

## ПРИРОДНІ МЕДІАТОРИ ОКСИДОРЕДУКТАЗ У ПРОЦЕСАХ ЗНЕБАРВЛЕННЯ СИНТЕТИЧНИХ БАРВНИКІВ: ПОРІВНЯЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Пухно Н. Г.<sup>1</sup>, Якута П. О.<sup>1</sup>, Гордєєва І. О.<sup>2</sup>, Куш О. В.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця, Україна

<sup>2</sup>Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України, Київ, Україна

pukhno.n@donnu.edu.ua

Радикальні процеси окислення органічних сполук за участю оксидоредуктаз стали основою для створення нових протоколів деградації екополлютантів. У представленому дослідженні порівняно переваги та недоліки грибової лаккази *Trametes versicolor* та рослинної пероксидази хрону у поєднанні з природними редокс медіаторами – ваніліном і сирингальдегідом у процесах деградації синтетичних барвників. Стратегія медіації допомагає ефективно подолати низьку реакційну активність ферментів із неспецифічними субстратами. Біологічне походження ферментів та медіаторів знімає їх негативний вплив на навколишнє середовище, що робить очищення стічних вод з використанням ферментно-медіаторних систем екологічно стійким методом.

Вибрані субстрати оксидоредуктаз є представниками чотирьох класів барвників з хімічними структурами, що істотно різняться, а саме індигоїдний барвник індигокармін (IC), три азобарвники (метилловий червоний (MR), метиловий помаранчевий (MO) і кислотний червоний 1 (AR1), три трифенілметанових барвника (кристалічний фіолетовий (CV), малахітовий зелений (MalG), метиловий зелений (MG)) і три сульфогалейнових барвника (пірокатехіновий фіолетовий (PCV), ксеноловий помаранчевий (XO), метилтимоловий синій (MTB)). Усі досліджувані субстрати мають складну ароматичну структуру і важко піддаються деградації.

Було запропоновано протоколи деградації барвників шляхом вивчення впливу таких факторів, як рН, температура, природа та концентрації медіаторів та ферментів на ефективність трансформації барвників. Дослідження різних комбінацій оксидоредуктаза/медіатор проводили в однакових умовах. Не зважаючи на широку субстратну специфічність оксидоредуктаз, досліджувані барвники протягом 24 годин окислюються лише на 1,4–29,9 %. При додаванні медіаторів ступінь деколоризації суттєво зростає. З рисунка видно, що для лаккази *Trametes versicolor* найефективнішим медіатором є ванілін, тоді як сирингальдегід у поєднанні з пероксидазою хрону забезпечує найбільший ступінь деколоризації. Виявлені відмінності зумовлені різною спорідненістю медіаторів до оксидоредуктаз, тобто їх здатністю ефективно взаємодіяти з ферментом і здійснювати електронний перенос. Ця спорідненість визначається фізико-хімічними та структурними факторами, зокрема, відповідністю окисно-відновних потенціалів ферментів та медіаторів, їх структурною комплементарністю, а також електростатичними та гідрофобними взаємодіями з амінокислотними залишками активного центру ферменту. Істотний вплив на ефективність деградації барвників мають стабільність фенокислих радикалів медіаторів та їх потенційна токсичність по відношенню до активного центру ферменту.

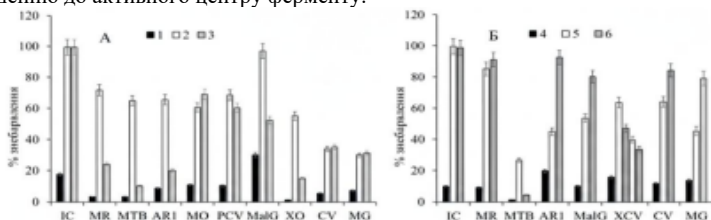


Рис. Знебарвлення барвників пероксидазою хрону (А) та лакказою *Trametes versicolor* (Б) без медіаторів (1,4) і в присутності ваніліну (2, 5) та сирингальдегіду (3,6) в ацетатному буферному розчині,  $[\text{пероксидаза}]_0 = 3.0 \cdot 10^{-7} \text{ г/мл}$  (0.15, У/мл),  $[\text{лакказа}]_0 = 1.24 \cdot 10^{-4} \text{ г/мл}$  (0.12, У/мл),  $[\text{медіатор}]_0 = 1.5 \cdot 10^{-4} \text{ М}$ ,  $[\text{барвник}]_0 = 2.0 \cdot 10^{-5} \text{ М}$ ,  $\text{pH} = 3.5\text{--}5.0$ , час інкубації 24 год, 35 °С