

WYTWARZANIE ROZTWORÓW KAZEINIANU SODU MIESZADŁEM TYPU STATOR-ROTOR W LABORATORYJNYM MIESZALNIKU BEZ PRZEGRÓD

Piotr Wesółowski

Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej, Politechnika Poznańska

Jolanata Gawątek

*Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu*

Streszczenie. Na obecnym etapie prowadzonych od szeregu lat badań doświadczalnych, dotyczących wytwarzania wodnych roztworów pylistych ciał stałych, podjęto próbę sprawdzenia przydatności mieszalnika bez przegród z wysokoobrotowym mieszadłem typu stator-rotor do uzyskiwania wodnych roztworów kazeinianu sodu. Przeprowadzone badania modelowe wykazały wprawdzie możliwość znacznego skrócenia czasu mieszania w mieszalniku bez przegród z mieszadłem typu stator-rotor w stosunku do klasycznych mieszadeł mechanicznych, jednakże ze względu na bardzo silne napowietrzenie wytwarzanych koncentratów kazeinianu sodu nie zdecydowano się rekomendować takiego układu do zastosowania w praktyce przemysłowej.

Słowa kluczowe: mieszadło stator-rotor, kazeinian sodu, pyliste ciało stałe, zawiesina lek-
kich cząstek

Wprowadzenie

Kazeinian sodu, ze względu na swoje właściwości, takie jak zdolność do emulgowania tłuszczu, stabilizowanie emulsji i wodochłonność, znalazł szerokie zastosowanie w przemyśle mięsno-garmażeryjnym, cukierniczym oraz piekarniczym do produkcji koncentratów spożywczych i farmaceutycznych, produktów dietetycznych, makaronów, zabielaaczy do kawy a także napojów (Sikorski, 2007; Szpendowski, 1991). Zastosowanie kazeinianu sodu jako dodatku funkcjonalnego do żywności wymaga w wielu procesach produkcyjnych użycia jego skoncentrowanych wodnych roztworów.

Wytwarzanie wodnych roztworów pylistych ciał stałych, takich jak kazeinian sodu, jest poważnym problemem badawczym. Zastosowanie techniki polegającej na wstępnym przy-

gotowaniu wysokostężonego koncentratu, który następnie rozcieńcza się do pożądanego stężenia, jest w praktyce przemysłowej, z uwagi na etapowość procesu, niekiedy nie do przyjęcia. We wcześniejszych badaniach własnych do wytwarzania tego typu roztworów w przypadku podobnych mediów, takich jak drobno mielona kawa naturalna (Wesołowski i Gawalek, 2005a) oraz rozpuszczalna kawa zbożowa (Wesołowski i Gawalek, 2005b), rekomendowano klasyczny mieszalnik z czterema przegrodami wyposażony w mieszadło o pochylonych łopatkach, które zainstalowane w osi zbiornika pompuje mieszany układ w górę, tak jak zaleca się to podczas wytwarzania zawiesin lekkich cząstek (Wesołowski, 2006). Jednakże w przypadku pylistych ciał stałych wykazujących tendencję do zbrylania się, takich jak maltodekstryna lub kazeinian sodu, mieszalnik wyposażony w przegrody okazał się nieprzydatny. Do tego typu mediów na podstawie przeprowadzonych badań modelowych (Wesołowski i Gawalek, 2006; Wesołowski i in., 2011), zaproponowano mieszalnik bez przegród z pochylonym wałem mieszadła. Brak przegród w mieszalniku eliminuje wprawdzie problem strat mieszanego medium, jednak znacznie wydłuża czas mieszania.

Cel i zakres pracy

Zasadniczym celem przeprowadzonych badań doświadczalnych było sprawdzenie przydatności układu mieszającego typu stator-rotor do wytwarzania wodnych roztworów pylistego kazeinianu sodu.

Opis metody badań

Badania doświadczalne przeprowadzono w laboratoryjnej skali w mieszalniku o średnicy $D = 57$ mm i wysokości $H_z = 116$ mm. Maksymalna objętość mieszanego układu wynosiła tym samym $V_z = 296$ ml. Mieszalnik napełniano demineralizowaną wodą do wysokości $H = 57$ mm, zachowując standardowy inwariant $H/D = 1$. Początkowa objętość mieszanego układu wynosiła zatem $V = 145$ ml.

Podczas testów eksperymentalnych do mieszalnika wprowadzano odpowiednio naważone porcje pylistego kazeinianu sodu, tak by w efekcie mieszania wytworzyć roztwory, dla których stosunek masowy ciała stałego do cieczy (X) wynosił odpowiednio: 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05, 0,07 i maksymalnie 0,10.

Wytwarzanie wodnych roztworów kazeinianu sodu przeprowadzono stosując laboratoryjny Homogenizator H500 firmy POL-EKO-APARATURA sp.j., wyposażony w układ mieszający typu stator-rotor, którego podstawowe dane techniczne podano w tabeli 1.

Wszystkie serie pomiarowe przeprowadzono, zachowując identyczny, niemal standardowy, stosunek średnicy zbiornika D do średnicy d układu mieszającego stator-rotor ($D/d = 3,167$). We wszystkich seriach zachowano również identyczną wysokość zawieszenia mieszadła nad dnem zbiornika, która wynosiła $h = 18$ mm ($h/d = 1$).

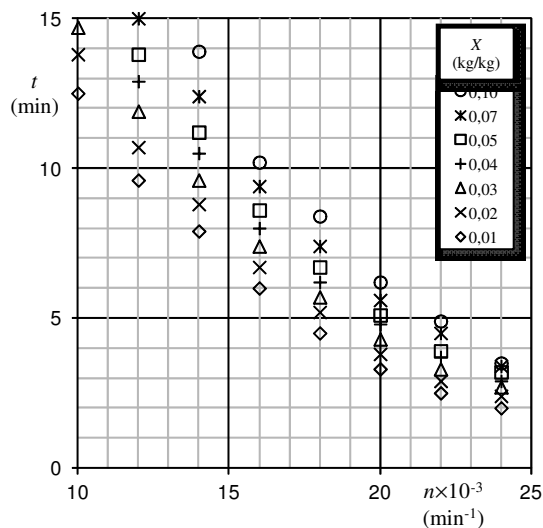
Tabela 1
 Podstawowe parametry techniczne Homogenizatora H500
 Table 1
 Basic technical parameters of Homogenizator H500

Parametr	Oznaczenie	Wartość
Częstość obrotów	n (min^{-1})	8000-24000
Średnica statora	d (mm)	18
Prędkość krawędzi rotora	w ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	19,9
Moc znamionowa	P (W)	500
Materiał konstrukcyjny	stal nierdzewna	

Źródło: Instrukcja eksploatacyjna urządzenia

Omówienie i analiza wyników badań

Podczas wszystkich przeprowadzonych testów eksperymentalnych po wprowadzeniu określonej porcji kazeinianu sodu do mieszalnika wypełnionego zdeminielizowaną wodą rejestrowano czas, po którym, przy określonej częstości obrotów rotora, wizualnie oceniano równomierność rozproszczenia ciała stałego w cieczy. Wszystkie testy doświadczalne powtórzono trzykrotnie, uśredniając otrzymywane wyniki pomiaru czasu mieszania w identycznych warunkach. Jak pokazano na rysunku 1, w każdym przypadku czas potrzebny na całkowite zdyspergowanie wprowadzonego do mieszalnika kazeinianu sodu zmniejszał się ze wzrostem częstości obrotów mieszadła, niezależnie od stosunku masy ciała stałego do wyjściowej masy wody w mieszalniku.

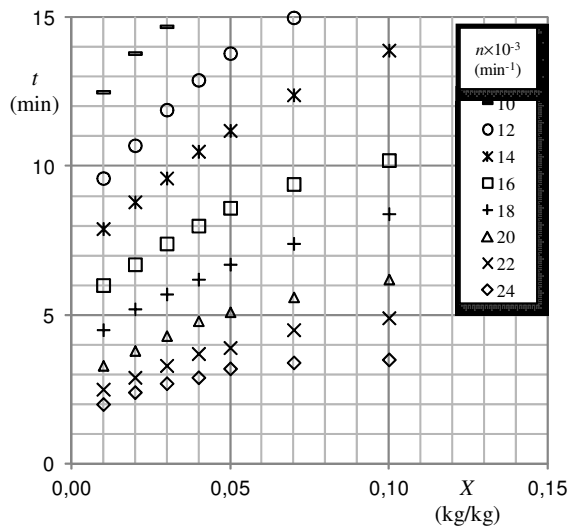


Rysunek 1. Wpływ częstości obrotów mieszadła n na czas mieszania t przy różnych stężeniach kazeinianu sodu X

Figure 1. Impact of the frequency of the stirrer rotations n on the time of mixing t at different concentration of sodium caseinate X

Niniejsze badania są fragmentem szerszej zakrojonych prac, zmierzających do minimalizacji czasu roztwarzania kazeinianu sodu w wodzie. Na obecnym etapie, biorąc pod uwagę wymagania technologiczne, założono, że w każdym przypadku maksymalny czas mieszania nie może przekraczać 15 min.

W konsekwencji, jak pokazano na rysunku 1, w przypadku wysokich stężeń kazeinianu sodu i niskich częstotliwości obrotów rotora całkowite rozprowadzenie ciała stałego w cieczy okazało się niemożliwe. W omawianych przypadkach na powierzchni mieszanego układu, mimo upływu zakładanego czasu mieszania, obserwowano warstewkę niezwilżonego kazeinianu sodu. Tak zaplanowany eksperyment pozwolił stwierdzić, że czas potrzebny na zdyspergowanie pylistego kazeinianu sodu wzrasta ze wzrostem stężenia roztworu niezależnie od tego, przy jakiej częstotliwości obrotów pracuje rotor (rys. 2).

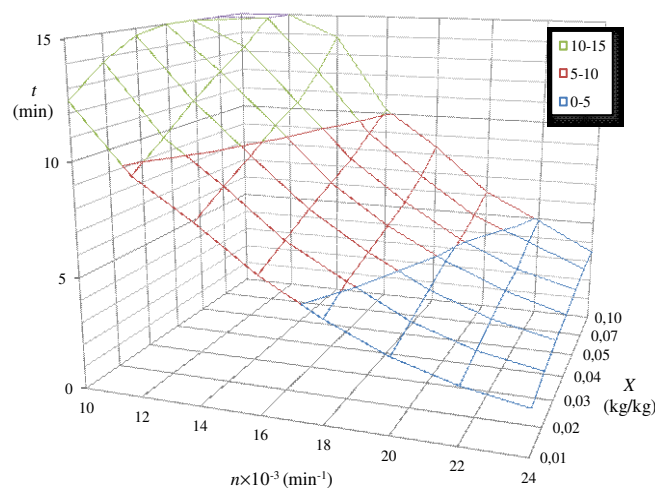


Rysunek 2. Wpływ stężenia kazeinianu sodu X na czas mieszania t przy różnych częstotliwościach obrotów mieszadła n
 Figure 2. Impact of sodium caseinate concentration X on the mixing time t at different frequencies of stirrer rotations n

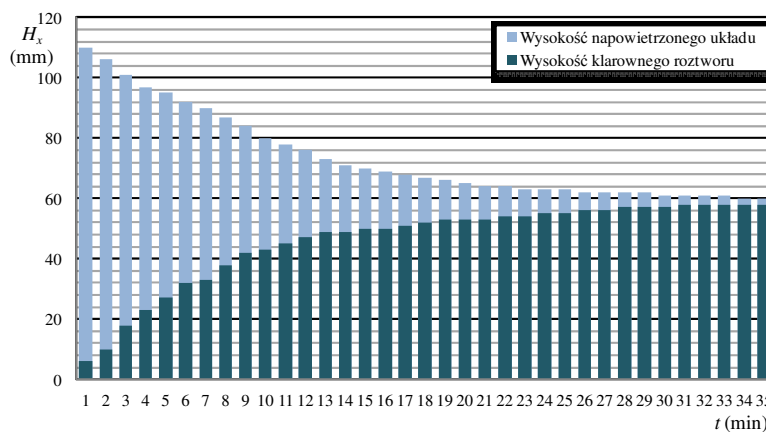
Jednoczesny wpływ częstotliwości obrotów mieszadła n i stężenia kazeinianu sodu X na wymagany czas mieszania t zilustrowano na rysunku 3.

Pokazany na rysunku 3 wykres wskazuje, że najkrótszy czas mieszania obserwowano, gdy mieszano przy najwyższych częstotliwościach obrotów rotora roztwory o najniższym stężeniu kazeinianu sodu.

Istotnym problemem, utrudniającym zdecydowanie prowadzenie obserwacji, było napowietrzanie i pianie mieszanego roztworu. Na rysunku 4 pokazano przykładowy przebieg uwalniania powietrza i zaniku obficie tworzącej się piany po wytworzeniu wodnego roztworu kazeinianu sodu o stężeniu $X = 0,05 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ przy częstotliwości obrotów rotora wynoszącej $n = 20000 \text{ min}^{-1}$.



Rysunek 3. Wpływ częstości obrotów mieszadła n i stężenia roztworu X na czas mieszania t
 Figure 3. Impact of the frequency of stirrer rotations n and solutions concentration X on the mixing time t



Rysunek 4. Zmiana wysokości napowietrzonego i klarownego układu w czasie odstawiania się wytworzonego roztworu kazeinianu sodu
 Figure 4. Change of height of aerated and clear system in time of settling of the produced sodium caseinate solution

Jak pokazano na rysunku 4, czas konieczny do uwolnienia powietrza i zaniku piany ponad dwukrotnie przewyższał czas potrzebny na zdyspergowanie kazeinianu sodu. Przebieg

destrukcji piany i klarowania układu był porównywanie uciążliwy niezależnie od stężenia kazeinianu sodu i częstości obrotów rotora podczas wytwarzania wszystkich badanych roztworów.

Wnioski

W toku przeprowadzonych w ramach niniejszej pracy testów eksperymentalnych wykazano, że:

- czas potrzebny na wytworzenie jednorodnego roztworu kazeinianu sodu maleje ze wzrostem częstości obrotów rotora, niezależnie od stosunku masy ciała stałego do wyjściowej masy wody w mieszalniku,
- czas potrzebny na całkowite zdyspergowanie wprowadzonej do zbiornika porcji pylistego kazeinianu sodu wzrasta ze wzrostem stężenia roztworu niezależnie od tego, przy jakiej częstości obrotów pracuje rotor,
- wobec występowania bardzo silnego napowietrzania i pienienia badanych układów mieszalnika z mieszadłem typu stator-rotor nie można rekomendować do wytwarzania wodnych roztworów pylistego kazeinianu sodu w praktyce procesowej.

Literatura

- Sikorski, Z. (2007). *Chemia żywności. Tom I. Składniki żywności*. WNT, Warszawa. ISBN 978-83-204-3273-2.
- Szpendowski, J. (1991). *Modyfikacje kazeiny metodą ekstruzji*. ART, Olsztyn ISSN 0860-2859.
- Wesołowski, P.; Gawalek, J. (2005). Concentration effect on density and viscosity of natural coffee concentrates. *International Journal of Applied Mechanics and Engineering*, 10, 183-188.
- Wesołowski, P.; Gawalek, J. (2005). Wytwarzanie koncentratów rozpuszczalnej kawy zbożowej w mieszalniku z mieszadłem łopowym. *Inżynieria Rolnicza*, 11(71), 489-496.
- Wesołowski, P. (2006). Homogenizacja niekonwencjonalnych zawiesin w mieszalniku z mechanicznym mieszadłem. *Przemysł chemiczny*, 85, 1160-1162.
- Wesołowski, P.; Gawalek, J. (2006). Comparison of the energy consumption on the production of highly concentrated maltodextrin concentrates. *Polish Journal of Chemical Technology*, 8,4, 47-49.
- Wesołowski, P.; Gawalek, J.; Alejski, K. (2011). Wytwarzanie koncentratu kazeinianu sodu w mieszalniku bez przegród z pochylonym wałem mieszadła. *Przemysł Chemiczny*, 90(9), 1694-1697.

PRODUCTION OF SODIUM CASEINATE SOLUTION WITH THE USE OF A STATOR-ROTOR STIRRER IN A LABORATORY MIXER WITHOUT PARTITIONS

Abstract. At the present stage of research which have been carried out for many years concerning production of water solutions of powdery solid bodies, a test of checking suitability of a mixer without partitions with a high-rotation stator-rotor stirrer for obtaining water solutions of sodium caseinate was carried out. The model tests which were carried out proved a possibility of a considerable shortening of the mixing time in a mixer without partitions with the use of a stator-rotor mixer in comparison to classic mechanical stirrers. However, due to very high aeration of the produced concentrates of sodium caseinate, such a system is not recommended for use in industry.

Key words: stator-rotor stirrer, sodium caseinate, powdery solid body, light particles suspension

Adres do korespondencji:

Piotr Wesółowski, piotr.wesolowski@put.poznan.pl
Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej
Politechnika Poznańska
pl. Marii Skłodowskiej-Curie 2
60-965 Poznań