

Bożenna KAWALEC-PIETRENKO, Iwona HOŁOWACZ, Karolina KUCHARSKA

e-mail: kawalec@chem.pg.gda.pl

Katedra Inżynierii Chemicznej i Procesowej, Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska, Gdańsk

## Dodatki do żywności wspomagające separację pianową białek serwatkowych

### Wstęp

Serwatka, produkt uboczny powstający w wyniku obróbki mleka w procesach produkcji serów, kazeiny i twarogów, do niedawna traktowana była wyłącznie jako odpad. Ostatnio coraz częściej stanowi ona źródło wielu substancji o wysokiej wartości żywieniowej m.in. białka, laktozy oraz soli mineralnych. W przemyśle mleczarskim do zateżniania serwatki stosowane są wysokoefektywne techniki rozdziału: odwrócona osmoza, ultrafiltracja, elektrodializa, wymiana jonowa oraz filtracja żelowa [1]. Prosty mechanizm rozdziału wiąże się jednak z koniecznością zastosowania innowacyjnych membran, złoż i skomplikowanych urządzeń.

Proces separacji pianowej stwarza możliwość uproszczenia procedury rozdziału dzięki nieskomplikowanej aparaturze, którą łatwo można zaadoptować do warunków przemysłowych. Separacja pianowa prowadzona jest w warunkach nie stwarzających ryzyka zmiany aktywności biologicznej białka tj. w temperaturze pokojowej i pod ciśnienie atmosferycznym. Podczas przepływu barbotażowego nie powstają naprężenia ścinające, które mogłyby niszczyć cząsteczki białka. Jest to niezwykle istotne, jeżeli wyizolowane białko ma być wykorzystane повторно.

Badania nad możliwością zastosowania techniki separacji pianowej do odzyskiwania białka z serwatki potwierdziły skuteczność tej metody [2, 3]. Uzyskane kondensaty piany wykazywały około trzykrotny wzrost stężenia białka w porównaniu z roztworem wyjściowym [2]. Badano również wpływ substancji dodatkowych na przebieg separacji pianowej białka serwatkowego [3]. Jako addytywy użyto laurylosulfonianu sodu *SLS*, węglanu sodu  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  i karboksymetylocelulozę *CMC*. Stwierdzono, że dodatek  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  i *CMC* powoduje przyspieszenie procesu flotacji w początkowym jej okresie. Zastosowanie *SLS* pozwoliło natomiast osiągnąć wyższy stopień wyflotowania niż dla czystego roztworu białka [3].

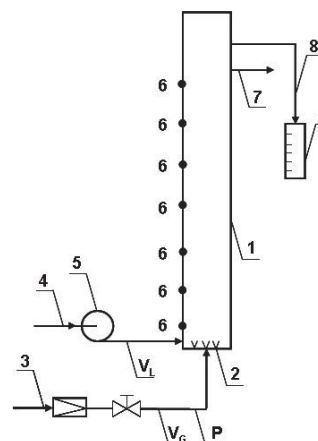
Niniejsza praca jest kontynuacją badań nad możliwościami poprawy efektywności separacji pianowej białek serwatkowych poprzez wzbogacenie surówki substancjami dodatkowymi. Mając na uwadze dalsze wykorzystanie koncentratu białka jako surowca np. w przemyśle paszowym, wybrano substancje powszechnie stosowane w przemyśle spożywczym jako dodatki do żywności: gumę arabską (*E 414*), gumę ksantanową (*E 415*) oraz karagen (*E 407*) [4].

Guma arabska to mieszanina polisacharydów otrzymywana z kory drzew gatunku *Acacia*. Obecność substancji białkowych nadaje gumie arabskiej charakter amfofilowy [5], a zatem posiada ona zdolności emulgujące oraz stabilizujące wytworzoną emulsję. Guma ksantanowa to również polisacharyd wytwarzany metodą hodowli mikrobiologicznej. Charakteryzuje się pseudoplastycznymi właściwościami reologicznymi i dobrą rozpuszczalnością w wodzie [6]. Karagen to sole estrów siarczanowych kwaśnych polisacharydów pozyskiwanych z komórek alg morskich *Chondrus Crispus*. Karagen wykazuje właściwości żelujące w obecności jonów potasowych i białek [7].

Wszystkie wymienione substancje znalazły zastosowanie jako substancje żelujące, stabilizatory i zagęstniki w takich produktach spożywczych jak mieszaniny masła i tłuszczów roślinnych, mleko zagęszczone i w proszku, serki homogenizowane, desery mleczne i in. Guma arabska i ksantanowa są ponadto stosowane jako substancje na powierzchnię w glazurach i powłokach drażetkarskich wyrobów cukierniczych [4].

### Metodyka pomiarów i obliczeń

Schemat układu pomiarowego przedstawiono na rys. 1. Do szklanej kolumny o średnicy wewnętrznej 0,06 m i wysokości 1,22 m doprowadzono sprężone powietrze pod wbudowany w dno kolumny spiek ceramiczny G4. Objętościowe natężenie przepływu powietrza mierzono za pomocą rotametu zainstalowanego na przewodzie doprowadzającym powietrze pod spiek. Naciski gazu pod dystrybutorem mierzono za pomocą manometru. Kolumnę zasilano surówką przez króciec umieszczony tuż nad spikiem. Roztwór białka ze zbiornika doprowadzano do kolumny za pomocą pompy perystaltycznej *Cole-Parmer Masterflex L/S*. Na wysokości 1,09 m nad dnem kolumny, znajduje się króciec odprowadzający ciecz wyczerpaną z prędkością równą prędkości zasilania. W trakcie separacji pianowej, pobierano próbki roztworu przez króćce (punkty 6 na rys. 1), znajdujące się na następujących wysokościach nad dnem kolumny: 0,04; 0,23; 0,41; 0,57; 0,705; 0,86; 1,09 m. U szczytu kolumny umieszczono przewód piany, odprowadzający pianę do naczynia analitycznego. Po zakończeniu procesu pobierano próbkę kondensatu wytworzonej w procesie piany.



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego do współprądowej separacji pianowej białka serwatkowego. 1 – szklana kolumna, 2 – dystrybutor gazu, 3 – przewód sprężonego powietrza, 4 – przewód doprowadzający surówkę, 5 – pompa perystaltyczna, 6 – króciec do poboru próbek, 7 – przewód cieczy wyczerpanej, 8 – przewód piany, 9 – naczynie analityczne, P – pomiar ciśnienia gazu,  $V_G$  – pomiar natężenia przepływu gazu,  $V_L$  – pomiar natężenia przepływu surówki

Stężenie białka w kondensacie piany oraz w pobranych z kolumny próbkach cieczy oznaczano metodą *Lowry'ego*, stosując spektrofotometr *Hach Lange DR 5000*.

Parametry pracy kolumny barbotażowej wybrano na podstawie wyników dotychczasowych badań nad separacją pianową białek serwatkowych [2, 3]. Zastosowano pozorną prędkość przepływu powietrza  $u_G = 0,0055 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , stężenie początkowe roztworu białka  $C_0 = 18 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$  oraz *pH* roztworu wyjściowego białka równe 5,8. Roztwór białka wzbogacano o substancje dodatkowe: gumę arabską (*GA*), gumę ksantanową (*GK*) i karagen (*KA*). Stosunek masy wybranego addytywu do masy białka w roztworze  $c_D$  wynosił od 5 do 50%. Kolumnę zasilano surówką z natężeniem przepływu równym  $V_L = 0,1 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ .

Efektywność prowadzonego procesu separacji pianowej charakteryzowano za pomocą współczynnika wzbogacenia  $E_0$  oraz stopnia wyflotowania  $R_c$ :

$$E_0 = \frac{C_K}{C_0} \quad (1)$$

$$R_\tau = \frac{C_0 - C_\tau}{C_0} \quad (2)$$

gdzie:

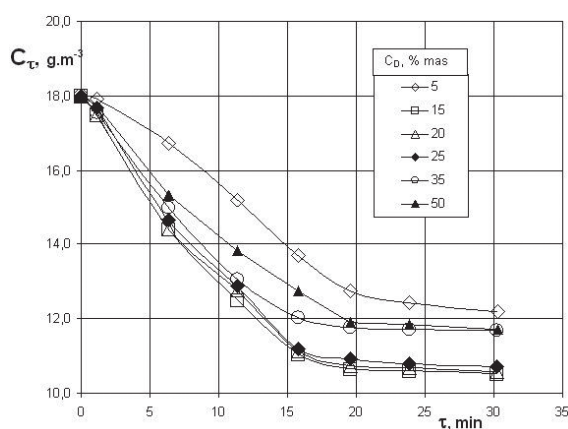
$C_K$  – stężenie białka w kondensacie piany, [g·m<sup>-3</sup>]

$C_0$  – stężenie białka w surówce, [g·m<sup>-3</sup>]

$C_\tau$  – stężenie białka w cieczy po czasie flotacji  $\tau$ , [g·m<sup>-3</sup>]

### Dyskusja wyników

Na rys. 2 przedstawiono przykładowe krzywe zmian stężenia białka w roztworze w czasie flotacji. Jak wskazuje przebieg krzywych, w całym zakresie stosowanych stężeń substancji wspomagającej flotację, stężenie białka w roztworze ustala się na pewnej wysokości poniżej wpływu cieczy z kolumny. Oznacza to, że stopień wyflotowania osiągnął również swoją końcową wartość.



Rys. 2. Zmiany stężenia białka w roztworze podczas separacji pianowej roztworu białka z dodatkiem karagenu.  $u_G = 0,0055 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $C_0 = 18 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ ,  $pH = 5,8$

Wartości końcowych stopni wyflotowania uzyskanych dla separacji pianowej białek serwatkowych z dodatkiem substancji wspomagających zamieszczono w tab. 1.

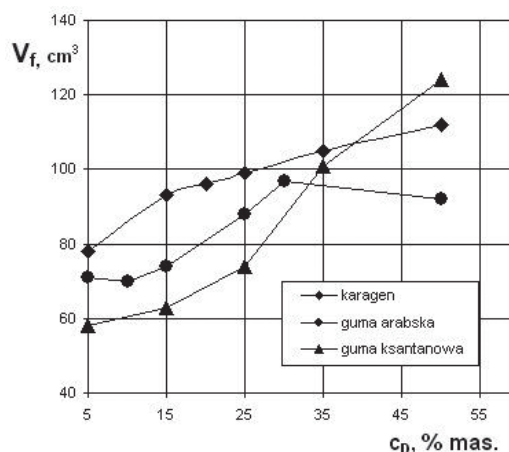
Tab. 1. Końcowe stopnie wyflotowania dla separacji pianowej białek serwatkowych we współprądowej kolumnie barbotażowej.  $u_G = 0,0055 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $C_0 = 18 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ ,  $pH = 5,8$

Substancja wspomagająca separację pianową	$c_D$ , % mas.				
	5	15	25	35	50
guma arabska	0,349	0,353	0,365	0,356	0,355
guma ksantanowa	0,314	0,320	0,346	0,348	0,372
karagen	0,322	0,415	0,405	0,351	0,342

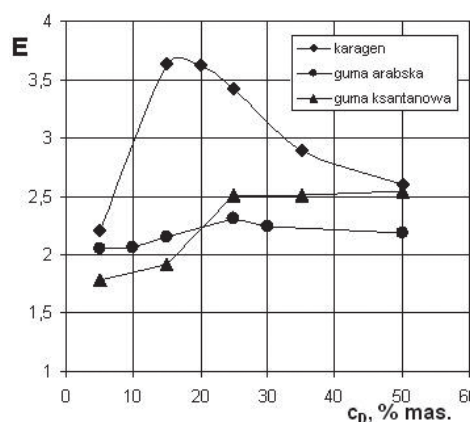
W przypadku zastosowania gumy arabskiej jako addytywu, najwyższe wyflotowanie osiągnięto dla stężenia dodatku wynoszącego 25% mas. (Tab. 1). Współczynnik wyflotowania rośnie nieznacznie wraz ze wzrostem stężenia gumy ksantanowej w roztworze. Jednak najlepsze efekty dało zastosowanie jako dodatku karagenu. W obecności tej substancji uzyskano w procesie separacji najwyższe wartości stopnia wyflotowania białka z roztworu (Tab. 1).

Wpływ stosowania addytywów na przebieg separacji pianowej oceniano również analizując wartości współczynników wzbogacenia (Rys. 3) oraz objętość uzyskanego kondensatu piany (Rys. 4).

Zdecydowany wzrost współczynnika wzbogacenia osiągnięto dla procesu separacji pianowej z roztworu białka w obecności karagenu. Dla stężenia karagenu w zakresie 15–20% mas., współczynnik wzbogacenia przekroczył nieznacznie wartość 3,5 (Rys. 3). Również najwyższą wydajność kondensatu piany uzyskano przy zastosowaniu karagenu jako substancji wspomagającej, w zakresie stężeń od 5 do 35% mas. (Rys. 4).



Rys. 4. Zależność objętości kondensatu piany od stężenia substancji wspomagającej separację pianową białek serwatkowych.  $u_G = 0,0055 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $C_0 = 18 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ ,  $pH = 5,8$



Rys. 3. Zależność współczynnika wzbogacenia od stężenia substancji wspomagającej separację pianową białek serwatkowych.  $u_G = 0,0055 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $C_0 = 18 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ ,  $pH = 5,8$

Dla roztworów białka z dodatkiem gumy ksantanowej powyżej 25% mas., współczynnik wzbogacenia osiągnął wartość 2,5. Najgorsze rezultaty dało zastosowanie jako dodatku gumy arabskiej (Rys. 3). W całym zakresie stosowanych stężeń addytywu, wartość współczynnika wzbogacenia nie przekroczyła wartości 2,5.

### Wnioski

Wzbogacenie roztworu białka serwatkowego o substancje dodatkowe daje możliwość poprawy efektywności procesu separacji pianowej. Jako addytywy wspomagające separację pianową użyto substancji powszechnie stosowanych w przemyśle spożywczym jako dodatki do żywności: gumy arabskiej, gumy ksantanowej oraz karagenu. Najlepsze efekty tj. najwyższe wartości współczynnika wzbogacenia i stopnia wyflotowania osiągnięto w obecności karagenu w roztworze białka serwatkowego.

### LITERATURA

- [1] W. Bednarski: Podstawy biotechnologii przemysłowej. WNT, Warszawa 2007.
- [2] B. Kawalec-Pietrenko, I. Hołowacz, K. Kucharska: Inż. Ap. Chem. **48**, nr 5, 51 (2009).
- [3] B. Kawalec - Pietrenko, I. Hołowacz, K. Kucharska, L. Zander, J. Warechowski: Inż. Ap. Chem. **48**, nr 6, 100 (2009).
- [4] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 27 grudnia 2000 r., Dz.U. Rz.P. nr 9, Warszawa, dnia 5 lutego 2001 r.
- [5] M. Samhouri, M. Abu-Ghoush, E. Yaseen, T. Herald: J. Food Eng. **91**, 10 (2009)
- [6] T. Kobori, A. Matsumoto, S. Sugiyama: Carbohydrate Polym. **75**, 719 (2009).
- [7] D. Carp, R. Baeza, G. Bartholomai, A. Pilosof: Lebensm.-Wiss.u.-Technol. **37**, 573 (2004)