

ANDRZEJ HEIM
MAREK SOLECKI

Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, Politechnika Łódzka, Łódź

Kształtowanie parametrów zawiesiny mikroorganizmów w młynie perlekowym

Wprowadzenie

Wiele związków zawartych we wnętrzu mikroorganizmów posiada komercyjne znaczenie. W celu ich wyodrębnienia konieczne jest zniszczenie ścian komórkowych. Do dezintegracji drobnoustrojów na skalę przemysłową wykorzystywane są młyny perlekowe. W wyniku oddziaływania cyrkulujących elementów ich wypełnienia na rozproszone w cieczy mikroorganizmy następuje rozrywanie ścian komórkowych i błon cytoplazmatycznych oraz dalsze mielenie ich fragmentów. Uwolnione związki wewnątrzkomórkowe są roztwarzane w fazie ciągłej. Występuje cięcie związków wielkocząsteczkowych. Wszystkie wymienione czynniki wpływają na zmianę parametrów zawiesiny mikroorganizmów w trakcie procesu. Celem pracy było zbadanie wpływu prędkości obrotowej mieszadła na zmiany własności zawiesiny mikroorganizmów podanych dezintegracji w młynie perlekowym.

Materiał i metodyka

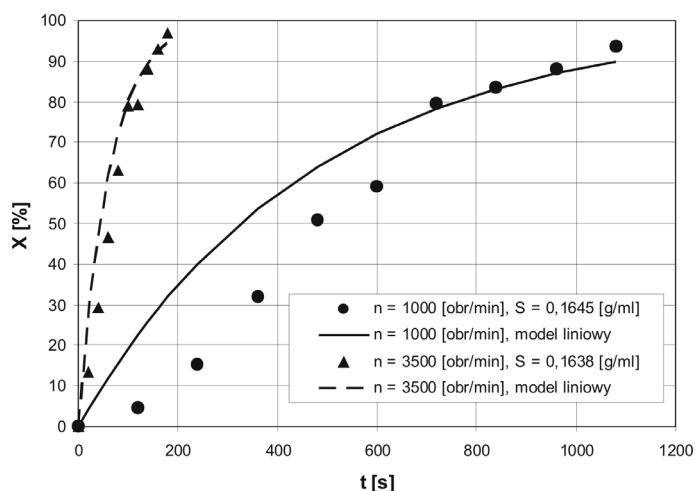
Badania przeprowadzono dla drożdży piekarniczych *Saccharomyces cerevisiae*. Stężenie zawiesiny wynosiło 0,17 g s.m./cm³. Fazę ciągłą stanowił wodny roztwór zawierający 0,15 M NaCl i 4 mM K₂HPO₄. Dezintegrację komórek drożdży przeprowadzono w młynie perlekowym o pojemności 1 dm³. Młyn w 80% wypełniano szklanymi kulkami o średnicy 1 mm. Prędkość mieszadła zmieniano w zakresie 1000–3500 obr/min. Płaszcz chłodzący młyna zasilano cieczą o temperaturze 4°C. Stopień dezintegracji komórek badano pośrednio metodą *Bradforda* [1]. Pomiary parametrów reologicznych wykonano za pomocą reometru rotacyjnego *RC20* z mieszadłem cylindrycznym w układzie dwuszczelinowym *DG* [2]. Krzywe płynięcia wyznaczono w temperaturze 4°C dla zawiesiny komórek drożdży w różnym stopniu zdeintegrowanych i jej supernatantu. Cieczą wzorcową był glikol trójetylenowy.

Rezultaty i dyskusja

Kinetykę procesu opisano równaniem różniczkowym pierwszego rzędu (1) [3–6].

$$dR = k(R_m - R)dt \quad (1)$$

Współczynniki regresji liniowej zmieniały się w zakresie od 0,002133 do 0,01603 wykazując duży wpływ prędkości mieszadła na przebieg procesu (Rys. 1). Badania korelacji prostoliniowej zmiennych modelu liniowego potwierdziły istnienie silnego związku pomiędzy nimi. Otrzymane dla poszczególnych doświadczeń współczynniki determinacji zawierały się w przedziale od 0,9455 do 0,9847. Ich na ogół wysokie wartości wynikają z liniowego przebiegu procesu w końcowym etapie procesu. W początkowym etapie dezintegracji wystę-

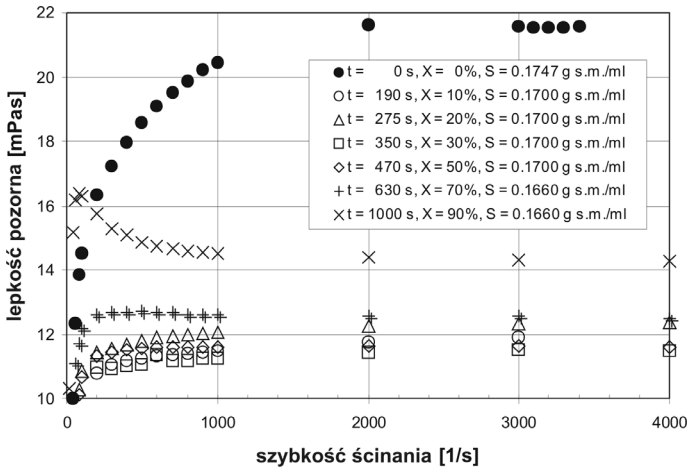


Rys. 1. Przebieg uwalniania białka wewnątrz komórek drożdży dla wybranych prędkości obrotowych mieszadła

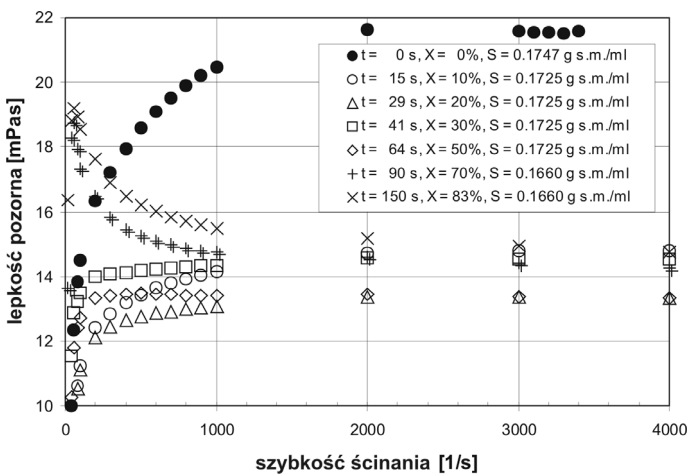
pują znaczne odchylenia przebiegu procesu od liniowości. Są one tym większe, im energia kinetyczna wypełnienia jest mniejsza. Przykładowo, przy prędkości mieszadła 1000 obr/min wartość stopnia dezintegracji, wyznaczona z modelu liniowego po czasie trwania procesu 240 s, jest ponad 150% większa od wartości wyznaczonej doświadczalnie (Rys. 1). Dla porównania, przy prędkości mieszadła 3500 obr/min, różnice tych wartości w podobnym etapie procesu (po 40 s) wynoszą tylko nieco ponad 50%. W początkowej i środkowej fazie procesu zmieniają się własności zawiesiny drożdży wpływając znacznie na przebieg procesu. Znaczącej zmianie ulega liczba komórek żywych powodując zmniejszenie wzajemnych oddziaływań pomiędzy komórkami [6, 7]. Na skutek uwalniania związków wewnątrzkomórkowych znacznej zmianie ulegają własności fazy ciągłej [8].

Zawiesina komórek drożdży, według opublikowanych wcześniej prac [9], zachowuje się jak ciecz newtonowska. Potwierdzają to rezultaty badań uzyskane powyżej szybkości ścinania 2000 1/s (Rys. 2, 3). Zwiększanie szybkości ścinania w zakresie mniejszych wartości powoduje zwiększanie wartości lepkości pozornej wskazywanych przez reometr *RC20*. Podobne rezultaty uzyskano w tym zakresie dla wzorcowej cieczy newtonowskiej. Brak takiego efektu w przypadku zawiesiny komórek o znacznym stopniu dezintegracji świadczyć może o występowaniu dużych naprężeń ustępujących. Efekt taki mogą powodować uwolnione związki wewnątrzkomórkowe lub drobno mielone fragmenty stałych elementów mikroorganizmów (ścian komórkowych, błon cytoplazmatycznych).

Wraz ze zmniejszaniem w wyniku dezintegracji liczby komórek zmniejsza się znacznie lepkość pozorna zawiesiny (Rys. 2 i 3). Skala intensywności tych zmian jest zgodna ze



Rys. 2. Wykazywane reometrem RC20 DG zmiany lepkości pozornej zawiesiny drożdży spowodowane dezintegracją komórek przy prędkości mieszadła 1000 obr/min



Rys. 3. Wykazywane reometrem RC20 DG zmiany zmiany lepkości pozornej zawiesiny drożdży spowodowane dezintegracją komórek przy prędkości mieszadła 3500 obr/min

skalą intensywności zmian oddziaływań między komórkami w zależności od ich koncentracji w cieczy [7]. Z kolei następstwem uwalniania związków wewnątrzkomórkowych i mielenia fragmentów komórkowych jest zwiększanie lepkości pozornej zawiesiny.

Zwiększanie prędkości mieszadła powoduje zwiększanie szybkości rozrywania komórek, uwalniania związków we-

wnątrzkomórkowych i mielenia fragmentów stałych komórek.

Zwiększenie energii kinetycznej wypełnienia młyna powoduje, prócz zwiększenia szybkości oddziaływań, zwiększenie intensywności oddziaływań kulek na elementy zawiesiny mikroorganizmów. Efektem tego są różnice lepkości pozornej zawiesiny uzyskane dla różnych prędkości mieszadła przy zbliżonym stopniu dezintegracji komórek (Rys. 2 i 3).

Wnioski

Na podstawie uzyskanych rezultatów można stwierdzić, że:

1. Zwiększenie prędkości obrotowej mieszadła powoduje zwiększenie szybkości i intensywności oddziaływań elementów wypełnienia na składniki zawiesiny mikroorganizmów.
2. Liczba komórek w zawieszynie, stopień dezintegracji komórek, stężenie związków wewnątrzkomórkowych, stopień rozdrobnienia fragmentów stałych komórek są parametrami wpływającymi na przebieg procesu.
3. Prędkość mieszadła ma istotny wpływ na wielkość odchylenia przebiegu procesu od liniowości.

Oznaczenia

- k – stała szybkości procesu, [1/s],
- n – prędkość obrotowa mieszadła, [obr/min],
- R – stężenie uwolnionego białka, [mg/ml],
- R_m – maksymalne stężenie uwolnionego białka, [mg/ml],
- t – czas trwania procesu, [s],
- X – stopień dezintegracji komórek, [%].

LITERATURA

1. M.M. Bradford: Anal. Biochem. 72, 248 (1976).
2. Operation manual for rheometer RC 20, Radenburg, RheoTec GmbH 1997.
3. J.A. Currie, P. Dunnill, M.D. Lilly: Biotechnol. Bioeng. 14, 623 (1972).
4. F. Marffy, M.R. Kula: Biotechnol. Bioeng. 16, 623 (1974).
5. A. Heim, M. Solecki: World Congress on Particle Technology 3, Brighton, 10 (1998).
6. A. Heim, M. Solecki: Powder Technology, 105, 390 (1999).
7. A. Heim, U. Kamionowska, M. Solecki: J. Food Eng., 83, 121 (2007).
8. M. Solecki, A. Heim, P. Owczarż, G. Kilbey, M.-L. Delia and C. Frances: Int. J. Appl. Mech. Eng., 10, 137 (2005).
9. M. Mancini, M. Moresi: J. Food Eng., 44, 225 (2000).

Praca wykonana w ramach projektu badawczego W-10/1/2009/Dz. St.