

БІОЕТАНОЛ ДРУГОГО ПОКОЛІННЯ. МЕТОДИ ОБРОБКИ СИРОВИНИ

Коломієць В. Г.

Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

vika.kolomiet.05@gmail.com

Біоетанол другого покоління отримують із лігноцелюлозної біомаси – рослинних відходів (соломи, жому, деревини), основними компонентами якої є целюлоза, геміцелюлоза та лігнін. На відміну від біопалива першого покоління, його виробництво не конкурує з продовольчим сектором і сприяє раціональному використанню земельних ресурсів. Основною технологічною складністю є руйнування міцної структури лігноцелюлози для подальшої ферментації цукрів [1].

Попередня обробка біомаси – ключовий етап, що визначає ефективність гідролізу та бродіння. Застосовують фізичні, хімічні, фізико-хімічні, біологічні та комбіновані методи: 1) фізичні методи (подрібнення, мікрохвильова, ультразвукова обробка) зменшують розмір частинок, підвищують пористість, але є енергоємними; 2) хімічні методи (кислотна, лужна обробка, із розчинниками) ефективно руйнують лігнін і геміцелюлозу, проте утворюють інгібітори. Перспективними вважаються глибокі евтектичні розчинники, що вибірково видаляють лігнін без пошкодження целюлози; 3) фізико-хімічні методи (паровий вибух, AFEX, гаряча вода, надкритичний CO₂) поєднують дію температури, тиску й реагентів, забезпечуючи добру ефективність при нижчих енергозатратах; 4) біологічна обробка із використанням грибів *Phanerochaete*, *Trametes*, *Pleurotus* є екологічною, але повільною; 5) комбіновані технології (лужно-пероксидна, біо-кислотна) дозволяють знизити енергоспоживання та кількість інгібіторів; 6) після попередньої обробки проводять гідроліз ферментами (*Trichoderma reesei*, *Aspergillus niger*), ферментацію (*Saccharomyces cerevisiae*) та очищення біоетанолу мембранними методами (дистиляція, первапорація) [2].

На основі аналізу літератури порівняно біологічні та фізико-хімічні методи обробки. Біологічна обробка відзначається низькими енергозатратами й екологічністю. Грибні культури (*Phanerochaete chrysosporium*, *Pleurotus ostreatus*) здатні руйнувати до 80% целюлози, тоді як бактеріальні – видаляти близько 60% лігніну. Проте процес тривалий і складно масштабовується [3].

Фізико-хімічні методи забезпечують швидке розщеплення біомаси: при гідротермальній обробці пшеничної соломи видаляється до 97% геміцелюлози та 23% лігніну, але процес потребує високих температур (160-260 °C) і тиску (20-60 бар), що спричиняє значні енергозатрати та утворення інгібіторів [4].

Отже, попередня обробка є ключовим етапом виробництва біоетанолу другого покоління. Біологічні методи є екологічно безпечними, але повільними; фізико-хімічні – ефективними, проте енергоємними. Найбільш доцільним є поєднання цих підходів для забезпечення балансу між екологічністю та технологічною ефективністю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Igwebuike C. M., Awad S., Andrès Y. Renewable energy potential: second-generation biomass as feedstock for bioethanol production. *Sustainable Development and Application of Renewable Chemicals from Biomass and Waste II*. 2024. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules29071619>.
2. Broda M., Yelle D. J., Serwańska K. Bioethanol production from lignocellulosic biomass—challenges and solutions. *Lignocellulosic Biomass II*. 2022. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules27248717>.
3. Soni S. K., Sharma A., Soni R. Microbial enzyme systems in the production of second generation bioethanol. *Sustainable Development of Enzyme System for Industrial Applications*. 2023. URL: <https://doi.org/10.3390/su15043590>
4. Pretreatments applied to wheat straw to obtain bioethanol / C. O. Rusănescu et al. *Advances in Biofuels and Bioenergy Production*. 2024. URL: <https://doi.org/10.3390/app14041612>.