

МОНО- И БИФЕРМЕНТНЫЕ МАГНИТНЫЕ НАНОБИОКАТАЛИЗАТОРЫ

А.М. Сульман, О.В. Гребенникова, В.Г. Матвеева

ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь, Россия

В настоящее время, в промышленности использование ферментов в растворимой форме часто затрудняется их ценой, нестабильностью, трудностью в их восстановлении и повторном использовании. Эти недостатки устраняются путем иммобилизации фермента на твердые носители, поскольку иммобилизованный биокатализатор показывает улучшенную стабильность при хранении и эксплуатации и его можно легко отделить от продуктов в реакционной смеси и повторно использовать. Кроме того, повторное использование фермента в последовательных каталитических системах значительно снижает затраты на биокатализатор, которые в противном случае были бы экономически нецелесообразны при использовании свободного [1].

Ферменты целлюлазы действуют последовательно и синергетически на полимерную цепь целлюлозы, высвобождая глюкозу. Дальнейшая конверсия образующейся глюкозы дает такие ценные платформенные химикаты, как биоэтанол, бутанол, этиленгликоль, пропиленгликоль, сорбит, глюконовая кислота, леволиновая кислота, гамма-валеролактон и др., востребованные в различных отраслях промышленности. Ферментативный гидролиз целлюлозы имеет ряд преимуществ по сравнению с ее химическим гидролизом, поскольку он позволяет проводить сложные химические процессы в мягких условиях окружающей среды без необходимости использования высоких давлений, температур и агрессивных химических сред, что приводит к получению продуктов высокой чистоты. Однако хрупкий характер и высокая стоимость ограничивают использование свободных ферментов для промышленного применения.

В настоящее время актуальным является поиск эффективных способов биотрансформации целлюлозного материала в устойчивые биохимические продукты как новейшее биотехнологическое направление. Необходимо создавать нанобиокатализаторы, которые будут стабильны при гетерогенном катализе без ущерба для их каталитической активности. Целлюлозные ферменты, включая целлюлазу, играют важную роль в биотехнологических процессах в пищевой, косметической, моющей, целлюлозно-бумажной и смежных отраслях промышленности. Низкая термическая стабильность и стабильность целлюлазы при хранении, наличие примесей, утечка фермента и невозможность повторного использования создают большие проблемы во всех этих процессах. Эти проблемы можно преодолеть путем создания эффективных моно- и биферментных магнитных нанобиокатализаторов для биотрансформации целлюлозосодержащих отходов в продукты с повышенной добавочной стоимостью, в том числе и биотопливо. Большая площадь поверхности повышает каталитическую эффективность за счет увеличения загрузки ферментов и тонкого диспергирования молекул биокатализатора. Легко контролируемая морфология пор позволяет создать подходящую среду для размещения фермента. Ограничивающий эффект мезопор может улучшить стабильность фермента и его устойчивость к экстремальным значениям pH и температурам. Однако применение иммобилизованных ферментов может быть ограничено из-за эффективности процесса регенерации. В качестве решения этой проблемы предлагается применение магнитных наночастиц, инкорпорированных в мезопористую матрицу кремнезема и аминомодифицированного сверхсшитого полистирола. Магнитный нанобиокатализатор можно легко удалить из реакционной смеси с помощью внешнего магнита. В рамках этого исследования проводится создание магнитных нанобиокатализаторов как моно- (целлюлаза), так и биферментных (целлюлаза-глюкозооксидаза) путем иммобилизации соответствующих ферментов на мезопористые магнитные носители (кремнезем и аминомодифицированный сверхсшитый полистирол). Эти магнитные нанобиокатализаторы будут исследованы в процессах: ферментативного гидролиза целлюлозы до глюкозы и в каскадном процессе ферментативного превращения целлюлозы до глюконовой кислоты [2].

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда 24-79-10042.

Литература

1. Catalysis. 2019. Vol. 479. 110607.
2. Azevedo A., Martins V.C., Prazeres D.M. et al. Nucleic acids-based biosensors for the detection of antibiotics // *Biotechnology Annual Review*. 2003. Vol. 9. P. 199–247.
3. Grebennikova O., Sulman A., Shimanskaya E. et al. Immobilization of enzymes for industrial biocatalysis // *20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020: Conference Proceedings*. 2020. Vol. 20. № 6.1. P. 245–252.