

Badanie zastosowania mikroalg do usuwania ze ścieków pozostałości farmaceutyków

K. Kwiatkowska¹, M. Foszpańczyk², A. Klepacz-Smółka¹

¹Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, Politechnika Łódzka,
ul. Wólczńska 213, 90–924 Łódź,

²Sieć Badawcza ŁUKASIEWICZ - Łódzki Instytut Technologiczny,
ul. Marii Skłodowskiej-Curie 19/27, 90–570 Łódź

Wstęp

W niniejszej pracy badano możliwość wykorzystania wybranych szczepów mikroalg (*Chlorelli sp. 176*) oraz cyjanobakterii (*Synechocystis sp. PCC 6803*) do usuwania przykładowych zanieczyszczeń farmaceutycznych, takich jak lek przeciwzapalny - diklofenak oraz antybiotyk - amoksycylina.

Farmaceutyki, należące do „emerging contaminants”, stanowią narastający problem w ochronie zasobów wodnych i ogólnie środowiska [Ricky, Shanthakumar, 2002:113–998]. Środki farmaceutyczne obecne w strumieniu ścieków (w formie bezpośrednio surowej doprowadzanej do oczyszczalni lub po oczyszczeniu) mogą osiągnąć stężenia do wartości rzędu mg/L, skąd przedostają się do środowiska wodnego [Ricky, Shanthakumar, 2002:113998; Chojnacka i in. 2022:4537–4556]. Konieczne są poszukiwania nowatorskich metod, które pozwoliłyby usuwać związki farmaceutyków na znacznie większym poziomie. Mikroalgi, jako mikro organizmy o dużej zdolności adaptacji, są zdolne do wzrostu fotoautotroficznego, heterotroficznego i miksotroficznego w zależności od dostępności światła, źródła węgla oraz skład-

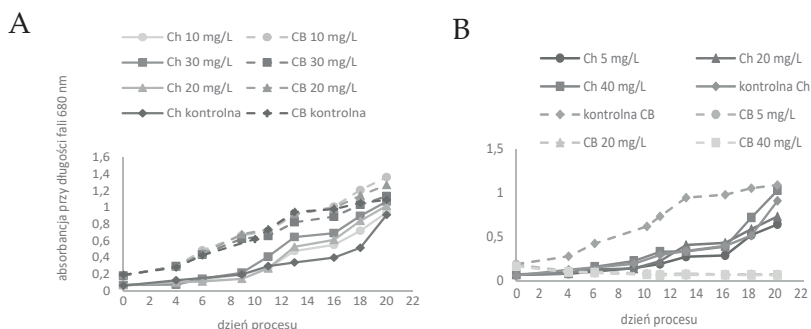
ników odżywczych, takich jak azot, a także fosfor w otaczającym środowisku [Chojnacka i in. 2022:4537–4556]. Algi mogą pobierać zanieczyszczenia jako składniki odżywcze do produkcji biomasy, która może być wykorzystywana np. na cele energetyczne. Usuwanie farmaceutyków zachodzi bez rozwoju genów oporności, na drodze fitoremediacji [Ricky, Shanthakumar, 2002:113–998]. Do wzrostu mikroalg, tym samym usuwania przez nie zanieczyszczeń farmaceutycznych, można stosować światło słoneczne lub sztuczne, które będzie wspierało zarówno fotosyntezę, fitoremediację, jak i fotodegradację zanieczyszczeń.

Materiały i metody

- **Farmaceutyki** – czyste analitycznie: diklofenak (DCF) i amoksylicyna (AMX) (Sigma-Aldrich).
- **Podłoże** – na potrzeby eksperymentu zostało przygotowane podłoże hodowlane BG-11 [UTEX Culture Collection of Algae, online], do którego dodawano odpowiednie stężenia farmaceutyków (rysunek 1A)
- **Inokulum** – mezofilne szczepy mikroalg pochodzące z kolekcji Katedry Inżynierii Bioprocessowej: mikroalgi eukariotyczne *Chlorella sp. 176* i cyjanobakterie *Synechocystis sp. PCC 6803*.
- **Metodyka** – Proces prowadzono w probówkach (objętość próby 12 ml) umieszczonych w fotocieplarce, fotoperiod 16 g/8n, 15 mikromol/m² zakresu PhAR. Przyrost biomasy oceniano spektrofotometrycznie (BIOTEK – EPOCH 2, przy długości fali 680 nm). Stężenia farmaceutyków chromatograf cieczeniowy (HPLC) - Shimadzu Nexera-i LC-2040 C, kolumnę Kinetex C18. Eluenty - 0,1% roztwór kwasu mrówkowego (Eluent A) i 0,1% roztwór kwasu mrówkowego w acetonitrylu (Eluent B).

Wyniki i dyskusja

Diklofenak w początkowej fazie procesu nie wpływał na przyrost biomasy *Chlorelli sp. 176*, natomiast od 10-tej doby można zaobserwować stymulację wzrostu w jego obecności (rysunek 1A). W przypadku *Synechocystis sp. PCC 6803* stymulacja nie była tak wyraźnie obecna. Można ją zaobserwować dopiero od 14 dnia hodowli. Antybiotyk amoksycylina stymulowała wzrost *Chlorelli sp. 176*, całkowicie hamując wzrost cyjanobakterii (rysunek 1B).



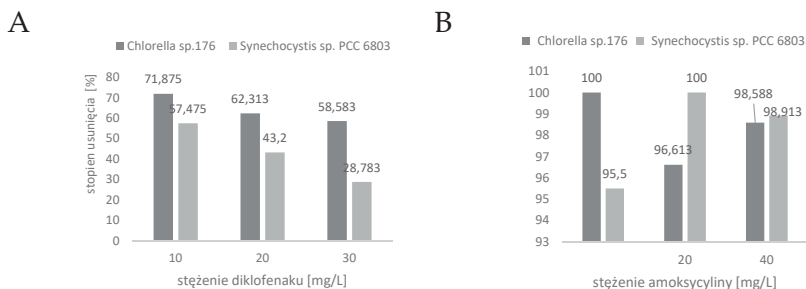
Rys. 1. Wzrost mikroorganizmów:

A – diclofenak, B – amoksycylina

Źródło: opracowanie własne.

Usunięcie diclofenaku było efektywniejsze w przypadku hodowli *Chlorelli sp. 176*, niezależnie od stężenia diklofenaku. W przypadku amoksycyliny dużą rolę w rozkładzie odgrywała fotodegradacja, ponieważ następował on również w przypadku obumarcia biomasy oraz w próbie bez biomasy.

XIV OGÓLNOKRAJOWA KONFERENCJA NAUKOWA
POSTĘPY INŻYNIERII BIOREAKTOROWEJ
Konopnica, 25–27 Wrzesień 2023



Rys. 2. Stopień usunięcia farmaceutyków:

A – diklofenaku, B – amoksyliny

Źródło: opracowanie własne.

Wnioski

Diclofenak nie hamował wzrostu zarówno mikroalg, jak i cyjanobakterii. Obserwowana stymulacja wzrostu może być rezultatem przestawienia fotoautotrofizmu na metabolizm miksotroficzny, w odpowiedzi na zewnętrzne źródło węgla, jakie stanowiły badane farmaceutyki. Amoksyцина usuwana była głównie na drodze fotodegradacji oraz degradacji przez mikroalgi. Wybór odpowiedniego rodzaju mikroorganizmów fotosyntezujących ma kluczowe znaczenie w usuwaniu farmaceutyków. Szczególną uwagę powinno zwrócić się właśnie na mikroalgi eukariotyczne.

Bibliografia

Chojnacka K., Skrzypczak D., Izydorczyk G., Mikula K., Szopa D., Moustakas K., Witek-Krowiak A., (2022), *Biodegradation of pharmaceuticals in photobioreactors – a systematic literature review*, “Bioengineered”, vol. 13, wyd. 2, s. 4537–4556. ,

Ricky R., Shanthakumar S., (2022), *Phycoremediation integrated approach for the removal of pharmaceuticals and personal care products from wastewater – A review*, “Journal of Environmental Management”, vol. 302, s. 113–998.

UTEX Culture Collection of Algae at UT-Austin, <https://utex.org/>, (dostęp: 25.07.2023).