

ПЕРСПЕКТИВИ ОДЕРЖАННЯ БІОЧАРУ З ВІДПРАЦЬОВАНОВОГО КАВОВОГО ШЛАМУ

Taisiia Sokolova, Odessa National Technological University,
e-mail: taiasokolowa041@gmail.com, ORCID: [0000-0002-5717-4779](https://orcid.org/0000-0002-5717-4779)
Galyna (Halyna) Krusir, Dr. of Technical Sciences, Prof. Odessa National Technological University, Institute for Ecopreneurship, School of Life Sciences, University of Applied Sciences and Arts Northwestern Switzerland,
e-mail: krussir65@gmail.com, ORCID: [0000-0001-6464-5754](https://orcid.org/0000-0001-6464-5754)
Valeriia Sokolova, PhD, Odessa National Technological University,
e-mail: valeria.by.valeria@gmail.com, ORCID: [0000-0003-4634-4282](https://orcid.org/0000-0003-4634-4282)

Кожного року кількість утворених харчових відходів збільшується, а їх утилізація та переробки не є рівноцінною, що призводить до негативного впливу на навколишнє середовище. Відпрацьований кавовий шлам (SCG) відноситься до харчових відходів та за останніми оцінками його накопичення лише збільшується, за даними Міжнародної організації кави від 2021 року, виробництво кави за період з 2019 по 2020 рік становило 20 трильйонів кг, в 2022-2023 році світове виробництво зросло на 0,1% через зменшення обсягів продукції в Азії, Океанії та Африці, але на період 2023-2024 рік прогнозоване підвищення споживання до 2,2% тон [1, 2].

Відпрацьована кавова гуща, яка накопичується є проблемою України, а не лише інших країн світу, вторинні продукти, які отримують після утилізації та переробки відходів мають величезне значення для політики, яка стосується Зеленої енергетики, а впровадження новітніх технологій в сфері альтернативних джерел енергії є актуальним та перспективним.

Відпрацьований кавовий шлам є цінним джерелом для отримання біовугілля, який є альтернативою традиційним видам палива, таким чином, використовуючи харчові відходи в якості сировини, є подвійна користь, а саме: зменшення накопичених відходів та утворення біопалива. З харчових відходів, а точніше з кавового шламу можна отримувати не лише біовугілля, також біомасло, біонафту тощо [3].

В складі SCG є целюлоза, геміцелюлоза, лігнін, що робить його потенційно перспективним в якості сировини для отримання біочару. Біовугілля – це залишок піролізу, який багатий на вуглець, має в своєму складі водень, кисень, азот, сірку та золи, характеризується високою пористістю, більшою питомою поверхнею, вищою ароматичністю, різноманітністю функціональних груп порівнюючи з традиційним деревним вугіллям. Хімічний склад біовугілля характеризується наявністю вуглецю, гідрогену та нітрогену, що становить приблизно 44,03, 8,04 та 0,17 % відповідно [4].

Отримання біочару відбувається за рахунок піролізу біомаси, відомі певні технології, а саме повільний піроліз (300–700 °C), швидкий піроліз (300–1000 °C), проміжний піроліз (300–500 °C), миттєва карбонізація (300–600 °C), газифікація (600–1500 °C), торрефікація (200–300 °C), гідротермальна

карбонізація (100–300 °С), мікрохвильова піч (350–650 °С (400–2700 Вт) [5]. В залежності від температури, часу витримки біомаси в печі та складу сировини буде варіюватися вихід біовугілля, важливою характеристикою є вміст вуглецю у відсотках.

Найчастіше використовується для отримання біовугілля при експериментальних дослідженнях повільний та швидкий піроліз, за останні роки розповсюдження та зацікавленість науковців була спрямованою на мікрохвильовий піроліз, який на даному етапі є перспективним в розрізі досліджень [5, 6].

Наприклад, раніше були проведені дослідження якості біовугілля, а саме вмісту в ньому більшого % вуглецю, завдяки високій температурі відбулось швидке видалення летучих сполук з біомаси сировини, за технологією швидкого піролізу соснових опилок було отримано вихід з 70,68 до 78,75% за температури 550-750 °С [7].

Мікрохвильовий піроліз (MAP) базується на молекулярному руху, який викликаним рухом іонів та дипольних часток, результатом чого виробляється тепло, цей вид нагріву на молекулярному рівні призводить до швидкого, ефективного та однорідного нагріву сировини, має свої переваги і недоліки [8].

Біовугілля є альтернативою не лише палива, також використовується в якості адсорбенту та добавок, які спрямовані на покращення характеристик вилучання важких металів, видалення забруднюючих речовин з ґрунту, використовується при компостуванні тощо. Залучання біочару в якості добавки при процесі анаеробного зброджування для отримання біогазу позитивно впливає на вихід біогазу, як в термофільному, так і мезофільному температурних режимах, збільшуючи кумулятивне виробництво біогазу приблизно на 20% [9].

Висновки

В результаті проведення дослідження джерел літератури, які спрямовані на використання харчових відходів, а саме відпрацьованого кавового шламу в якості сировини для отримання біовугілля, пропонується в подальшому провести порівняльне дослідження традиційних термічних технологій з мікрохвильовим піролізом, охарактеризувавши показники отриманого біочару за наступними критеріями: температура, масова витрата сировини, мікрохвильова потужність, швидкість нагріву та час перебування сировини в реакторі.

Література

Suluh Pambudi, Wanphut Saechua, Jiraporn Sripinyowanich Jongyingcharoen (2024). A thermogravimetric assessment of eco-friendly biochar from oxidative torrefaction of spent coffee grounds: Combustion behavior, kinetic parameters, and potential emissions. *Environmental Technology & Innovation* Volume 33, February 2024, 103472. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103472>

International Coffee Organization, 2023. Coffee report and outlook. (Accessed December 2023). <https://www.ico.org/>. <https://icocoffee.org/documents/cy2023-24/>

Shukla Neha, Neelancherry Remya, (2021). Optimization of bio-oil production from microwave co-pyrolysis of food waste and low-density polyethylene with response surface methodology. *Journal of Environmental Management* Volume 297, 1 November 2021, 113345. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113345>

Premchand Premchand, Francesca Demichelis, David Chiaramonti, Samir Bensaid, Debora Fino (2023). Study on the effects of carbon dioxide atmosphere on the production of biochar derived from slow pyrolysis of organic agro-urban waste. *Waste Management* Volume 172, 1 December 2023, Pages 308-319. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.10.035>

Sahar Safarian (2023). Performance analysis of sustainable technologies for biochar production: A comprehensive review. *Energy Reports* Volume 9, December 2023, Pages 4574-4593. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.03.111>

Nguyen Thúy Lan Chi, Susaimanickam Anto, Tharifkhan Shan Ahamed, Smita S. Kumar, Sabarathinam Shanmugam, Melvin S. Samuel, Thangavel Mathimani, Kathirvel Brindhadevi, Arivalagan Pugazhendhi (2021). A review on biochar production techniques and biochar based catalyst for biofuel production from algae. *Fuel*, 287 (2021), Article 119411. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119411>

Zhao B., O'Connor D., Zhang J., Peng T., Shen Z., Tsang D.C., Hou D. (2018). Effect of pyrolysis temperature, heating rate, and residence time on rapeseed stem derived biochar. *J. Clean. Prod.*, 174 (2018), pp. 977-987. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.013>

Huang Y.-F., Chiueh P.-T., Lo S.-L. (2016). A review on microwave pyrolysis of lignocellulosic biomass. *Sustain. Environ. Res.*, 26 (2016), pp. 103-109. <http://dx.doi.org/10.1016/j.serj.2016.04.012>

Liang, J., Luo, L., Li, D., Varjani, S., Xu, Y., Wong, J.W.C., 2021. Promoting anaerobic codigestion of sewage sludge and food waste with different types of conductive materials: performance, stability, and underlying mechanism. *Bioresour. Technol.* 337, 125384. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125384>