

## ДИСЦИПЛІНА «БІОХІМІЯ ДРІЖДЖІВ»

Кількість годин (кредитів): 60 год (2 кредити), 26 лекцій, 12 практичних занять

Форма контролю – іспит.

### 1. Пояснювальна записка

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Біохімія дріжджів» є сформулювати уявлення про дріжджі як важливий модельний об'єкт у вивченні генетичних та фізіолого-біохімічних особливостей, процесів старіння та запрограмованої смерті, різних захворювань та відповіді вищих живих організмів на дію несприятливих зовнішніх чинників.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни «Біохімія дріжджів» є дати уявлення про особливості будови, хімічного складу, основних та специфічних метаболічних шляхів обміну різних джерел вуглецю та інших життєво необхідних компонентів різних видів дріжджів; про основи генетики та молекулярної біології дріжджів та шляхи використання дріжджів як модельних об'єктів в біологічних дослідженнях та як продуцентів важливих речовин у різних галузях промисловості.

1.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні набути таких компетенцій:

*знати* переваги і недоліки дріжджів як модельних об'єктів у біологічних дослідженнях; особливості будови дріжджової клітини та її окремих компартментів; особливості нестатевого та статевого розмноження дріжджів; критерії диференціації статі у дріжджів; характеристику стадій клітинного і життєвого циклу (на прикладі *Saccharomyces cerevisiae*); характерні риси старіючих клітин дріжджів; гіпотези реплікативного і хронологічного старіння дріжджів; характерні ознаки та чинники, які викликають апоптоз у дріжджів; основи генетики дріжджів (на прикладі *Saccharomyces cerevisiae*): ядерні і неядерні компоненти геному, генетичну номенклатуру дріжджів, загальні уявлення про фактори і регулятори транскрипції у дріжджів; молекулярно-біологічні аспекти адаптації дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* до оксидативного, теплового, осмотичного, кислотного та карбонільного стресів; особливості вуглеводного обміну дріжджів, субстрати і продукти спиртового бродіння; роль дихання у вуглеводному обміні; обмін запасних вуглеводів; механізм катаболічної репресії; особливості росту і утилізації дріжджами незброджуваних джерел вуглецю; особливості метаболізму азоту, фосфору, сірки, іонів перехідних металів у пекарських дріжджів; сучасні досягнення у вивченні патологій людини з використанням дріжджів як модельних об'єктів; місце дріжджів у біотехнології: хлібопекарство, виноробство, пивоваріння, виробництво кормового білка, спирту та рекомбінантних білків.

*вміти* пояснити особливості метаболізму дріжджів (на прикладі *Saccharomyces cerevisiae*) при вирощуванні на різних джерелах вуглецю, азоту, різного вмісту інших макро- і мікроелементів живильного середовища; критично оцінювати недоліки та переваги дріжджів як модельних об'єктів; пояснити причини старіння та апоптозу клітин дріжджів; культивувати та характеризувати криві росту дріжджів на середовищах з різним джерелом вуглецю; визначати життєздатність та репродуктивну активність клітин дріжджів; пояснити молекулярно-біохімічні механізми адаптації дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* до різних стресових умов; обґрунтувати доцільність використання дріжджів як модельного об'єкту при вивченні різних аспектів процесів старіння, апоптозу, виникнення і перебігу захворювань людини; отримувати безклітинні екстракти дріжджів та визначати біохімічні показники, які характеризують деякі аспекти метаболізму клітин дріжджів.

### 2. Інформаційний обсяг навчальної дисципліни

#### Змістовий модуль 1. Онтогенез дріжджів. Особливості метаболізму дріжджів.

ТЕМА 1. ДРІЖДЖІ ЯК ОСОБЛИВА ГРУПА ГРИБІВ. Загальна характеристика дріжджів, їх поширення в природі. Історія відкриття дріжджів. Використання у біотехнології. Дріжджі *S. cerevisiae* як експериментальна система в молекулярно-біологічних та біохімічних

дослідженнях. Загальні принципи класифікації і систематики дріжджів. Хімічний склад клітини дріжджів. Будова дріжджової клітини

ТЕМА 2. ОНТОГЕНЕЗ ДРІЖДЖІВ. Типи вегетативного розмноження дріжджів. Особливості брунькування *S. cerevisiae*. Клітинний цикл *S. cerevisiae* та його регуляція. Статеве розмноження та диференціація статі у дріжджів. Життєвий цикл дріжджів *S. cerevisiae*.

ТЕМА 3. ГЕНЕТИКА ДРІЖДЖІВ. Геном дріжджів. Генетична номенклатура. Регулятори і фактори транскрипції у дріжджів. Молекулярні основи процесів передачі сигналу у дріжджів. Дріжджові пріони і шаперони.

ТЕМА 4. ОСОБЛИВОСТІ МЕТАБОЛІЗМУ ДРІЖДЖІВ: ВУГЛЕВОДНИЙ ОБМІН. Загальні особливості метаболізму дріжджів. Загальна схема метаболізму вуглеводів у клітинах *S. cerevisiae*. Ріст дріжджів на глюкозі. Запасні вуглеводи. Ензиматичне і неензиматичне глікозилювання у клітинах *S. Cerevisiae*. Спиртове бродіння. Субстрати та продукти бродіння. Роль дихання у вуглеводному обміні. Дихальна недостатність та petite-мутанти. Використання незброджуваних джерел вуглецю як енергетичних супстратів.

ТЕМА 5. ОСОБЛИВОСТІ МЕТАБОЛІЗМУ ДРІЖДЖІВ: ОБМІН АЗОТУ ТА ФОСФОРУ. ЛІПІДНИЙ ОБМІН. Асиміляція різних джерел азоту дріжджами. Загальна схема азотного обміну у дріжджів. Загальна схема біосинтезу амінокислот у дріжджів. Молекулярні основи регуляції азотного обміну. Регуляція обміну фосфору. Регуляція ліпідного обміну.

**Змістовий модуль 2. Дріжджі як модель для вивчення старіння, апоптозу, патологій людини та відповіді живих організмів на дію різних стресорів.**

ТЕМА 6. ДРІЖДЖІ ЯК МОДЕЛЬ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ СТАРІННЯ ТА АПОПТОЗУ. Феноменологія старіння дріжджів. Типи старіння у дріжджів. Дріжджі як модель для вивчення процесів старіння. Дріжджі як модель для вивчення явища апоптозу

ТЕМА 7. СИГНАЛЬНІ ШЛЯХИ, ЧУТЛИВІ ДО КОНЦЕНТРАЦІЇ ГЛЮКОЗИ ТА АМІНОКИСЛОТ. Транспортери та сенсори позаклітинної глюкози. Катаболітна репресія. Сигнальний шлях, опосередкований цАМФ-протеїн кіназою А. Відчуття рівня внутрішньоклітинної глюкози. Механізм катаболітної репресії. Молекулярні основи регуляції азотного обміну. Нітроген-дискримінаційний шлях. Сигнальний шлях, опосередкований Тог-кіназою. Перехресні зв'язки між сигнальними шляхами, які чутливими до вмісту поживних речовин. Відповідь дріжджів на голодування.

ТЕМА 6. РЕАКЦІЯ ДРІЖДЖІВ НА ЗМІНУ УМОВ СЕРЕДОВИЩА. Регуляція обміну металів у дріжджів. Відповідь на кислотний стрес. MAP-кіназні шляхи у *S. cerevisiae*. Відповідь на високу осмотичність середовища. Роль НОГ 1-кінази. Відповідь на оксидативний стрес. Дріжджі як модель вивчення дії ксенобіотиків. Преадаптації та перехресні адаптації у дріжджів.

ТЕМА 7. ДРІЖДЖІ ЯК МОДЕЛЬ ВИВЧЕННЯ ПАТОЛОГІЙ ЛЮДИНИ. Пухлинні захворювання. Нейродегенеративні хвороби (Альцгеймера, Паркінсона та ін). Мітохондріальні хвороби (аноксія Фрідріха та ін.)

### **Практичні заняття**

1. Онтогенез дріжджів.
2. Особливості вуглеводного обміну у дріжджів
3. Особливості азотного обміну у дріжджів
4. Дріжджі як модель для вивчення старіння та апоптозу
5. Реакція дріжджів на зміну умов середовища
6. Дріжджі як модель вивчення патологій людини. Підсумкова контрольна робота

### **3. Рекомендована література Основна література**

1. Берри Д. Биология дрожжей. – М.: Мир. – 1985. – 96 с.
2. Бабьева И.П., Чернов И.Ю. Биология дрожжей. – М.: Товарищество научных изданий КМК. – 2004. – 221 с. Walker G.M. Yeast Physiology and Biotechnology. John Wiley and Sons, Chichester, 1997.
3. Strathern J.N, Jones E.W, Broach J.R. Molecular biology of the yeast *Saccharomyces*: Life cycle and inheritance. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, NY, 1981
4. Pringle J.R, Broach J.R. Molecular and cellular biology of the yeast *Saccharomyces cerevisiae*: Gene expression. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, NY, 1992.
5. Costa V., Morandas-Ferreira P. Oxidative stress and signal transduction in *Saccharomyces cerevisiae*: insights into ageing, apoptosis and diseases. Molecular Aspects of Medicine. – 2001. – Vol. 22. – P.217-246.
6. Smets B., Ghillebert R., De Snijder P., Binda M., Swinnen E., De Virgilio C., Winderickx J. Life in the midst of scarcity: adaptations to nutrient availability in *Saccharomyces cerevisiae*. Curr Genet (2010) 56:1–32

#### Додаткова література

1. Господарьов Д. В., Луцак В. І. Обмін заліза у дріжджів. Укр. біохім. журн. – 2005. – Т. 77, №3. – С. 5-19.
2. Луцак В. И. Окислительный стресс у дрожжей. Обзор / Биохимия. – 2010. – Т. 75, №3. – P. 346-364.
3. Стасик О.В., Сибірний А.А. Молекулярні механізми катаболічної репресії у дріжджів. Укр. біохім. журн. – 2003. – Т. 65, №3. – С. 84-103.
4. Semchyshyn H.M., Bayliak M.M., Lushchak V.I. Starvation in yeast: biochemical aspects. In: Biology of starvation in human and other organisms / Edited by T.C. Merkin. Nova Science Publishers, Inc., 2010. – Chapter 2.
5. Lushchak V.I. [Budding yeast \*Saccharomyces cerevisiae\* as a model to study oxidative modification of proteins in eukaryotes](#). Acta Biochim. Pol. 2006.53(4):679-684.
6. Kaerberlein M., Burtner C.R., Kennedy B.K. Recent developments in yeast aging. PLoS Genetics. 2007.3 (5): e84, 655-660.
7. Gray J. V., Petsko G. A., Johnston G. C., Ringe D., Singer R. A., Werner-Washburne M. “Sleeping Beauty”: Quiescence in *Saccharomyces cerevisiae*. Microbiology and molecular biology reviews., 2004, p. 187–206 Vol. 68, No. 2
8. Fabrizio P., Longo V.D. The chronological life span of *Saccharomyces cerevisiae*. Aging cell. 2003.2: 73-81.
9. [François J., Parrou J.L.](#) Reserve carbohydrates metabolism in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. [FEMS Microbiol. Rev.](#) 2001.25(1): 125-45.