

Streszczenie

Mikrobiologiczne ogniwa paliwowe (MFC) to układy bioelektrochemiczne umożliwiające konwersję materii organicznej w energię elektryczną poprzez aktywność katalityczną bakterii anodowych. Mikroorganizmy tworzące biofilm anodowy mogą jednocześnie konwertować substraty organiczne do użytecznych produktów. Ciekawą grupą syntezowanych biochemicznie związków o unikalnych właściwościach i szerokim zastosowaniu są biosurfaktanty. Jednak pomimo dużego znaczenia biosurfaktantów dla przemysłu oraz ich wpływie na zwiększanie wydajności MFC opublikowano niewiele prac, w których biosurfaktanty były celem syntezy w układach bioelektrochemicznych, a uzyskane wyniki wskazują na niewielką wydajność układu.

Głównym celem badań przedstawionych w rozprawie doktorskiej było zbadanie możliwości produkcji biosurfaktantów w MFC z odpadowego oleju roślinnego podczas produkcji energii elektrycznej i ocena możliwości wykorzystania biosurfaktantów do zwiększenia wydajności MFC. Rozwiązanie problemu niskich wydajności oraz systematyczne podejście do optymalizacji produkcji biosurfaktantów w MFC ze zużytych olejów roślinnych stanowi pierwszy krok w kierunku zwiększenia skali tego procesu w przyszłości.

Pierwsza praca dotyczy porównania dwóch różnych komercyjnie dostępnych węgla aktywnych, a także modyfikacji węgla nanocząstkami krzemionki pod kątem poprawy wydajności katod powietrznych w MFC. Prawie roczna eksploatacja materiałów różniących się powierzchnią i strukturą mikroporowatą ujawniła istotne różnice w zmianie ich wydajności w czasie trwania eksperymentu. Wyniki pokazały, że rozkład wielkości porów i wynikająca z niego podatność na zanieczyszczenia chemiczne jest kluczowym czynnikiem decydującym o utrzymaniu wysokiej wydajności układu MFC. Dowiedziono, że niemodyfikowany, tani i dostępny na rynku węgiel aktywny może być wysokowydajnym materiałem katody powietrznej, jednak jego aktywność i właściwości długoterminowe zależą od charakterystyki jego porowatości.

W kolejnym artykule zaproponowano poziomą konstrukcję MFC umożliwiającą syntezę biosurfaktantów z odpadowego oleju posmażalniczego. Porównano wydajność biosyntezy surfaktantów i produkcji prądu w MFC w układzie poziomym oraz klasycznym pionowym. Wyniki pokazały, że horyzontalny układ MFC spowodował znaczny wzrost wytwarzanej gęstości mocy oraz syntezy biosurfaktantów. Ponadto wykazano po raz pierwszy, że synteza biosurfaktantów jest bezpośrednio skorelowana z wytwarzaniem energii elektrycznej w MFC. Tym samym dowiedziono, że odpowiednio zaprojektowany układ MFC może umożliwić produkcję biosurfaktantów o dodatnim bilansie energii elektrycznej oraz monitorowanie biosyntezy środków powierzchniowo czynnych wyłącznie za pomocą sygnału elektrycznego.

W trzeciej pracy eksperymentalnej przeanalizowano wpływ stężenia źródła azotu na produkcję biosurfaktantów i prądu ze zużytego oleju posmażalniczego. Badanie

wykazało, że stężenie źródła azotu w pożywce hodowlanej jest jednym z kluczowych czynników utrzymania wysokiej wydajności degradacji zużytego oleju roślinnego, produkcji energii i jednoczesnej syntezy biosurfaktantów. Ponadto wyniki pokazały silną korelację zmian gęstości mocy i spadku napięcia powierzchniowego w funkcji stężenia azotu w pożywce, co dowodzi, że synteza biosurfaktantów i skuteczność degradacji zużytego oleju w MFC zależy bezpośrednio od stężenia źródła azotu. Jest to pierwsza praca, w której badano optymalizację azotu w celu usprawnienia syntezy biosurfaktantów i wytwarzania energii w układzie bioelektrochemicznym, co przybliży efektywną syntezę biosurfaktantów w tego typu układach do realnego zastosowania.

W ostatnim artykule zbadano membranę z nanowłókien polifluorku winylidenu (PVDF) oraz membranę PVDF modyfikowaną metodą obróbki alkalicznej i obróbki ramnolipidami wykorzystanych jako warstwy wewnętrzne separatora ceramicznego, w celu kontrolowania negatywnych skutków biofoulingu. Charakterystyka elektrochemiczna i powierzchniowa materiałów wykazała, że zastosowanie warstwy PVDF nie dało zadowalających efektów, podczas gdy PVDF modyfikowany ramnolipidami spowodował zwiększoną odporność powłoki na zanieczyszczenia. Tym samym wykazano, że produkty pochodzenia naturalnego takie jak biosurfaktanty, mogą być użyte do modyfikacji membran MFC, a także po raz pierwszy odkryto mechanizmy interakcji biosurfaktantów z membranami.

W toku pracy wykazano, że wydajna biosynteza surfaktantów w MFC ze zużytego oleju roślinnego jest możliwa dzięki zastosowaniu odpowiednio zaprojektowanego układu MFC oraz wydajnych materiałów konstrukcyjnych ogniwa. Dodatkowo zaprezentowane wyniki wykazały bezpośrednią korelację produkcji prądu i biosurfaktantów w poziomym MFC ze zużytego oleju oraz silną zależność tych parametrów od stężenia źródła azotu w pożywce. Uzyskane w pracy wyniki badań są podstawą dla rozwoju układów bioelektrochemicznych wykorzystujących odpadowe oleje roślinne pochodzące z przemysłu spożywczego w przyszłości. Ponadto wydajna synteza biosurfaktantów, wytwarzanie energii elektrycznej i jednoczesne wykorzystanie produktów odpadowych z przemysłu spożywczego idealnie wkomponowują się w cele zrównoważonego rozwoju oraz gospodarki obiegu zamkniętego. Przyszłe badania powinny skupić się na dalszej optymalizacji działania układu i materiałów konstrukcyjnych MFC pod kątem produkcji biosurfaktantów i energii elektrycznej oraz na zwiększaniu skali procesu i opracowaniu tanich, szybkich i mniej inwazyjnych dla środowiska procesów separacji i oczyszczania biosurfaktantów.