

Zatężanie wodnego roztworu pektyny techniką osmozy wymuszonej - analiza foulingu i optymalizacja procesu

W produkcji soków owocowych i warzywnych oprócz ścieków powstają duże ilości odpadów stałych (wytłoczyn), które zwykle stanowią 10–35% przetwarzanego surowca. Te tak zwane wytłoki odpadowe ze względu na zawartość wielu cennych naturalnych składników, takich jak pektyna, celuloza i hemiceluloza, kwasy organiczne, witaminy, aldehydy, alkohole, a także substancje barwne i aromatyczne, stosuje się jako paszę lub poddaje dalszej obróbce. Pozostałość po wytłokach z produkcji soku jabłkowego jest szczególnie cennym źródłem pektyny. Pulpka jabłkowa zawiera 10–15% pektyny w suchej masie, a skórki cytrusów aż 20–30%. Obecnie globalny rynek pektyn wynosi około 80 000 ton rocznie i nadal wykazuje tendencję wzrostową. Należy podkreślić, że w Polsce kwestie produkcji i przetwarzania wytłoków owocowych mają ogromne znaczenie, ponieważ Polska jest największym producentem jabłek w Unii Europejskiej i trzecim na świecie (po Chinach i USA). Pektyna jest jednym z najlepiej zbadanych naturalnych polimerów biodegradowalnych. Należy do grupy polisacharydów o heterogenicznej strukturze. Pektyny są szeroko stosowane w przemyśle spożywczym jako dodatki hydrokoloidowe o właściwościach żelujących, zagęszczających i stabilizujących. Pektyna (oznaczona w Unii Europejskiej jako E440) została sklasyfikowana przez Komitet Ekspertów WHO/FAO jako dodatek do żywności, bez ograniczania poziomu jej spożycia. Warto zauważyć, że pektyny są szeroko stosowane nie tylko w żywności (ostatnio jako zamiennik tłuszczu i prozdrowotny składnik funkcjonalny), ale także w kosmetykach i produktach farmaceutycznych oraz w zastosowaniach biomedycznych (dostarczanie leków, inżynieria tkankowa). Należy jednak pamiętać, że każde zastosowanie pektyn rozpoczyna się od procesu ich izolacji z materiału roślinnego. Jednym z bardziej energochłonnych etapów technologii pozyskiwania pektyny jest zatężanie próżniowe, które potencjalnie może zostać zastąpione technikami membranowymi. Niestety, próby odwodnienia roztworów zawierających pektynę przy pomocy ultrafiltracji zakończyły się niepowodzeniem ze względu na występowanie porostania membrany. Zjawisko to dyskwalifikuje ciśnieniowe zatężanie z technologii produkcji pektyny. Jednakże, istnieje technika membranowa, napędzana różnicą ciśnień osmotycznych roztworów rozdzielonych półprzepuszczalną membraną, która jest mniej podatna na fouling. Tą metodą jest osmoza wymuszona, czyli jedna z najbardziej innowacyjnych i najlepiej rokujących technologii ekologicznego rozwoju Ziemi. Dlatego sformułowano ogólny cel tego projektu, którym jest znalezienie odpowiedzi na następujące pytanie:

Czy możliwe jest wydajne zatężanie wodnych roztworów pektyny z zastosowaniem techniki osmozy wymuszonej?

Jednym z celów proponowanego projektu jest przeprowadzenie wielowymiarowej analizy wpływu parametrów procesu na jego wydajność. Badania zostaną zaplanowane w duchu statystycznych metod planowania eksperymentów (ang. *design of experiment*), co pozwoli na zbadanie wpływu zarówno głównych efektów zmiennych niezależnych, jak i ich interakcji. Co więcej, wykorzystany zostanie zaawansowany aparat matematyczny w postaci analizy składowych głównych. Kolejnym krokiem będzie dopasowanie równań do uzyskanych danych doświadczalnych, co pozwoli na zbudowanie modelu zatężania roztworu wodnego pektyny z zastosowaniem osmozy wymuszonej. Następnie wykonana zostanie optymalizacja w celu wyznaczenia najlepszych warunków procesowych i oceny jego konkurencyjności względem innych metod. Do dogłębnego poznania procesu i wyznaczenia globalnie najlepszych warunków prowadzenia zatężania, konieczne jest zastosowanie optymalizacji wielokryterialnej (metoda powierzchni odpowiedzi, metoda funkcji dobroci, algorytmy ewolucyjne).

Kolejnym ważnym aspektem projektu będzie analiza porostania membrany w trakcie zatężania. Zjawisko foulingu zostanie zbadane przy pomocy zarówno klasycznych technik (SEM, AFM, SFE), jak i mikroskopii holograficznej, która nigdy wcześniej nie była stosowana do obrazowania membran. W celu bliższego poznania mechanizmu porostania membrany zostanie przeprowadzone modelowanie. Obok dobrze znanych modeli (oporu szeregowego, spadku strumienia, Hermia), zostanie dopasowany autoregresyjny zintegrowany model średniej ruchomej. Metoda ta nie została użyta nigdy wcześniej w przypadku osmozy wymuszonej i stanowi o innowacyjności proponowanego projektu.

Projekt ten jest przykładem połączenia interdyscyplinarnego podejścia do rozwiązywania problemów. Zastosowanie wyłącznie ścieżki eksperymentalnej lub matematycznej nie pozwoli na pełne zrozumienie rozważanego procesu i jego ilościową oraz jakościową ocenę. Proponowane podejście jest gwarantem rozwoju nauki.