклад. Н. В. Дехтяренко, О. М. Дуган, Н. С. Лагошина. – Електронні текстові дані (1 файл: 422 Кбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2015. – 42 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/12631>
4. Іммобілізовані ферменти і клітини [Електронний ресурс] : метод. реком. для самостійного вивчення дисципліни і виконання лабораторно-практичних робіт для здобувачів вищої освіти денної форми навчання СВО "Магістр", освітня спеціальність 162 - "Біотехнології та біоінженерія" / уклад. : О. І. Юлевич. - Електрон. текст. дані. - Миколаїв : МНАУ, 2020. - 96 с.
5. Грегірчак Н.М., Антонюк М.М., Буценко Л.М. Іммобілізовані ферменти і клітини в біотехнології: навч. Посіб / Нац. ун-т харч. технол. – Київ: НУХТ, 2015. – 267 с.
6. Datta, S., Christena, L. R., & Rajaram, Y. R. (2013). Enzyme immobilization: an overview on techniques and support materials. 3 Biotech, 3(1), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s13205-012-0071-7>

##### 4.2. Допоміжна література

7. Фермент пуллуланаза: аналіз різних типів пуллулاناза, їх продуцентів, галузей використання / Марина Вікторівна Молочко, Наталія Віталіївна Дехтяренко // Наукові вісті НТУУ «КПІ»: науково-технічний журнал. - 2016. - № 3(107). - С. 55-61.  
[https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000586642&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000586642&local_base=KPI01)
8. Медична ензимологія : навчальний посібник / Н.Л. Федорко, С.А. Петров, С.С. Чернадчук, О.К. Будняк, А.В. Сорокін ; Міністерство освіти і науки України, Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова. - Одеса : Одеський національний університет імені І. І. Мечникова : Видавець С.Л. Сорокін, 2020. - 92 с.  
[https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000634254&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000634254&local_base=KPI01)

9. Дехтяренко Н. В. Фермент ліпаза: аналіз галузей використання, продуцентів, способів одержання / Н. В. Дехтяренко, Л. О. Пескова. // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2014. – №3. – С. 63–72.
10. Bhardwaj, N., Kumar, B. & Verma, P. A detailed overview of xylanases: an emerging biomolecule for current and future prospective. *Bioresour. Bioprocess.* 6, 40 (2019). <https://doi.org/10.1186/s40643-019-0276-2>
11. Глюкоамілаза мікроорганізмів. Біосинтез, властивості, механізм дії та практичне застосування / Н.В. Борзова, О.В. Гудзенко, Л.Д. Варбанець // Біотехнологія. — 2009. — Т. 2, № 1. — С. 9-23.
12. К. В. Авдіюк, Л. Д. Варбанець Мікробні  $\alpha$ -амілази: фізико-хімічні властивості, субстратна специфічність та доменна структура *Ukr.Biochem.J.* 2013; Том 85, № 4, липень-серпень, с. 5-19 <http://dx.doi.org/10.15407/ubj85.04.005>
13. Tokuya Harada (1984) Isoamylase and its Industrial Significance in the Production of Sugars from Starch, *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 1:1, 39-64, <https://doi.org/10.1080/02648725.1984.10647780>

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальна дисципліна охоплює 10 годин лекцій та 6 годин лабораторних занять, а також виконання модульної контрольної роботи та домашньої контрольної роботи.

##### 5.1. Лекційні заняття

Для забезпечення наочності лекційних занять з дисципліни «Промислова ензимологія» застосовуються мультимедійні презентації з подальшою демонстрацією файлів за допомогою мультимедійного проєктора. У презентації винесені визначення базових понять, схеми, діаграми, графіки, таблиці. Презентації розміщені у дистанційному курсі для вільного доступу студентів.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Лекція 1. Вступ до предмету. Будова, класифікація і номенклатура ферментів, механізм дії ферментів. Предмет та задачі кредитного модуля «Промислова ензимологія». Сучасні тенденції розвитку технології ферментних препаратів. Галузі використання ферментних препаратів. Джерела одержання ферментних препаратів. Будова ферментів. Механізм дії ферментів. Номенклатура ферментів. Класифікація ферментів. Номенклатура ферментних препаратів. Характеристика активності ферментів. Активність ферментних препаратів. Властивості ферментів. Методи культивування продуцентів ферментів. Глибинне культивування продуцентів ферментів. Технологічні схеми одержання культур мікроорганізмів – продуцентів ферментів. Технологічна схема глибинного культивування.
2	Лекція 2. Методи виділення і очистки ферментних препаратів. Принципові схеми одержання ферментних препаратів з культур мікроорганізмів. Одержання неочищених ферментних препаратів. Очистка культуральної рідини від твердої зависі. Екстрагування ферментів з поверхневих культур. Концентрування ферментних розчинів методом вакуум-випарювання. Мембранні методи очистки ферментних розчинів: діаліз, електродіаліз, ультрафільтрація. Вирощування продуцентів ферментів на механізованих установках.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
	Осадження ферментів: органічними розчинниками, висококонцентрованими розчинами солей, полімерами, шляхом вибіркової денатурації. Розділення і очистка ферментів методом адсорбції. Розділення і очистка ферментів в розчині. Розпилювальне висушування. Вакуум-висушування. Сублімаційне висушування. Подрібнення ферментних препаратів. Мікрокапсулювання ферментних препаратів. Гранулювання ферментних препаратів. Стандартизація ферментних препаратів.
3	Лекція 3. Одержання іммобілізованих ферментних препаратів. Галузі використання іммобілізованих ферментів. Одержання іммобілізованих ферментних препаратів. Носії для іммобілізації ферментів: класифікація, вимоги, органічні полімерні, синтетичні органічні, неорганічні носії. Зшиваючі агенти. Способи іммобілізації ферментів. Способи фізичної іммобілізації ферментів: адсорбційні та механічні. Властивості іммобілізованих ферментних препаратів. Галузі використання.
4	Лекція 4. Амілолітичні препарати. Ферменти, що діють на пектинові речовини. Целюлолітичні препарати. Ферменти, що деградують лігнін. Галузі використання амілолітичних ферментних препаратів. Джерела отримання амілаз. Субстрати амілаз. Механізм дії і властивості амілаз. Одержання амілолітичних ферментних препаратів. Галузі використання пектолітичних ферментних препаратів. Джерела пектолітичних ферментів. Субстрати пектиназ. Механізм дії і властивості пектиназ. Одержання пектолітичних ферментних препаратів. Галузі використання целюлолітичних ферментних препаратів. Джерела отримання целюлаз. Субстрати целюлаз. Механізм дії і властивості целюлаз. Одержання целюлолітичних ферментних препаратів. Перспективи використання ферментів, що деградують лігнін. Джерела ферментів, що деградують лігнін. Субстрати лігніноруйнуючих ферментів. Деградація лігніну. Технологічні особливості мікробної деградації лігніну.
5	Лекція 5. Геміцелюлазні препарати. Ліполітичні препарати. Протеолітичні препарати. Протеолітичні препарати, що володіють здатністю згортувати білок молока (ренніноподібні протеїнази). Галузі використання геміцелюлазних ферментних препаратів. Джерела отримання геміцелюлаз. Субстрати геміцелюлаз. Механізм дії і властивості геміцелюлаз. Одержання геміцелюлазних ферментних препаратів. Перспективи використання ліпаз. Джерела отримання ліпаз. Механізм дії і властивості ліпаз. Одержання ліполітичних ферментних препаратів. Галузі використання протеолітичних ферментних препаратів. Джерела отримання протеїназ. Механізм дії і властивості протеїназ. Одержання мікробних протеїназ. Галузі використання молокозгортуючих ферментних препаратів. Джерела отримання. Субстрат молокозгортуючих ферментних препаратів. Механізм дії і властивості. Одержання молокозгортуючих ферментних препаратів.
6	МКР, залік

### 5.2. Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять з дисципліни «Промислова ензимологія» полягають у формуванні здатностей до проведення процесу глибинного культивування продуцентів ферментів з різним механізмом дії; аналізу ферментативної активності напівпродуктів

культивування та готових ферментних препаратів з різним механізмом дії; обрахунку і представлення результатів експерименту з культивування продуцентів ферментів мікробного походження.

При плануванні лабораторних робіт слід відводити на них в розкладі два заняття по дві години. Це пов'язано з багатостадійністю і значною тривалістю процесів визначення ферментативної активності як міцелярних мас продуцентів, так і готових ферментних препаратів.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Визначення протеолітичної активності ферментних препаратів. Завдання на СРС. Аналіз методик визначення протеолітичної активності ферментних препаратів. Література: 12, с. 36-44.	2
2	Культивування мікроорганізмів – продуцентів ферментів глибинним способом. Визначення амілолітичної активності. Завдання на СРС. Аналіз методик визначення амілолітичної активності ферментних препаратів. Література: 12, с. 57-62.	4
		6

#### **Платформа дистанційного навчання:**

Для підвищення ефективності комунікації та можливостей дистанційної роботи, кращого засвоєння матеріалу навчальної дисципліни використовується електронна пошта, платформа дистанційного навчання «Сікорський» на основі системи Moodle та платформа для проведення онлайн-зустрічей <https://bbb.kpi.ua/>, за допомогою яких:

- спрощується розміщення методичних рекомендацій та обмін навчальним матеріалом;
- здійснюється зворотній зв'язок зі студентами щодо навчальних завдань та змісту навчальної дисципліни;
- перевіряються і оцінюються виконані завдання;
- ведеться облік виконання студентами плану навчальної дисципліни, дотримання графіку подання навчальних завдань та їх оцінювання.

#### **6. Самостійна робота студента**

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає:

- повторення лекційного матеріалу (18 годин),
- теоретичний матеріал, винесений на самостійне опрацювання (56 годин),
- підготовка до здачі лабораторних робіт (10 годин),
- підготовка до МКР (4 години),
- написання ДКР (10 годин),
- підготовка до заліку (6 годин).

Загалом 104 годин.

У процесі вивчення матеріалу з дисципліни «Промислова ензимологія» кількість аудиторних годин за планом складає близько однієї третини від загальної кількості навчальних годин, тому студентам слід перенести акцент на самостійне опрацювання навчальної програми згідно із наведеним списком літератури. При цьому лекційні заняття передбачають стислий виклад усіх розділів змісту, згідно зі списком джерел літератури.

Оскільки в рамках лекційних занять неможливо детально освітити весь теоретичний матеріал, деякі розділи на лекціях носять оглядовий характер і їх поглиблене вивчення винесене на самостійну роботу.

1	Розділ 1. Основи ензимології. Переваги ферментів перед хімічними каталізаторами. Історія розвитку промислової ензимології. Сучасний розвиток промислової ензимології. Аналіз ринку ферментних препаратів.
2	Тема 2.1. Допоміжні роботи в технології виробництва мікробних ферментних препаратів Зберігання вихідних штамів продуцентів ферментів. Підготовка посівного матеріалу для поверхневого культивування. Підготовка посівного матеріалу для глибинного культивування. Дозування і вік посівного матеріалу. Фактори, що впливають на технологію ферментних препаратів. Підготовка повітря для аерації при поверхневому культивуванні. Підготовка повітря для аерації при глибинному культивуванні.
3	Тема 2.2. Методи культивування продуцентів ферментів Поверхнєве культивування продуцентів ферментів. Кюветний спосіб вирощування. Вирощування в механізованих установках. Вирощування продуцентів ферментів на механізованих установках. Технологічна схема поверхневого культивування (кюветний спосіб).
4	Тема 2.4. Сушіння, одержання готових форм, стандартизація ферментних препаратів Мікробіологічний і біохімічний контроль виробництва ферментних препаратів.
5	Тема 3.1. Одержання іммобілізованих ферментних препаратів. Способи хімічної іммобілізації ферментів.
6	Тема 4.1. Амілолітичні препарати. Ферменти, що діють на пектинові речовини. Тема 4.2. Целюлолітичні препарати. Ферменти, що деградують лігнін. Одержання амілолітичних ферментних препаратів. Одержання пектолітичних ферментних препаратів. Одержання целюлолітичних ферментних препаратів. Технологічні особливості мікробної деградації лігніну.
7	Тема 4.3. Геміцелюлазні препарати. Ліполітичні препарати. Тема 4.4. Протеолітичні препарати. Протеолітичні препарати, що володіють здатністю згортувати білок молока (ренніноподібні протеїнази). Одержання геміцелюлазних ферментних препаратів. Одержання ліполітичних ферментних препаратів. Одержання мікробних протеїназ. Одержання молокозгортуючих ферментних препаратів.
8	Тема 4.5. Препарати, що містять глюкозооксидазу і каталазу. Ферменти, що здійснюють перекисне окиснення поліненасичених жирних кислот (ліпоксигеназа, простагландинсинтетаза). Галузі використання ферментних препаратів глюкозооксидази і каталази. Джерела одержання глюкозооксидази і каталази. Механізм дії і властивості



	<p>глюкозооксидази. Механізм дії і властивості каталази. Одержання препаратів глюкозооксидази. Одержання препаратів каталази. Сумісне одержання препаратів глюкозооксидази та каталази. Отримання іммобілізованих окиснювальних ферментів та їх застосування.</p> <p>Перспективи використання ферментів, що здійснюють перекисне окиснення ліпідів. Джерела ферментів, що здійснюють перекисне окиснення ліпідів. Механізм дії і властивості ліпоксигеназ, ПГ-синтетаз. Одержання препаратів ферментів, що здійснюють перекисне окиснення ліпідів.</p> <p>Препарати глюкозоізомерази. Препарати <math>\beta</math>-галактозидази. Препарати <math>\beta</math>-фруктофуранозидози.</p> <p>Галузі використання препаратів глюкозоізомерази. Джерела одержання глюкозоізомерази. Механізм дії і властивості глюкозоізомерази. Одержання препаратів глюкозоізомерази. Одержання іммобілізованих глюкозоізомеризуючих препаратів.</p> <p>Галузі використання препаратів <math>\beta</math>-галактозидази. Джерела одержання <math>\beta</math>-галактозидази. Механізм дії і властивості <math>\beta</math>-галактозидази. Одержання препаратів <math>\beta</math>-галактозидази.</p> <p>Галузі використання препаратів <math>\beta</math>-фруктофуранозидози. Джерела одержання <math>\beta</math>-фруктофуранозидози. Механізм дії і властивості <math>\beta</math>-фруктофуранозидози. Одержання препаратів, що володіють інвертазною активністю.</p>
9	<p>Тема 4.6. Технологія ферментних препаратів з рослин та органів і тканин тварин. Отримання ферментних препаратів з рослинної сировини. Отримання ферментних препаратів з тваринної сировини. Одержання протеолітичних ферментних препаратів з тваринної сировини.</p>

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### **Відвідування занять**

Відсутність на аудиторному занятті не передбачає нарахування штрафних балів, оскільки фінальний рейтинговий бал студента формується виключно на основі оцінювання результатів навчання.

#### **Пропущені контрольні заходи**

Якщо контрольні заходи пропущені з поважних причин (хвороба або вагомі життєві обставини, за наявності довідки), студенту надається можливість виконати ці контрольні заходи протягом найближчого тижня.

Студентам, які без поважної причини були відсутні на МКР, надається можливість виконання МКР на не запланованому занятті, але в такому разі до результату будуть застосовані штрафні бали.

#### **Правила призначення заохочувальних та штрафних балів**

Написання тез за результатами ДКР	+2 бали;
Несвоєчасний захист лабораторних робіт	-1 бал;
Несвоєчасне написання частини модульного контролю без поважної причини	-2 бали;

### **Академічна доброчесність**

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» <https://kpi.ua/code>.

### **8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

*Поточний контроль:* виконання, оформлення та захист лабораторних робіт, МКР у двох частинах.

*Календарний контроль:* провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

*Семестровий контроль:* залік.

*Умови допуску до семестрового контролю:* зарахування усіх лабораторних робіт, написання ДКР на позитивну оцінку, написання частин МКР, семестровий рейтинг більше 40 балів.

В рамках дисципліни «Промислова ензимологія» передбачено проведення однієї МКР, яка поділяється на 2 контрольні роботи тривалістю по 1 акад. години. Мета проведення контрольних робіт полягає в перевірці умінь студентів до засвоєння теоретичних знань, набутих впродовж вивчення курсу.

Перша контрольна робота проводиться після опрацювання навчального матеріалу за розділами 1 та 2. Друга контрольна робота проводиться після опрацювання навчального матеріалу за розділами 3 та 4.

Студентам надаються бланки завдань впорядковані за варіантами. Кожен варіант містить 6 (частина 1) та 8 (частина 2) завдань, що охоплюють теми винесені на контрольну роботу. Для письмового виконання завдань студентам надається 1 акад. год.

Контрольні завдання для МКР та до залікової контрольної роботи наведені в додатку 1.

Теми для виконання ДКР наведені у додатку 2.

### **Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, які він отримує за:**

- 1) виконання та захист трьох комплексних лабораторних робіт – 44 бали;
- 2) написання двох частин модульної контрольної роботи (одна МКР поділяється на дві контрольні роботи тривалістю по 1 акад. годині) – 28 балів.
- 3) Написання домашньої контрольної роботи – 20 балів

#### **1. Лабораторні роботи**

В курсі передбачено проведення трьох комплексних лабораторних робіт. Кожна лабораторна робота має свій ваговий бал в залежності від кількості занять і обсягу розрахунків при оформленні результатів:

- ваговий бал лабораторної роботи №1 дорівнює 5  
(1 бали - виконання, 1 бали – обробка результатів, 3 балів - захист);
- ваговий бал лабораторної роботи №2 дорівнює 15  
(5 балів - виконання, 5 балів – обробка результатів, 5 балів - захист);
- ваговий бал лабораторної роботи №3 дорівнює 10  
(3 балів - виконання, 2 бали – обробка результатів, 5 балів - захист);
- - ваговий бал лабораторної роботи №4 дорівнює 14  
(6 балів - виконання, 3 бали – обробка результатів, 5 балів - захист);

Таким чином, максимальна кількість балів за лабораторні роботи дорівнює  $5 + 15 + 10 + 14 = 44$  бали.

Лабораторні роботи не можна пропускати без поважних причин.

При підтвердженні факту пропуску лабораторної роботи з поважної причини студент має змогу відпрацювати пропущену лабораторну роботу, провівши удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни або виконавши літературний пошук із заданої теми.

При пропуску лабораторної роботи без поважної причини студент втрачає можливість набору рейтингових балів за виконання лабораторної роботи.

## **2. Модульна контрольна робота**

В курсі передбачено проведення двох контрольних робіт. Ваговий бал першої контрольної роботи 12 бали, ваговий бал другої контрольної роботи 16 балів. Максимальна кількість балів за контрольні роботи дорівнює  $12 + 16 = 28$  балів.

Кількість питань у першій контрольній роботі дорівнює 6. Максимальна кількість балів за відповідь на одне питання дорівнює 2 бали, Кількість питань у другій контрольній роботі дорівнює 8. Максимальна кількість балів за відповідь на одне питання дорівнює 2 бали, при цьому:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 1,8 – 2,0 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 1,5 – 1,7 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 1,2 – 1,4 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

## **3. Домашня контрольна робота**

Ваговий бал домашньої контрольної роботи – 28 балів.

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 25 – 28 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 21 – 24 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 17 – 20 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R = 44 + 28 + 28 = 100 \text{ балів}$$

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку, виконують залікову контрольну роботу.

**Залікова контрольна робота - 100 балів.**

Білет складається з 5 питань, які оцінюються по 20 балів ( $5 \times 20 = 100$  балів):

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 18-20 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або відповідь з незначними неточностями – 17-15 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 12-14 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Сума балів за кожне з п'яти запитань залікової контрольної роботи переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею:

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** доцентом кафедри промислової біотехнології та біофармації, к.т.н. Поліщук Валентиною Юрївною

**Ухвалено** кафедрою промислової біотехнології та біофармації(протокол № 16 від 23.06.2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету біотехнології і біотехніки (протокол № 11 від 26.06.2023 р.)

## Контрольні завдання для контрольних робіт з дисципліни «Промислова ензимологія»

### Завдання для МКР частина №1

#### Розділ 1. Основи ензимології

##### Тема 1.1 Вступ до предмету

Дати оцінку поняттю «технологія ферментних препаратів». Визначити основні задачі дисципліни «Промислова ензимологія».

Проаналізувати сучасні тенденції розвитку технології ферментних препаратів.

Визначити переваги ферментів перед хімічними каталізаторами.

Проаналізувати сучасний стан розвитку промислової ензимології в Україні.

Проаналізувати сучасний стан розвитку промислової ензимології в світі.

Визначити основні ферментні препарати представлені на світовому ринку.

Визначити галузі використання ферментних препаратів.

Дати оцінку рослинній сировині, як джерелу одержання ферментних препаратів.

Дати оцінку тваринній сировині, як джерелу одержання ферментних препаратів.

Дати оцінку мікроорганізмам, як джерелу одержання ферментних препаратів.

##### Тема 1.2. Будова, механізм дії ферментів, класифікація і номенклатура ферментів

Проаналізувати будову ферментів.

Дати оцінку механізму дії ферментів.

Дати оцінку термолабільності ферментів.

Проаналізувати залежність дії ферментів від значення рН середовища.

Обґрунтувати специфічність дії ферментів.

Проаналізувати чутливість ферментів до активаторів та інгібіторів.

Обґрунтувати тривіальну номенклатуру ферментів.

Обґрунтувати раціональну номенклатуру ферментів.

Обґрунтувати номенклатуру ферментів побудовану на суто наукових принципах.

Проаналізувати сучасну класифікацію ферментів.

Розкрити принципи номенклатури ферментних препаратів, якою оперують на теренах пострадянського простору.

Розшифрувати індекси 2, 3, 10, 15, 20 в назвах ферментних препаратів згідно номенклатури, якою оперують на теренах пострадянського простору.

Дати оцінку поняттю «одиниця кількості / активності ферменту».

Порівняти одиниці кількості / активності ферменту введені в 1961 р. та 1973 р.

Дати оцінку поняттю «концентрація ферменту в певному ферментному препараті».

Дати оцінку поняттю «одиниця активності ферментного препарату».

#### Розділ 2. Основні технологічні етапи виробництва мікробних ферментних препаратів

##### Тема 2.1 Допоміжні роботи в технології виробництва мікробних ферментних препаратів

Дати оцінку способам зберігання вихідних штамів продуцентів ферментів.

Користуючись схемою 1 вказати назву процесу, розшифрувати позначення на схемі, проаналізувати процес. *Отримання поверхневого посівного матеріалу для поверхневого культивування (кюветний спосіб).*

Користуючись схемою 2 вказати назву процесу, розшифрувати позначення на схемі, проаналізувати процес. *Отримання поверхневого посівного матеріалу для поверхневого культивування (на механізованих установках).*

Користуючись схемою 3 вказати назву процесу, розшифрувати позначення на схемі, проаналізувати процес. *Отримання міцеліальної маси глибинним способом для поверхневого культивування.*

Користуючись схемою 4 вказати назву процесу, розшифрувати позначення на схемі, проаналізувати процес. *Отримання глибинного посівного матеріалу для глибинного культивування.*

Дати оцінку дозуванню та віковим характеристикам посівного матеріалу продуцентів ферментів.

Обґрунтувати склад поживних середовищ для культивування продуцентів ферментів.

Визначити умови приготування поживних середовищ для культивування продуцентів ферментів.

Визначити умови стерилізації поживних середовищ і апаратури в ферментній промисловості.

Проаналізувати способи очистки і стерилізації повітря в ферментній промисловості (підготовка повітря для аерації при культивуванні, фільтруючі матеріали, очистка відпрацьованого повітря, підготовка повітря для аерації виробничих приміщень).

Дати оцінку розвитку поверхневої культури продуценту ферменту при різних значеннях вологості.

Дати оцінку процесу аерації при культивуванні продуцентів ферментів (мета процесу, фази росту мікроскопічних грибів, аерація при глибинному культивуванні).

Дати оцінку величині рН середовища, температурі та тривалості культивування продуцентів ферментів.

## **Тема 2.2 Методи культивування продуцентів ферментів**

Дати оцінку кюветному способу вирощування продуцентів ферментів (опис кювети, опис вирощувальної камери, графік роботи камери).

Провести порівняння способів поверхневого культивування продуцентів ферментів в механізованих установках (установки Джеффра, Андеркофлера, Валерштейна, чеського виробництва).

Користуючись схемою 5 вказати назву процесу, розшифрувати позначення на схемі, проаналізувати принцип роботи. *Установка Соловйова (Росія).*

Визначити переваги глибинного культивування продуцентів ферментів перед поверхневим.

Користуючись схемою 6 вказати назву процесу, розшифрувати позначення на схемі, проаналізувати процес. *Технологічна схема поверхневого культивування (кюветний спосіб).*

Користуючись схемою 7 вказати назву процесу, розшифрувати позначення на схемі, проаналізувати процес. *Технологічна схема глибинного культивування.*

## **Тема 2.3 Методи виділення і очистки ферментних препаратів**

Проаналізувати принципову схему одержання ферментних препаратів з поверхневих культур.

Проаналізувати принципову схему одержання ферментних препаратів з глибинних культур.

Дати оцінку способам одержання неочищених ферментних препаратів.

Проаналізувати способи очистки культуральної рідини продуцентів ферментів від твердої зависі.

Дати оцінку процесу екстрагування ферментів з поверхневих культур.

Дати оцінку процесу концентрування ферментних розчинів методом вакуум-випарювання.

Проаналізувати класифікацію мембранних методів очистки і концентрування ферментних розчинів.

Дати оцінку діалізу та електродіалізу, як методам очистки і концентрування ферментних розчинів.

Дати оцінку ультрафільтрації, як методу очистки і концентрування ферментних розчинів (переваги, рушійна сила процесу, вимоги до мембран, матеріал мембран, анізотропні мембрани).

Дати оцінку ультрафільтрації, як методу очистки і концентрування ферментних розчинів (поняття „мембранний апарат”, вимоги до мембранних апаратів, конструкції ультрафільтраційних апаратів).

Користуючись схемою 8 вказати назву процесу, розшифрувати позначення на схемі, проаналізувати принцип дії установки. *Ультрафільтраційна установка із застосуванням діафільтрації.*

Дати оцінку методу осадження ферментів органічними розчинниками.

Користуючись схемою 9 вказати назву процесу, розшифрувати позначення на схемі, проаналізувати принцип дії установки. *Установка для осадження ферментів.*

Дати оцінку методу осадження ферментів висококонцентрованими розчинами солей.

Дати оцінку методу осадження ферментів органічними полімерами та іншими речовинами. Дати оцінку методу осадження ферментів шляхом вибіркової денатурації.

Дати оцінку методу іонообмінної хроматографії ферментів.

Дати оцінку методу афінної адсорбційної хроматографії ферментів.

Дати оцінку методу лігандообмінної хроматографії ферментів.

Дати оцінку методу хроматографії ферментів на фарбованих адсорбентах. Дати оцінку методу імуноадсорбції ферментів.

Дати оцінку методу гель-фільтрації ферментів.

#### **Тема 2.4 Сушіння, одержання готових форм, стандартизація ферментних препаратів**

Дати оцінку методу вакуум-висушування ферментних препаратів.

Дати оцінку методу сублимаційного висушування ферментних препаратів.

Дати оцінку методу розпилювального висушування ферментних препаратів.

Дати оцінку методу мікрокапсулювання ферментних препаратів.

Дати оцінку методу гранулювання ферментних препаратів.

Дати оцінку процесу стандартизації ферментних препаратів.

Дати оцінку операціям мікробіологічного і біохімічного контролю при виробництві ферментних препаратів.

#### **Завдання для МКР частина №2**

Дати визначення іммобілізованому ферменту. Дати загальну оцінку носіям для іммобілізації ферментів.

Проаналізувати органічні полімерні носії для іммобілізації ферментів.

Проаналізувати природні полісахаридні носії для іммобілізації ферментів.

Проаналізувати синтетичні органічні носії для іммобілізації ферментів.

Проаналізувати неорганічні носії для іммобілізації ферментів.

Проаналізувати зшиваючі агенти, які використовують в практиці іммобілізації ферментів.

Дати коротку оцінку методам іммобілізації ферментів.

Дати оцінку методу адсорбційної іммобілізації ферментів.

Дати оцінку механічним методам іммобілізації ферментів.

Дати оцінку хімічним методам іммобілізації ферментів.

Проаналізувати властивості іммобілізованих ферментних препаратів.

Обґрунтувати галузі використання іммобілізованих ферментних препаратів.

Дати оцінку галузям використання амілолітичних ферментних препаратів.

Дати оцінку джерелам отримання амілаз.

Проаналізувати субстрати амілаз.

Проаналізувати механізм дії і властивості амілаз.

- Дати оцінку методам одержання амілолітичних ферментних препаратів.
- Дати оцінку галузям використання пектолітичних ферментних препаратів.
- Дати оцінку джерелам пектолітичних ферментів.
- Проаналізувати субстрати пектолітичних ферментів.
- Проаналізувати механізм дії і властивості пектиназ.
- Дати оцінку методам одержання пектолітичних ферментних препаратів.
- Дати оцінку галузям використання целюлолітичних ферментних препаратів.
- Дати оцінку джерелам одержання целюлаз.
- Дати оцінку субстратам целюлаз.
- Обґрунтувати механізм дії і властивості целюлаз.
- Дати оцінку методам одержання целюлолітичних ферментних препаратів.
- Проаналізувати перспективи використання ферментів, які деградують лігнін.
- Провести порівняння джерел ферментів, що деградують лігнін.
- Провести аналіз субстратів ферментів, що деградують лігнін.
- Проаналізувати механізми дії ферментів, які беруть участь у процесі деградації лігніну.
- Обґрунтувати технологічні особливості мікробної деградації лігніну.
- Проаналізувати галузі використання геміцелюлазних ферментних препаратів.
- Проаналізувати джерела отримання геміцелюлаз.
- Дати оцінку субстратам геміцелюлаз.
- Розкрити механізм дії і властивості ферментів, що гідролізують геміцелюлози.
- Дати оцінку методам одержання геміцелюлазних ферментних препаратів
- Проаналізувати перспективи використання ліполітичних ферментних препаратів.
- Дати оцінку джерелам отримання ліпаз.
- Проаналізувати механізм дії і властивості ліпаз.
- Дати оцінку методам одержання ліполітичних ферментних препаратів.
- Дати оцінку галузям використання протеолітичних ферментних препаратів.
- Проаналізувати джерела отримання протеїназ.
- Проаналізувати механізм дії і властивості протеїназ (класифікація, характеристика пептидаз).
- Проаналізувати механізм дії і властивості протеїназ (класифікація, характеристика протеїназ).
- Дати оцінку методам одержання мікробних протеїназ.
- Дати оцінку галузям використання молокозгортуючих ферментних препаратів.
- Проаналізувати джерела отримання молокозгортуючих ферментних препаратів.
- Проаналізувати механізм дії і властивості молокозгортуючих ферментних препаратів.
- Дати оцінку методам одержання молокозгортуючих ферментних препаратів.
- Проаналізувати галузі використання ферментних препаратів, які містять глюкозооксидазу і каталазу.
- Дати оцінку джерелам одержання глюкозооксидази і каталази.
- Проаналізувати механізм дії і властивості глюкозооксидази.
- Проаналізувати механізм дії і властивості каталази.
- Проаналізувати галузі використання ферментів, які здійснюють перекисне окиснення ліпідів.
- Проаналізувати джерела ферментів, що здійснюють перекисне окиснення ліпідів.
- Проаналізувати механізм дії ферментів, які здійснюють перекисне окиснення ліпідів (ліпоксигеназ, ПГ-синтаза).
- Проаналізувати галузі використання ферментних препаратів глюкозоізомерази.
- Проаналізувати джерела одержання глюкозоізомерази.
- Проаналізувати механізм дії і властивості глюкозоізомерази.
- Проаналізувати галузі використання ферментних препаратів  $\beta$ -галактозидази.
- Проаналізувати джерела одержання  $\beta$ -галактозидази.



Проаналізувати механізм дії і властивості  $\beta$ -галактозидази.

Проаналізувати галузі використання ферментних препаратів  $\beta$ -фруктофуранозидази.

Проаналізувати джерела одержання  $\beta$ -фруктофуранозидази.

Проаналізувати механізм дії і властивості  $\beta$ -фруктофуранозидази.

Дати оцінку процесу отримання ферментних препаратів з рослинної сировини.

Дати оцінку процесу отримання ферментних препаратів з тваринної сировини.

Дати оцінку протеолітичним ферментним препаратам зі слизової оболонки свинячих шлунків.

Дати оцінку протеолітичним ферментним препаратам із підшлункової залози великої рогатої худоби.

Дати оцінку протеолітичним ферментним препаратам із сім'яників великої рогатої худоби.

### **Зразок модульних контрольних робіт**

#### **Модульна контрольна робота 1 з дисципліни «Промислова ензимологія» Варіант 1**

---

Прізвище, ім'я, по-батькові

1. Дати оцінку поняттю «технологія ферментних препаратів». Визначити основні задачі дисципліни «Промислова ензимологія».
2. Дати оцінку термолабільності ферментів.
3. Дати оцінку поняттю «концентрація ферменту в певному ферментному препараті».
4. Користуючись схемою 5 вказати назву процесу, розшифрувати позначення на схемі, проаналізувати принцип роботи.
5. Проаналізувати способи очистки культуральної рідини продуцентів ферментів від твердої зависі.
6. Дати оцінку методу іонообмінної хроматографії ферментів.

#### **Модульна контрольна робота 2 з дисципліни «Промислова ензимологія» Варіант 1**

---

Прізвище, ім'я, по-батькові

1. Дати визначення іммобілізованому ферменту. Дати загальну оцінку носіям для іммобілізації ферментів.
2. Обґрунтувати галузі використання іммобілізованих ферментних препаратів.
3. Дати оцінку галузям використання целюлолітичних ферментних препаратів.
4. Проаналізувати джерела отримання геміцелюлаз.
5. Проаналізувати механізм дії і властивості протеїназ (класифікація, характеристика протеїназ).
6. Проаналізувати джерела ферментів, що здійснюють перекисне окиснення ліпідів.
7. Проаналізувати галузі використання ферментних препаратів  $\beta$ -фруктофуранозидази.
8. Дати оцінку протеолітичним ферментним препаратам із підшлункової залози великої рогатої худоби.

**Перелік тем домашньої контрольної роботи****1. Амілолітичні ферментні препарати**

- 1.1.  $\alpha$ -Амілаза ( $\alpha$ -1,4-глюкан-4-глюканогідролаза, КФ 3.2.1.1)
- 1.2.  $\beta$ -Амілаза ( $\alpha$ -1,4-глюканмальтогідролаза, КФ 3.2.1.2)
- 1.3. Глюкоамілаза ( $\alpha$ -1,4-глюканглюкогідролаза, КФ 3.2.1.3)
- 1.4. Пуллуланаза (пуллулан-6-глюканогідролаза, КФ 3.2.1.41)
- 1.5. Ізоамілаза (глікоген-6-глюканогідролаза, КФ 3.2.1.68)
- 1.6.  $\alpha$ -Глюкозидаза ( $\alpha$ -D-глюкозидглюкогідролаза, КФ 3.2.1.20)
- 1.7. Декстраназа (1,6- $\alpha$ -D-глюкан-6-глюканогідролаза, КФ. 3.2.1.11)
- 1.8. Циклодекстринглюканотрансфераза (ЦГТ-аза) (1,4- $\alpha$ -D-глюкан-4- $\alpha$ -(1,4- $\alpha$ -глюкано) - трансфераза (циклізуюча), КФ 2.4.1.19)

**2. Ферменти, що діють на пектинові речовини**

- 2.1. Пектинестераза (пектилгідролаза пектинів, КФ 3.1.1.11)
- 2.2. Полігалактуроноза (полігалактуронід гліканогідролаза, КФ 3.2.1.15)
- 2.3. Екзополігалактуронатліаза (полі (1,4- $\alpha$ -D-галактуронід) екзоліаза, КФ 4.2.2.9)

**3. Целюлолітичні ферментні препарати**

- 3.1. Ендо-1,4- $\beta$ -глюканаза (1,4-(1,3:1,4)- $\beta$ -D-глюкан-4-глюканогідролаза, ендоглюканаза, целюлаза, КФ 3.2.1.4)
- 3.2. Екзо-1,4- $\beta$ -глюкозидаза (1,4- $\beta$ -D-глюканглюкогідролаза, КФ 3.2.1.74)
- 3.3. Целобіогідролаза (1,4- $\beta$ -D-глюканцелобіогідролаза, КФ 3.2.1.91)
- 3.4.  $\beta$ -глюкозидаза ( $\beta$ -D-глюкозидглюкогідролаза, КФ 3.2.1.21)

**4. Ферменти, що деградують лігнін**

- 4.1. Лігніназа (диарилпропаноксигеназа,  $H_2O_2$  - залежна оксигеназа, лігнінпероксидаза)
- 4.2. Лакказа (п-дифенол : кисень оксидоредуктаза, КФ 1.10.3.2)
- 4.3. Тирозиназа (монофенол-монооксигеназа, КФ 1.14.18.1)
- 4.4.  $Mn^{2+}$  залежна пероксидаза (донор :  $H_2O_2$ -оксидоредуктаза, КФ 1.11.1.7)

**5. Геміцелюлазні ферментні препарати.  $\beta$ -D-Глюканази**

- 5.1. Ендо-1,3- $\beta$ -глюканаза (1,3- $\beta$ -D-глюканглюканогідролаза, ламінариназа, КФ 3.2.1.39)
- 5.2. Ліхеназа (1,3-1,4- $\beta$ -D-глюкан-4-глюканогідролаза, КФ 3.2.1.73)
- 5.3. Ендо-1,6- $\beta$ -глюканаза (1,6- $\beta$ -D –глюканглюканогідролаза, КФ 3.2.1.75)
- 5.4. Ендо-1,2- $\beta$ -глюканаза (1,2- $\beta$ -D-глюканглюканогідролаза, КФ 3.2.1.71)

**6. Геміцелюлазні ферментні препарати.  $\beta$ -Ксиланази**

- 6.1. Ендо-1,4- $\beta$ -ксиланаза (1,4- $\beta$ -D-ксиланксиланогідролаза, КФ 3.2.1.8)
- 6.2. Ендо-1,3- $\beta$ -ксиланаза (1,3- $\beta$ -D-ксиланксиланогідролаза, ксиланаза, КФ 3.2.1.32)
- 6.3. Екзо-1,4- $\beta$ -ксилозидаза (1,4- $\beta$ -D-ксиланксиланогідролаза, ксилобіаза,  $\beta$ -ксилозидаза, КФ 3.2.1.37)

**7. Геміцелюлазні ферментні препарати.  $\beta$ -глюкозидази**

- 7.1. Целобіаза ( $\beta$ -D-глюкозидглюкогідролаза, генциобіаза, амідалаза, КФ 3.2.1.21)

**8. Ліполітичні ферментні препарати**

8.1. Триацилгліцеролліпаза (триацилгліцеролацилгідролаза, ліпаза КФ 3.1.1.3)

**9. Протеолітичні ферментні препарати, що володіють здатністю згортувати білок молока (ренніноподібні протеїнази)**

9.1. Мікробний замінник сичугового ферментного препарату (хімозин, реннін, КФ 3.4.23.4 + пепсин А, КФ 3.4.23.1 + пепсин В, КФ 3.4.23.2)

**10. Препарати, що містять глюкозооксидазу і каталазу**

10.1. Глюкозооксидаза ( $\beta$ -D-глюкоза :  $O_2$ -оксидоредуктаза, КФ 1.1.3.4)

10.2. Каталаза ( $H_2O_2$  :  $H_2O_2$ -оксидоредуктаза, КФ 1.11.1.6)

**11. Ферменти, що здійснюють перекисне окислення поліненасичених жирних кислот**

11.1. Ліпоксигеназа (лінолеат : кисень, оксидоредуктаза, КФ 1.13.11.12)

**12. Препарати глюкозоізомерази**

12.1. Ксилозоізомераза (D-ксилозокетолізомераза, глюкозоізомераза, КФ 5.3.1.5)

**13. Препарати  $\beta$ -галактозидази**

13.1.  $\beta$ -Галактозидаза ( $\beta$ -D-галатозидгалактогідролаза, КФ 3.2.1.23)

**14. Препарати  $\beta$ -фруктофуранозидази**

14.1.  $\beta$ -Фруктофуранозидаза ( $\beta$ -D-фруктофуранозидфруктогідролаза, сахараза, інвертаза, КФ 3.2.1.26)