

ЗАЛУЧЕННЯ БАЗАЛЬТОВОГО ТУФУ ЯК ФЛОКУЛЯНТА ПРИ ВІДДІЛЕННІ БІОМАСИ МІКРОВОДОРОСТІ *MONORAPHIDIUM SP.*

Л. М. ЧЕБАН, В. В. АНДРЮК, М. М. МАРЧЕНКО

Чернівецький національний університет
вул. Коцюбинського, 2, Україна, 58012,
e-mail: l.cheban@chnu.edu.ua

У роботі вперше розглянуто можливість використання базальтового туфу як флокулянта для агрегації та осадження біомаси зеленої водорості *Monoraphidium sp.* Проаналізовано ефективність осідання біомаси водорості при додаванні базальтового туфу у концентрації: 0,5 г/л, 1 г/л, 1,5 г/л, 2 г/л. Відділення осілої біомаси здійснювали або шляхом центрифугування, або осадження. Визначали відсоток відділених клітин від фугату.

Розроблено схему відділення біомаси водорості, що включає: використання базальтового туфу як флокулянта у концентрації 2 г/л, співвідношення культуральної рідини водорості та флокулянта 25:1, відстоювання суміші протягом 48 годин, відділення фугату.

Ключові слова: базальтовий туф, флокулянт, біомаса, *Monoraphidium sp*

Вступ. Реалізація великомасштабного виробництва біомаси мікрowodоростей потребує застосування недорогих технологій щодо отримання та переробки їх біомаси. Часто процес відділення біомаси мікроскопічних водоростей стає одним із найскладніших та найдорожчих етапів їх виробництва (Uduman et al., 2010). Цьому сприяють малі розміри клітин мікрowodоростей, висока щільність клітин у культурі та електростатичні взаємодії, що пов'язані із негативним зарядом поверхні клітин водоростей (Chen et al., 2013). Одним із ефективних та недорогих методів для здійснення відбору біомаси є флокуляція, застосування якої дозволяє вилучити понад 90 % клітин водоростей із культуральної рідини (Brányikova et al., 2018).

Існують різні типи флокулянтів, що застосовуються при роботі з мікрowodоростями, і для їх оптимального вибору потрібно враховувати ряд факторів: поверхневий заряд клітин, характер взаємодії клітин із флокулянтом, рН середовища, концентрацію та розмір клітин, іонні взаємодії, природу флокулянта та його дозування, тощо (Vandamme et al., 2013; Papazi et al., 2010).

Застосування флокулянта дозволяє збільшити швидкість седиментації клітин водоростей за рахунок агрегації клітин і, таким чином, полегшити подальше розділення шляхом відстоювання, центрифугування або фільтрації (Ruggeriet al., 2021). Однак виникає і ряд негативних моментів, таких як: необхідність

подальшого видалення флокулянту, хімічне забруднення отриманої біомаси, утворення крихких пластівців осаду біомаси та можливий тривалий час седиментації клітин (Chen et al., 2013). Тому при виборі оптимального флокулянта потрібно враховувати всі можливі позитивні та негативні ефекти. Перспективними в якості флокулянтів можуть стати мінеральні полікомпонентні базальтові туфи, що характеризуються високою хімічною та температурною стійкістю. Базальтові туфи – мінерали вулканогенного походження, за хімічним складом і структурно близькі до цеолітів. Вони є достатньо потужним сорбентом, мають високу селективну здатність поглинання, характеризуються високою механічною та хімічною стійкістю. В процесі експлуатації базальтові туфи незначно змінюють свої фізико-хімічні властивості, також зберігають високу іонообмінну селективність до ряду хімічних сполук (Sobuš et al., 2020).

Метою роботи була оцінка можливості застосування базальтового туфу як флокулянта задля відділення біомаси водорості *Monoraphidium sp.*

Матеріали та методи. Матеріалом у даній роботі служила культура мікрowodорості *Monoraphidium sp.*, яка була виділена із промислових зразків корму для акваріумних рибок. Ідентифікацію культури здійснювали за морфологічними параметрами та за візуалізацією

через ресурс www.algaebase.org (Guiry and Guiry, 2023).

Види роду *Monoraphidium* (Selenastraceae, Chlorophyta) вважаються перспективними продуцентами для отримання біодизелю (Bogen et al., 2013). Характерною особливістю представників цього роду є дрібні веретеноподібні, видовжені, подекуди спіральнотручені клітини, розміром у межах 8-18 мкм завдовжки та 1,6-3,2 мкм завширшки (Tsarenko et al., 2022).

Культивування у відкритому акваріумі на середовищі Тамія проводили в умовах 16-ти годинного фотоперіоду, при освітленні LED лампою та температурі $26 \pm 2^\circ\text{C}$.

Кількість клітин у культурі мікроводоростей підраховували у 1 мл із використанням камери Фукса-Розенталя. Вихідна кількість клітин у інокуляті становила $5 \cdot 10^6$ кл/мл.

Культивування тривало 24 доби при постійному перемішуванні. По завершенню культивування здійснювали процедуру відділення біомаси від рідкої частини культуральної рідини (фугату).

У роботі використовували зразки подрібненого до порошкоподібного стану базальтового туфу, отриманого із родовища «Полицьке-2», які характеризуються наступним складом: цеоліти 35–40 %, монтморилоніти 30–40 %, польові шпати 10–15 %, кремнезем 4–5 %, гематити 3–5 %. Як флокулянт базальтовий туф використовували у кількостях: 0,5 г/л, 1 г/л, 1,5 г/л, 2 г/л. Концентрації обирали за рекомендаціями у літературі та керуючись попередніми апробаціями лабораторії водних біоресурсів кафедри біохімії та біотехнології ЧНУ.

Флокулянт змішували із культурою мікроводоростей у співвідношенні 25:1 за об'ємом, залишали для відстоювання на 48 годин, після чого фугат зливали. У фугаті перевіряли наявність неосілих клітин шляхом мікроскопіювання та розраховували відсоток ефективності відділення біомаси. Підрахунок клітин здійснювали із допомогою камери Фукса-Розенталя та тринокулярного мікроскопа Micromed XS–3300.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel. Відмінності результатів, що обговорюються в роботі, вірогідні при рівні значимості $p \leq 0,05$ за критерієм Стьюдента.

Результати та їх обговорення. При роботі з мікроводорістю *Monoraphidium sp.* виникають труднощі із відділенням її біомаси від фугату. Це пов'язано з тим, що клітини *Monoraphidium sp.* мають невеликі розміри, легкі, а щільність

культури дуже висока. Клітини *Monoraphidium sp.* дуже повільно осідають при центрифугуванні, не піддаються фільтруванню через фітопланктонну сітку чи мембранний фільтр (5 мкм), для них нехарактерна самовільна седиментація при тривалому відстоюванні. Вирішенням цієї проблеми може стати використання флокулянтів з подальшим відстоюванням чи центрифугуванням суміші до повного осадження біомаси. Головним завданням є вибір флокулянта, який дозволить швидко утворити великі конгломерати клітин і при цьому буде не токсичним для цих клітин. З цієї метою ми апробували базальтовий туф.

Проведені маніпуляції із використанням базальтового туфу як флокулянта дозволи після 48 годинного відстоювання ефективно осадити біомасу мікроводорості *Monoraphidium sp.*

Подекуди у зразках спостерігалось помутніння фугату, що очевидно є свідченням наявності залишкових клітин у рідині. Тому ми перевірили їх наявність мікроскопічно та розраховали відсоток вилучення біомаси (рис. 1).

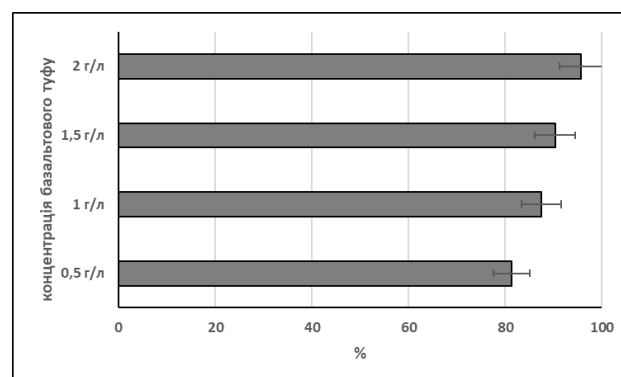


Рис. 1. Ефективність відділення біомаси *Monoraphidium sp.* з використанням як флокулянта базальтового туфу

Fig. 1. Biomass separation efficiency of *Monoraphidium sp.* with the use of basalt tuff as a flocculant

Отже, відмічено можливість застосування базальтового туфу як флокулянта задля відділення біомаси мікроводорості *Monoraphidium sp.* При застосуванні базальтового туфу у концентрації 2 г/л з подальшим 48-годинним відстоюванням ефективність вилучення біомаси *Monoraphidium sp.* становить 95,7 %.

Звичайно, потрібно продовжити вивчення властивостей базальтового туфу як флокулянта, адже відкритими залишаються питання нетоксичності туфу для біомаси та подальший вплив базальтового туфу на процеси обробки отриманої біомаси *Monoraphidium sp.*

Подяки. Автори висловлюють вдячність д.х.н., професору Кобасі І.М. за надані для дослідження зразки базальтового туфу.

References:

1. Bogen C., Klassen V., Wichmann J., La Russa M., et al. Identification of *Monoraphidium contortum* as a promising species for liquid biofuel production. *Bioresource Technology*. 2013; 133: 622-626. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.01.164>.
2. Brányikova I., Prochazkova G., Potocar T., Zuzana J., Branyik T. Harvesting of microalgae by flocculation. *Fermentation*. 2018; 4(4): 93. <https://doi.org/10.3390/fermentation4040093>
3. Chen L., Wang C., Wang W., Wei J. Optimal conditions of different flocculation methods for harvesting *Scenedesmus* sp. cultivated in an open-pond system. *Bioresource Technology*. 2013; 133: 9-15. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.01.071>
4. Guiry M.D., Guiry, G.M. 2023. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>
5. Papazi A., Makridis P., Divanach P. Harvesting *Chlorella minutissima* using cell coagulants. *J Appl Phycol*. 2010; 22: 349-355. <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-009-9465-2>
6. Ruggeri M., Godoy R., Arroyo P., Trevisan E. Evaluation of natural flocculant efficiency in the harvest of microalgae *Monoraphidium contortum*. *SN Applied Sciences*. 2021; 3: 627. <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04614-4>.
7. Sobuś N., Czekaj I., Diichuk V., Kobasa I.M. Characteristics of the structure of natural zeolites and their potential application in catalysis and adsorption processes. *Technical Transactions*. 2020; 117(1): <https://doi.org/10.37705/TechTrans/e2020043>
8. Tsarenko P.M., Borysova O.V., Kharkhota M.A., Zelena L.B., Konischuk M.O., Burova O.V., Blume Ya.B. *Monoraphidium* sp. IBASU-A 574 (*Selenastraceae*, *Chlorophyta*) - a promising producer of biomass for bioenergy. *Algologia* 2022, 32(1): 88-104. <https://doi.org/10.15407/alg32.01.088>
9. Uduman N., Qi Y., Danquah M.K., Forde G.M., Hoadley A. Dewatering of microalgal cultures: A major bottleneck to algae-based fuels. *J. Renew. Sustain. Energy*. 2010; 2: 15. <https://doi.org/10.1063/1.3294480>
10. Vandamme D., Foubert I., & Muylaert K. Flocculation as a low-cost method for harvesting microalgae for bulk biomass production. *Trends in Biotechnology*, 2013; 31(4): 233-239. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2012.12.005>

INVOLVEMENT OF BASALT TUFF AS A FLOCCULANT IN THE SEPARATION OF MICROALGAE *MONORAPHIDIUM* SP. BIOMASS

L. M. Cheban, V. V. Andriuk, M. M. Marchenko

*For the first time, the paper considers the possibility of using basalt tuff as a flocculant for aggregation and sedimentation of the biomass of the green alga *Monoraphidium* sp. The sedimentation rate of algae biomass was analyzed when basalt tuff was added in concentrations of: 0.5 g/l, 1 g/l, 1.5 g/l, 2 g/l. The separation of settled biomass was carried out either by centrifugation or sedimentation. The percentage of separated cells from the fugat was determined.*

A scheme for the separation of algae biomass has been developed, which includes: the use of basalt tuff as a flocculant at a concentration of 2 g/l, the ratio of the culture liquid of algae and flocculant is 25:1, settling the mixture for 48 hours, separating the fugat.

Key words: basalt tuff, flocculant, biomass, *Monoraphidium* sp.

Отримано редколегією 19.05.2023