

Impregnacja membran polimerowych w obecności dwutlenku węgla w stanie nadkrytycznym – dobór parametrów procesu, modelowanie molekularne oraz badania *biofoulingu*

Bioreaktory membranowe stanowią obecnie jedno z popularniejszych rozwiązań procesowych w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym, czy w oczyszczalni ścieków. Są one urządzeniem zintegrowanym, w którym proces zachodzący w bioreaktorze (np. mikrobiologiczne wytwarzanie antybiotyków, biodegradacja związków organicznych zawartych w ściekach) jest wspomagana procesem membranowym. W tym najbardziej klasycznym rozwiązaniu stosowana jest membrana mikro- lub ultrafiltracyjna służąca do koncentracji biomasy w reaktorze. Im większe stężenie biomasy, tym (w pewnym zakresie) proces przebiega proporcjonalnie szybciej. Zatrzymanie komórek przez membranę, pozwala ponadto na uzyskanie jednorodnego permeatu (strumienia przechodzącego przez membranę) wolnego od jakichkolwiek zanieczyszczeń stałych.

Jedną z podstawowych trudności napotykanych przy pracy z bioreaktorem membranowym i stąd traktowaną jako wada tego typu bioreaktorów jest niestabilność strumienia permeatu w czasie. Wynika ona z odkładania się na powierzchni membrany warstwy materii zatrzymywanej (*foulingu*). Z definicji zatrzymywana materia winna się znajdować w strumieniu retentatu, niemniej nawet duże burzliwości przepływu, dobór materiału membrany, ich dodatkowa impregnacja nie przynoszą zadawalających efektów. Szczególnie kłopotliwe jest osadzanie się biomasy, gdyż komórki na takiej powierzchni namnażają się tworząc biofilm, który po wytworzeniu charakterystycznego dla siebie glikokaliksu (warstwy ochronnej) jest już wyjątkowo trudny do usunięcia a opór przepływu jaki stanowi powoduje zanik strumienia permeatu nawet do wartości bliskiej zera. Stąd też każda większa konferencja inżynierii chemicznej, nie mówiąc już o konferencjach typowo membranowych posiada sesję poświęconą rozwiązywaniu problemu *foulingu*.

Jedną z metod kontroli odkładania się komórek na powierzchni membrany jest nadanie jej właściwości bakteriostatycznych. Jak wskazują uprzednie badania Wnioskodawczyni efektywną modyfikację membran polimerowych można dokonać poprzez ich funkcjonalizację wybranymi substancjami przeciwbakteryjnymi w środowisku rozpuszczalnika organicznego np. sprężonego do warunków nadkrytycznych dwutlenku węgla.

SSI (*supercritical solvent impregnation*) to nowa technika, która jest zgodna z zasadami zielonej chemii - unika stosowania rozpuszczalników organicznych, eliminuje odpady stałe i wytwarzanie ścieków, charakteryzuje się minimalnym zapotrzebowaniem na energię. Jest to technika wyjątkowa, która opiera się na korzystnych właściwościach transportowych płynów nadkrytycznych (wysokie gęstości, niskie lepkości, brak napięcia powierzchniowego, wysokie wartości współczynników dyfuzji). Płyny nadkrytyczne stosowane do omawianego celu zapewniają głęboką penetrację do matrycy polimerowej i impregnację całej objętości polimeru. W ten sposób SSI zapewnia wytworzenie (zmodyfikowanie) materiałów, które nie mogą powstać żadną inną techniką.

Celem projektu są badania nad optymalizacją parametrów procesu SSI dla funkcjonalizacji membran polimerowych wytworzonych z octanu celulozy, polisulfonu i poliamidu. Wybranymi substancjami o silnym działaniu skierowanym przeciwko szerokiemu spektrum mikroorganizmów będzie tymol, karwakrol i srebrny mleczan. Określony zostanie wpływ parametrów procesu (ciśnienie, temperatura, szybkość dekompresji, czas procesu) oraz rodzaju polimeru (rodzaju cząsteczki monomerycznej, średniej masy cząsteczkowej) na efektywność (trwałość i ilość) pokrycia. Oddziaływania elektrostatyczne tymolu i karwakrolu z grupami funkcyjnymi danego polimeru zostaną zamodelowane w celu opisanie fizycznych zmian właściwości funkcjonalizowanych membran.

W drugiej części badań zostanie zbadany wpływ pokrycia membran substancją przeciwbakteryjną na zachowanie membran w bioreaktorze, przy czym obserwowana będzie przepuszczalność membran, odporność na *fouling* spowodowany komórkami bakteryjnymi oraz innymi składnikami medium hodowlanego oraz przebieg procesu w bioreaktorze (wpływ substancji na membranę na namnażanie komórek w głębi bioreaktora). Opracowany zostanie model matematyczny w celu opisanie procesu osadzania na funkcjonalizowanej membranę.

Wyniki uzyskane w tym projekcie będą stanowić wkład w inżynierię materiałową, procesy separacji membranowej i inżynierię bioreaktorów membranowych. Uzyskane dane na temat wykorzystania SSI w powlekanii polimerów substancjami przeciwbakteryjnymi można wykorzystać nie tylko do produkcji funkcjonalizowanych membran polimerowych, ale również do wytwarzania urządzeń medycznych, materiałów higienicznych i systemów do kontrolowanego uwalniania leków.