

СИНТЕЗ МАГНИТНЫХ БИОКАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ФЕРМЕНТОВ КЛАССА ОКСИДОРЕДУКТАЗ

О.В. Гребенникова, А.М. Сульман, Е.И. Шиманская, В.Г. Матвеева

Тверской государственный технический университет, Тверь, Россия

Использование биокатализа в промышленных процессах по сравнению с традиционными синтетическими путями имеет некоторые преимущества. Например, благодаря ферментативным процессам, производится меньше отходов, ферментативные процессы являются более энергоэффективными и обеспечивают получение продуктов с высокой чистотой. Однако, использование ферментов в растворимой форме часто затрудняется их ценой, нестабильностью и трудностью в их восстановлении и повторном использовании [1]. Эти недостатки устраняются путем иммобилизации фермента на твердые носители, поскольку иммобилизованный биокатализатор показывает улучшенную стабильность при хранении и эксплуатации, его можно легко отделить от продуктов в реакционной смеси и повторно использовать [2]. Использование магнитных наночастиц в качестве носителей иммобилизации ферментов, за счёт их уникальных свойств, таких как контролируемый размер частиц, большая площадь поверхности, модифицируемая поверхность и легкое восстановление путем приложения магнитного поля, позволяют повторно использовать их для каталитических процессов [3].

В данной работе был проведён синтез двух магнитных катализаторов на основе иммобилизованной пероксидазы корня хрена (HRP). Магнитные наночастицы, синтезировались с помощью метода соосаждения. Первый биокатализатор синтезировался с использованием 3-аминопропилтриэтоксисилана (АПТС) и глутарового альдегида (ГА) в качестве сшивающего агента. Модифицированные и активированные частицы Fe_3O_4 обрабатывали HRP. Полученный катализатор обозначался как $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{АПТС}/\text{ГА}/\text{HRP}$. Второй биокатализатор синтезировался, используя тетраэтоксисилан (ТЭОС). Носитель, так же, модифицировали и активировали с помощью АПТС, ГА и HRP. Полученный катализатор обозначался как $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{АПТС}/\text{ГА}/\text{HRP}$.

В качестве окисляемого субстрата был выбран 2,2'-азино-бис (3 этилбензотиазолин-6-сульфонат) аммония, который при окислении пероксида водорода в присутствии HRP дает голубое окрашивание.

В ходе экспериментов выяснилось, что наибольшую активность показал катализатор $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{АПТС}/\text{ГА}/\text{HRP}$. Эксперименты по подбору оптимальной температуры показали, что температурный оптимум данной биокаталитической системы достигается при 45 °С. Эксперименты по многократному использованию иммобилизованной пероксидазы показали, что ее активность снижается с каждым последующим циклом не более чем на 2–3 %, что позволяет эффективно и многократно использовать данный биокатализатор в процессах окисления фенольных соединений [4].

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям (программа У.М.Н.И.К., договор 16434ГУ/2021 от 28.05.2021)

Литература

- Grosu E.F., Carja G., Froidevaux R. Development of horseradish peroxidase/layered double hydroxide hybrid catalysts for phenol degradation // *Res Chem Intermed.* 2018. vol. 44, P. 7731–7752.
- Thompson M.P., Peñafiel I., Cosgrove S.C., Turner N.J., Biocatalysis Using Immobilized Enzymes in Continuous Flow for the Synthesis of Fine Chemicals // *Organic Process Research & Development.* 2019. vol. 23/issue 1. P 9–18.
- Sahare P., Ayala M., Vazquez-Duhalt R., Agrawal V. Immobilization of peroxidase enzyme onto the porous silicon structure for enhancing its activity and stability [Электронный ресурс] // *Nanoscale Research Letters.* 2014.
- Grebennikova O., Sulman A., Matveeva V., Sulman M. Biocatalyst for the environmentally friendly synthesis of vitamin E intermediate. *Clean Techn Environ Policy* (2021). <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02093-0>