

SYLWIA CHUDY, JAN PIKUL, MAGDALENA RUDZIŃSKA,  
PRZEMYSŁAW OZIEMKOWSKI

## WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE I FUNKCJONALNE KONCENTRATÓW BIAŁEK SERWATKOWYCH

### Streszczenie

W pracy podjęto próbę otrzymania suszonych koncentratów białek serwatkowych z serwatki kwasowej i podpuszczkowej. Oznaczono skład chemiczny, kwasowość czynną i miareczkową serwatki kwasowej, podpuszczkowej, płynnych i suszonych koncentratów białek serwatkowych. Zbadano i porównano właściwości funkcjonalne koncentratów białek serwatkowych. Koncentrat białek serwatkowych w proszku otrzymany z serwatki kwasowej, pod względem zdolności tworzenia emulsji i tej trwałości po obróbce cieplnej, wykazał lepsze właściwości od koncentratu białek serwatkowych otrzymanych z serwatki podpuszczkowej, natomiast gorsze właściwości pod względem ilości wiązanego oleju i jego absorpcji na powierzchni białka w utworzonej emulsji, w porównaniu z koncentratem białek serwatkowych uzyskanych z serwatki podpuszczkowej. Analiza zdolności żelujących 10% roztworów otrzymanych z koncentratów białek serwatkowych wykazała, że oba te koncentraty nie tworzą silnych żeli.

**Słowa kluczowe:** serwatka, koncentraty białkowe, właściwości funkcjonalne, właściwości fizykochemiczne

### Wstęp

Ze względu na korzystne właściwości fizykochemiczne i biologiczne, białka serwatkowe są obecnie postrzegane jako składniki odżywcze w produkcji żywności dietetycznej, fizjologicznie aktywne w produkcji żywności funkcjonalnej i strukturotwórcze w produkcji żywności tradycyjnej i żywności nowej generacji. Spożycie 14 g białek serwatkowych pokrywa dzienne zapotrzebowanie na aminokwasy egzogenne osoby o masie ciała 70 kg, co odpowiada 23 g kazeiny lub 17 g białka jaja kurzego. Aktualnie, białka serwatkowe cieszą się dużym zainteresowaniem z racji swojej aktywności bio-

---

*Mgr inż. S. Chudy, prof. dr hab. J. Pikul, Katedra Technologii Mleczarstwa, mgr inż. Magdalena Rudzińska, Zakład Koncentratów Spożywczych, Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań, tel. (61) 848 73 15, dr inż. Przemysław Oziemkowski, APC – POLSKA, ul. Miczurina 20 paw. 9; 60-318 Poznań*

logicznej i związanej z tym możliwości wykorzystania ich w produkcji tzw. żywności funkcjonalnej [6]. Skład suchej masy serwatki w pełni uzasadnia celowość jej wykorzystania jako surowca do dalszej obróbki technologicznej. Celem zmniejszenia kosztów operacji koncentracji serwatki coraz częściej stosowane jest zagęszczanie z wykorzystaniem ultrafiltracji. Do czynników, które są niekorzystne w przetwórstwie serwatki zaliczyć należy niską ogólną zawartość suchej substancji (5-6%) oraz krótki okres trwałości, zdeterminowany wysoką ilością mikroflory (wprowadzonej do mleka z zakwasem). Skład serwatki, temperatura w zakresie od 25 do 38°C oraz wysoki współczynnik aktywności wody tworzą bardzo korzystne warunki do rozwoju drobnoustrojów [4].

Zależnie od pochodzenia białka i sposobu jego pozyskiwania, preparaty białkowe mogą wykazywać zróżnicowane właściwości funkcjonalne [7]. Można je rozpatrywać w dwóch różnych układach:

- w układzie wodnym – jako roztwór preparatu białkowego w wodzie,
- w układzie produktu spożywczego – zachowanie preparatu białkowego jako komponentu w produkcie spożywczym.

Białka uczestniczą w dużej mierze w tworzeniu wyglądu zewnętrznego, barwy, soczystości i tekstury żywności, a także cech reologicznych ważnych przy rozdrabnianiu, mieszaniu, formowaniu i przemieszczaniu surowców i produktów żywnościowych [14].

Celem pracy była ocena wybranych właściwości funkcjonalnych koncentratów białek serwatkowych oraz porównanie tych właściwości w zależności od użytego surowca.

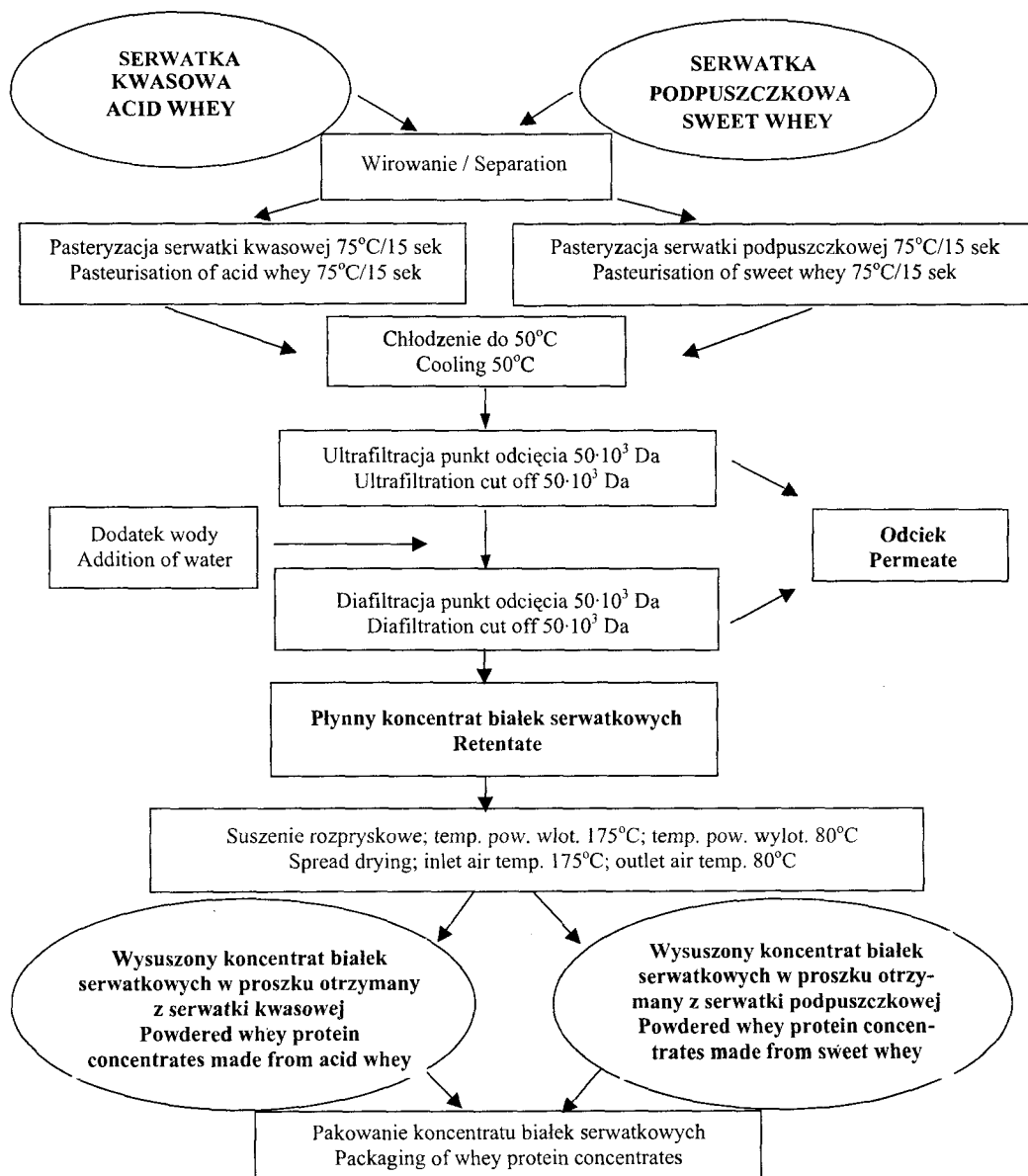
## **Materiał i metody badań**

Materiał do badań stanowiły: serwatka kwasowa i podpuszczkowa (pobrana po produkcji twarogu i sera), płynny koncentrat (po diafiltracji serwatki) kwasowy i podpuszczkowy, odciek (mieszanina produktu ubocznego otrzymana w procesie ultra- i diafiltracji) oraz koncentraty białek serwatkowych suszone rozpryskowo.

Pobraną serwatkę odwirowywano. Odtuszczoną serwatkę poddawano procesowi pasteryzacji, chłodzenia, a następnie ultrafiltracji (na membranach o punkcie odcięcia  $50 \cdot 10^3$  Da). Otrzymany retentat rozcieńczano wodą technologiczną w proporcji 1:1 i przeprowadzano proces diafiltracji. Otrzymany koncentrat suszono w wieży rozpyłowej. Proces technologiczny otrzymywania koncentratu białek serwatkowych w proszku (KBS) przedstawiono na rys. 1.

W wymienionych surowcach, półproduktach i produktach określano podstawowy skład chemiczny, tj. zawartość tłuszczu, białka, laktozy, suchej substancji (s.s.) i suchej substancji beztłuszczowej (s.s.b.) oraz dokonywano pomiaru kwasowości czynnej i oznaczano kwasowość miareczkową. Oznaczenie zawartości białka i suchej substan-

cji przeprowadzano zgodnie z Polską Normą [12]. Do oznaczenia zawartości tłuszczu i laktozy wykorzystano aparat Milkoscan 133B. Kwasowość KBS badano w 10% roztworach [9, 15].



Rys. 1. Schemat produkcji suszonych koncentratów białek serwatkowych otrzymanych z serwatki kwasowej i podpuszczkowej.

Fig. 1. Flow chart of powdered whey protein concentrates made of acid and sweet whey.

W otrzymanych wysuszonych koncentratach białek serwatkowych analizowano właściwości funkcjonalne, takie jak aktywność emulgowania, trwałość emulsji, wydajność emulgowania, absorpcję tłuszczu, rozpuszczalność, indeks rozpuszczalności i zdolność żelowania zgodnie z metodami podanymi przez Rutkowskiego i Kozłowską [13].

Podane w pracy wyniki są wartościami średnimi uzyskanymi z trzech serii oraz trzech powtórzeń. Statystycznie istotne różnice między uzyskanymi wynikami na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  badano testem F Snedecora [2].

## Wyniki i dyskusja

Skład serwatki uzależniony jest od: składu mleka przeznaczonego do przerobu, stopnia jego ogrzania podczas pasteryzacji, charakteru stosowanego krzepnięcia mleka i obróbki skrzepu [9]. Wydzielająca się podczas obróbki technologicznej serwatka kwasowa (podpuszczkowa) wykazuje zwykle następujący skład: 0,8–1,0% (0,8–1,0) białek, 0,1–0,2% (0,3–0,6) tłuszczu, 3,7–4,2% (3,9–5,0) laktozy i 94–95% (93–94) wody [11].

Zawartość białka w serwatce kwasowej i podpuszczkowej analizowanej w pracy wynosiła odpowiednio 0,58 i 0,63% (rys. 2). Bednarski [1] w swoich opracowaniach podaje średnią zawartość białka w serwatce 0,76%. Zawartość tłuszczu w serwatce kwasowej i podpuszczkowej wynosiła odpowiednio 0,50 i 0,45%. W serwatce kwasowej zawartość laktozy wynosiła 3,80%, a w podpuszczkowej 3,95%. Podobne wartości w przypadku serwatki podpuszczkowej (od 3,40 do 3,95%) otrzymali w swoich badaniach Pawlik i wsp. [8].

Kwasowość czynna (pH) serwatki kwasowej wynosiła 4,57 jednostki (tab. 1), a miareczkowa 37,3 °SH (tab. 2), podczas kiedy w serwatce podpuszczkowej wartości te wynosiły odpowiednio: pH 6,38 i 6,4 °SH. Dane literaturowe wskazują, że kwasowość czynna serwatki kwaśnej waha się w granicach pH 4,5–4,7, a serwatki podpuszczkowej pH 6,2–6,6 [3, 10].

Po procesie diafiltracji serwatki kwasowej i podpuszczkowej, w płynnych koncentratach istotnie wzrosła zawartość białka, suchej substancji i suchej substancji beztłuszczowej. Natomiast zawartość laktozy w odniesieniu do suchej substancji obniżyła się. Skład chemiczny odcieku był zbliżony do składu serwatek, jedynie poziom białka widocznie się obniżył. Podobne wyniki w swojej publikacji zamieścili Kroll i Budzyński [4].

Kwasowość czynna płynnego koncentratu i filtratu z serwatki kwasowej i podpuszczkowej pozostała na niezmiennym poziomie po procesie zagęszczania. Natomiast kwasowość miareczkowa płynnego koncentratu otrzymanego z serwatki kwasowej wzrosła o 14,7 °SH, a z serwatki podpuszczkowej o 6,3 °SH. Wyższa kwasowość miareczkowa preparatów otrzymanych z serwatki kwasowej wynikała z charakteru

procesu technologicznego otrzymywania twarogów, w czasie którego wytworzone zostają, przez bakterie wprowadzone z zakwasem, duże ilości kwasu mlekowego.

Tabela 1

Kwasowość czynna serwatek, płynnych koncentratów, filtratów i suszonych koncentratów białek serwatkowych.

Active acidity of whey, retentates, permeates and powdered whey protein concentrates.

Produkt Product	Kwasowość czynna [pH] Active acidity [pH]	Produkt Product	Kwasowość czynna [pH] Active acidity [pH]
Serwatka kwasowa Acid whey	4,57 aA	Serwatka podpuszczkowa Sweet whey	6,38 bB
Płynny koncentrat kwasowy Acid retentate	4,56 aA	Płynny koncentrat podpuszczkowy Sweet retentate	6,54 bB
Odciek kwasowy Acid permeate	4,54 aA	Odciek podpuszczkowy Sweet permeate	6,54 bB
KBS otrzymany z serwatki kwasowej WPC made from acid whey	4,75 aA	KBS otrzymany z serwatki podpuszczkowej WPC made from sweet whey	6,66 bB

a, b; A, B – różne małe litery w rzędach i różne wielkie litery w kolumnach oznaczają statystycznie istotną różnicę na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

a, b; A, B – different small letters in rows and different capital letters in columns mean significant difference  $\alpha = 0.05$ .

Tabela 2

Kwasowość miareczkowa serwatek, płynnych koncentratów, filtratów i suszonych koncentratów białek serwatkowych.

Titrateable acidity of whey, retentates, permeates and powdered whey protein concentrates.

Produkt Product	Kwasowość miareczkowa [°SH] Titrateable acidity [°SH]	Produkt Product	Kwasowość miareczkowa [°SH] Titrateable acidity [°SH]
Serwatka kwasowa Acid whey	37,3 aA	Serwatka podpuszczkowa Sweet whey	6,4 bA
Płynny koncentrat kwasowy Acid retentate	52,0 aC	Płynny koncentrat podpuszczkowy Sweet retentate	12,7 bC
Odciek kwasowy Acid permeate	37,1 aA	Odciek podpuszczkowy Sweet permeate	13,6 bC
KBS otrzymany z serwatki kwasowej WPC made from acid whey	32,8 aB	KBS otrzymany z serwatki podpuszczkowej WPC made from sweet whey	9,7 bB

a, b; A, B – różne małe litery w rzędach i różne wielkie litery w kolumnach oznaczają statystycznie istotną różnicę na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

a, b; A, B – different small letters in rows and different capital letters in columns mean significant difference  $\alpha = 0.05$ .

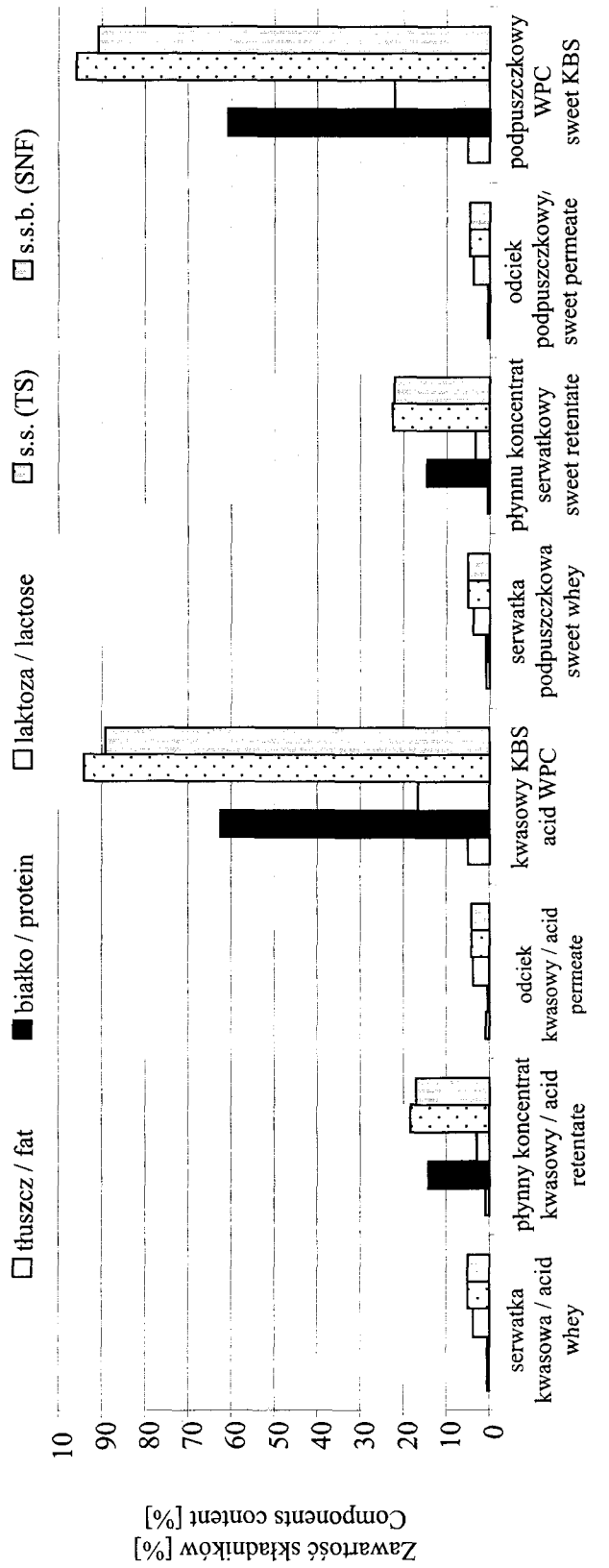
W wyniku suszenia płynnych koncentratów serwatki kwasowej i podpuszczkowej otrzymano koncentraty białek serwatkowych (KBS). Wykazano, że w KBS otrzymanym z serwatki kwasowej i podpuszczkowej zawartość: białka wzrosła w porównaniu z serwatką niezagęszczoną odpowiednio ponad 108- i 96,3-krotnie, tłuszczu 8,5- i 6,8-krotnie, laktozy 4,4- i 5,6-krotnie oraz suchej substancji 18,9- i 19,3-krotnie. W koncentratkach białek serwatkowych w proszku, otrzymanych z serwatki kwasowej i podpuszczkowej, zawartość białka wynosiła odpowiednio 62,7 i 60,7%. Oba otrzymane preparaty można było zakwalifikować do koncentratów białek serwatkowych o zawartości białka ok. 60% (KBS-60). Wymagana zawartość białka w KBS-60 wynosi od 58 do 62% [9].

Kwasowość czynna KBS otrzymanych z serwatki kwasowej wynosiła 4,79 jednostek pH, z serwatki podpuszczkowej 6,66, natomiast kwasowość miareczkowa wynosiła odpowiednio 32,8 °SH i 9,7 °SH.

Powierzchniowe właściwości białek serwatkowych są związane z naturalną skłonnością ich cząstek do obniżania napięcia na granicy faz przez adsorpcję na niej. W technologii żywności powierzchniowe właściwości białek mają podstawowe znaczenie w procesach związanych z wytwarzaniem emulsji i pian [6]. Koncentrat białek serwatkowych otrzymany z serwatki kwasowej wykazał aktywność emulgowania na poziomie 64%, a koncentrat białek serwatkowych otrzymany z serwatki podpuszczkowej 57%. Koncentrat otrzymany z serwatki kwasowej wykazał lepszą aktywność emulgowania, czyli charakteryzował się większą zdolnością do tworzenia emulsji. Ta sama ilość preparatu (2,5 g) otrzymanego z serwatki kwasowej wiązała większą ilość oleju niż preparat otrzymany z serwatki podpuszczkowej. Na uzyskany wynik mogła mieć wpływ kwasowość środowiska. Adsorpcja białek na granicy faz jest silnie uzależniona od kwasowości środowiska, a jej szybkość jest największa przy kwasowości odpowiadającej punktom izoelektrycznym poszczególnych białek, wchodzącym w skład KBS. Ilość białek zaadsorbowanych na granicy faz jest największa w środowisku o kwasowości czynnej pH 4,9. Ze względu na zwiększenie lepkości środowiska uważa się, że cukry pogarszają właściwości powierzchniowe białek serwatkowych [6].

Po ogrzewaniu emulsji – otrzymanej z 2,5 g suchego preparatu białkowego, 50 cm<sup>3</sup> wody destylowanej i 50 cm<sup>3</sup> oleju – w temp. 80°C stwierdzono, że wyższą trwałością charakteryzowała się emulsja otrzymana z kwasowego KBS. Emulsja ta wykazywała trwałość na poziomie 65%. Z kolei emulsja otrzymana z KBS z serwatki podpuszczkowej wykazała trwałość na poziomie 55%.

Kwasowy KBS charakteryzował się słabszą wydajnością emulgowania tłuszczu niż preparat uzyskany z serwatki podpuszczkowej. 100 mg białka zawartego w KBS z serwatki kwasowej wiązało 166 mg oleju, a 100 mg białka zawartego w KBS z serwatki podpuszczkowej – 233 mg oleju.



Rys. 2. Skład chemiczny serwatki, płynnych koncentratów, filtratów i suszonych koncentratów białek mleka. Fig. 2. Chemical composition of whey, retentates, permeates and powdered whey protein concentrates.

Analiza zdolności absorpcji tłuszczu przez KBS (po przeliczeniu, wyrażona w ilości gramów tłuszczu absorbowanego przez 1 g preparatu) wskazuje, że 1 g KBS otrzymany z serwatki kwasowej absorbował 0,88 g oleju, natomiast ta sama ilość KBS otrzymanego z serwatki podpuszczkowej absorbowała 1,92 g oleju. Wynik ten wyraźnie wskazuje na to, że preparat kwasowy gorzej absorbował tłuszcz niż preparat podpuszczkowy.

W metodzie określania zdolności emulgujących wprowadza się wiele licznych modyfikacji polegających przeważnie na optymalizacji warunków pomiaru. Precyzja tych metod w dużym stopniu zależy od takich parametrów oznaczania jak szybkość emulgowania, temperatura emulgowania, wartość siły jonowej i pH, a nawet geometrii naczynek pomiarowych. Rezultatem tego są rozbieżne wyniki badań zdolności emulgujących KBS uzyskane przez poszczególnych autorów w odniesieniu do podobnych preparatów białkowych [7].

Z hydratacyjnymi właściwościami białek serwatkowych są związane takie właściwości funkcjonalne, jak: rozpuszczalność, żelowanie, pęcznienie, zdolność zatrzymywania wody (retencja wody).

Koncentrat białek serwatkowych otrzymany z serwatki kwasowej wykazał rozpuszczalność na poziomie 48% przy indeksie rozpuszczalności 2 cm<sup>3</sup> (osadu), natomiast KBS z serwatki podpuszczkowej 88% przy indeksie 1,5 cm<sup>3</sup> (osadu). Rozpuszczalność preparatów białek serwatkowych, produkowanych przemysłowo metodą ultrafiltracji, wynosi od ok. 80% (przy pH 3) do ok. 90% (przy pH 7) i pozostaje w korelacji ze stopniem zdenaturowania białek, mieszczącym się w granicach 5 do 50% [6].

Badania koncentratów białek serwatkowych wskazują, iż wodne roztwory zawierające 10% udział preparatu KBS (co odpowiada 6,27% ilości białka w przypadku KBS uzyskanego z serwatki kwasowej i 6,07% ilości białka w przypadku KBS uzyskanego z serwatki podpuszczkowej) nie tworzą żeli. Wynika z tego, że aby uzyskać trwałe żele konieczny jest większy dodatek preparatu. W 10% roztworze koncentratu białek serwatkowych, uzyskanym z serwatki kwasowej, zauważono jedynie oznaki tworzenia sieci, ale nie doszło do całkowitej budowy sieci żelowej. W konsystencji roztwór ten przypominał kwaśne mleko z widocznymi ziarnami. Koncentrat białek serwatkowych otrzymany z serwatki podpuszczkowej tworzył bardzo luźny żel, konsystencją przypominający lekko związany budyń. Powierzchnia żelu była gładka, nieporowata, jednolita bez zgrubień, łatwo rozpadająca się. Powodem uzyskania tak słabych żeli (lub ich braku) może być zbyt niska zawartość białka w roztworze. Rutkowski i Kozłowska [13] podają, że w celu uzyskania trwałego, silnego żelu zawartość białka w roztworze powinna wynosić powyżej 8%. Czynnikiem hamującym żelowanie w koncentratkach białek serwatkowych może być duże stężenie jonów wapnia (powyżej 20 mmol/dm<sup>3</sup>), które w roztworze białek serwatkowych powoduje ich nadmierną agregację.



Żelujące właściwości białek serwatkowych są wykorzystywane w modyfikacji tekstury wielu produktów mięsnych i roślinnych, w których zwiększają twardość, kohezję i elastyczność. W produktach o konsystencji półpłynnej (np. jogurt i śmietana) białka serwatkowe zapobiegają synerezie lub nadają im nową jakość, jaką jest stała konsystencja [5, 6].

## Wnioski

1. Podczas procesu technologicznego otrzymywania suszonych koncentratów białek serwatkowych kwasowość czynna zarówno surowca jakim była serwatka kwasowa i podpuszczkowa, jak i płynnego i suchego koncentratu pozostała na niezmiennym poziomie.
2. Najniższą kwasowością miareczkową (w produktach kwasowych) charakteryzował się suchy koncentrat białek serwatkowych, wyższą surowa serwatka i odciek, a najwyższą płynny koncentrat. Produktami podpuszczkowymi, uszeregowanymi według wzrastającej kwasowości miareczkowej, były kolejno: serwatka, koncentrat białek serwatkowych, płynny koncentrat i odciek.
3. Koncentrat białek serwatkowych w proszku, otrzymany z serwatki kwasowej, pod względem zdolności tworzenia emulsji i jej trwałości, po obróbce cieplnej wykazywał lepsze właściwości od koncentratu białek serwatkowych otrzymanych z serwatki podpuszczkowej.
4. Koncentrat białek serwatkowych, wyprodukowany z serwatki kwasowej, wykazywał gorsze właściwości emulgujące pod względem ilości wiązanego oleju i jego absorpcji na powierzchni białka w utworzonej emulsji, w porównaniu z koncentratem białek serwatkowych uzyskanych z serwatki podpuszczkowej.
5. Analiza zdolności żelujących roztworów otrzymanych z koncentratu białek serwatkowych wykazała, że oba te koncentraty nie tworzyły silnych żeli przy stężeniu preparatu na poziomie 10%, przy czym roztwór koncentratu białek serwatkowych otrzymany z serwatki podpuszczkowej miał lepsze właściwości do tworzenia sieci żelowej.

## Literatura

- [1] Bednarski W.: Zagospodarowanie produktów ubocznych. W: Mleczarstwo zagadnienia wybrane. Tom 2, pod red. S. Ziąjki, Wydawnictwo ART, Olsztyn 1997.
- [2] Bobrowski D., Łybacka K.: Wybrane metody wnioskowania statystycznego. Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań 1995.
- [3] De la Fuente M.A., Hemar Y., Tamehana M., Munro P.A., Singh H.: Process-induced changes in whey proteins during the manufacture of whey protein concentrates. *Int. Dairy J.*, 2002, **12**, 361-369.
- [4] Kroll J., Budzyński J.: Zastosowanie procesów membranowych w przetwórstwie serwatki. *Przegl. Mlecz.*, 2001, **2**, 66-68.

- [5] Leman J.: Struktura białka i jego właściwości funkcjonalne. *Przem. Spoż.*, 1988, **10** (42), 285-289.
- [6] Leman J.: Funkcjonalne właściwości białek serwatkowych. *Przem. Spoż.*, 1999, **5** (53), 45-49.
- [7] Panfil-Kuncewicz H., Kuncewicz A., Gierszewski M., Rogowski L.: Właściwości funkcjonalne wysokobiałkowych koncentratów mlecznych wyprodukowanych z zastosowaniem ultrafiltracji. *Przem. Spoż.*, 1992, **5** (46), 39-41.
- [8] Pawlik S., Dzik B., Skrzypek J., Dolińska E., Baranowski A., Zgiernicka A.: Charakterystyka jakościowa serwatki oraz koncentratu białek serwatkowych uzyskanego technika ultrafiltracji w warunkach przemysłowych. *Przegl. Mlecz.*, 1995, **9**, 239-244.
- [9] Pawlik S.: Produkcja koncentratów mlecznych. Oficyna Wydawnicza „HOŻA”, Warszawa 1996.
- [10] Pijanowski E.: Zarys chemii i technologii mleczarstwa. Tom 1, PWRiL, Warszawa 1971.
- [11] Pijanowski E., Gaweł J.: Zarys chemii i technologii mleczarstwa. Tom 3, PWRiL, Warszawa 1986.
- [12] PN-78/A- 86030: Mleko i przetwory mleczarskie. Mleko w proszku. Metody badań.
- [13] Rutkowski A., Kozłowska H.: Preparaty żywnościowe z białka roślinnego. WNT, Warszawa 1981.
- [14] Sikorski Z.E.: Białka – budowa i właściwości. Funkcjonalne właściwości białek. W: Chemiczne i funkcjonalne właściwości składników żywności. Red. Z. E. Sikorski, WNT, Warszawa 1994.
- [15] Szpendowski J., Panfil-Kuncewicz H., Staniewski B.: Changes in some physicochemical and functional properties of whey protein concentrate and sodium caseinate during storage. *Natural Sci.*, 2001, **9**, 438-447.

## PHYSICO-CHEMICAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF WHEY PROTEIN CONCENTRATES

### S u m m a r y

In a framework of research work powdered whey protein concentrates made of sweet whey and whey from fresh acid cheese production were obtained. Chemical composition, pH and titration acidity were determined in sweet whey and whey from fresh acid cheese production and also in liquid and powdered whey protein concentrates. Functional properties of whey protein concentrates were determined and compared between themselves and compared with concentrates obtained by other researchers. Powdered whey protein concentrate made of whey from fresh acid cheese production had better emulsifying properties and better emulsion stability after heat treatment in comparison with whey protein concentrate made of sweet whey. But whey protein concentrate made of whey from fresh acid cheese production bound less amount of oil and absorbed less amounts of oil on its surface in the emulsion in comparison to whey protein concentrate made of sweet whey. Tests of gelation properties of 10% solutions of whey protein concentrates showed that both concentrates did not form strong gels.

**Key words:** whey, protein concentrates, functional properties, physico-chemical properties. ☒