

ПОТЕНЦИАЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ БИОЭТАНОЛА

Шиленко А.А. (ИТМО), Матвеев В.Д. (ИТМО),
Цагараев Т.В. (ИТМО), Маньшин Д.В. (ИТМО)

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Кригер О.В. (ИТМО)

Введение. Энергетика – фундаментальная отрасль для поддержания жизнедеятельности человека во всех сферах жизни. Исторически основными источниками являются нефть, газ и уголь, однако с развитием науки всё больше внимания уделяется возобновляемым источникам энергии (ВИЭ). Одно из направлений ВИЭ – биотопливо и биоэтанол в частности. Вторым поколением биотоплива является производство на основе лигноцеллюлозного сырья (ЛЦС). Примером ЛЦС является рисовая шелуха (РШ), которая представляет собой вторичное сырьё в производстве риса [1].

Основными методами обработки ЛЦС являются кислотный и щелочной гидролиз, в частности серная кислота и гидроксид натрия, в паре с гидротермическим воздействием [2,3,4]. Данные методы сочетают в себе простоту реализации и эффективность, однако использование концентрированных кислот и щелочей отрицательно сказывается на экологическом аспекте исследований. Решением проблемы может стать использование зелёных методов обработки, например, ультразвука. Потенциал развития такого пути в рамках производства биоэтанола из ЛЦС рассматривается в данной работе.

Основная часть. Рисовая шелуха – наружная твёрдая оболочка, которая защищает зерно от факторов внешнего воздействия. Жесткость структуры обусловлена значительным содержанием лигноцеллюлозных структур и лигнина в частности. Опираясь на научные труды по данной тематике [3, 5], приблизительный химический состав РШ представлен: целлюлоза ~ 35 %; гемицеллюлозы ~ 21 %; лигнин ~ 20 %. Большое содержание лигнина является основной проблемой в повышении доступности целлюлозы.

Ультразвуковая обработка (УЗО) – это влияние радиационной силы, кавитации и акустического течения на лигноцеллюлозную структуру [6]. УЗО достаточно широко используется в технологии биоэтанола у других видов ЛЦС, например, водорослей [6], однако для РШ подобных трудов гораздо меньше, что способствует новым исследованиям в этой области. В данной работе использовалась ультразвуковая установка (Ультразвуковая установка И100-6/4, ИНЛАБ, Россия) с погружным волноводом диаметром 35 мм, выходной мощностью 2,0 кВт и частотой 22 кГц.

Технология получения биоэтанола из РШ включала в себя следующие этапы: 1) измельчение до среднего размера частиц 0,5 мм; 2) УЗО продолжительностью 60 с.; 3) ферментативный гидролиз с использованием целлюлазы (Celluclast BG, Novozymes, 50 FPU/г) и ксиланазы (ViscoSEB НТХ, Advanced enzymes, 500 VXU/г) с продолжительностью 48 ч; 4) брожение с использованием *Saccharomyces cerevisiae* (UK-3, Puriferm, Великобритания) 72 ч, 35 °С, 220 rpm; 5) определение спирта.

Продолжительность УЗО была определена экспериментально из следующей выборки: 60 с, 120 с, 180 с, 240 с и 300 с. Эффективность оценивалась по конечному выходу этанола и показала, что продолжительность обработки более 60 с. нецелесообразна, так как прирост спирта незначителен 2%.

Наибольший выход этанола в расчете на массу исходного сырья составил 7%. В научных трудах данной тематики существуют следующие результаты: 6% выхода с применением кислотной предобработки [7], 11% с щелочной предобработкой [2] и 10% с обработкой паром [5].

Выводы. Полученные результаты свидетельствуют о сопоставимой эффективности УЗО с классическими методами предобработки РШ. Также преимуществом данного метода являются экологичность, экономичность и скорость обработки. УЗО обладает большим

потенциалом, который можно реализовать с другими видами ЛЦС в рамках производства биоэтанола

Список использованных источников:

1. Нгия Н. Х., Зенитова Л. А., Зиен Л. К. Комплексная переработка отходов рисового производства с одновременным получением диоксида кремния, лигнина и целлюлозы //Проблемы региональной экологии. – 2019. – №. 2. – С. 5-11.
2. Arismendy Pabón A. M. et al. Improvement of bioethanol production from rice husks. – 2020.
3. Lamb C. C. et al. Bioethanol production from rice hull and evaluation of the final solid residue //Chemical Engineering Communications. – 2018. – Т. 205. – №. 6. – С. 833-845.
4. Yanagisawa M. et al. Production of high concentrations of bioethanol from seaweeds that contain easily hydrolyzable polysaccharides //Process Biochemistry. – 2011. – Т. 46. – №. 11. – С. 2111-2116.
5. Montipó S. et al. Bioprocessing of rice husk into monosaccharides and the fermentative production of bioethanol and lactate //Cellulose. – 2019. – Т. 26. – С. 7309-7322.
6. Kurokawa M. et al. Effect of sonication frequency on the disruption of algae //Ultrasonics sonochemistry. – 2016. – Т. 31. – С. 157-162.
7. Dagnino E. P. et al. Optimization of the acid pretreatment of rice hulls to obtain fermentable sugars for bioethanol production //Industrial Crops and Products. – 2013. – Т. 42. – С. 363-368.