

JUSTYNA ŻULEWSKA, ALEKSANDRA MORAWSKA

WŁAŚCIWOŚCI PIANOTWÓRCZE KONCENTRATÓW BIAŁEK SERWATKOWYCH O ZMNIĘSZONEJ ZAWARTOŚCI TŁUSZCZU

Streszczenie

Białka serwatkowe mają znaczenie praktyczne ze względu na ich właściwości odżywcze oraz funkcjonalne. Obecność tłuszczu wpływa jednak negatywnie na ich smak oraz właściwości pianotwórcze. Celem pracy było określenie wpływu zawartości tłuszczu na właściwości pianotwórcze koncentratów białek serwatkowych. Porównano pod względem właściwości pianotwórczych koncentraty białek serwatkowych o deklarowanej zawartości białek: 35 % (WPC 35) i 80 % (WPC 80), zawierające tłuszcz i odtłuszczone za pomocą chitozanu. Ponadto dokonano porównania ich z właściwościami pianotwórczymi albuminy białka jaja kurzego. Roztwory WPC po zastosowaniu chitozanu, czyli WPC 35 chitozan i WPC 80 chitozan, wykazywały wyższą wydajność pienienia (odpowiednio: 721,7 % i 776,7 %) niż WPC 35 i WPC 80 (odpowiednio: 338,3 i 588,3 %) oraz EWP i EWP-W (555,0 i 536,7 %). Roztwory WPC 35 chitozan i WPC 80 chitozan wykazywały wyższe wartości spęcznienia pian (odpowiednio: 750,8 i 636,8 %) niż WPC 35 i WPC 80 (odpowiednio: 520,9 % i 568,0 %), również w porównaniu z naturalną albuminą białka jaja kurzego (EWP) i wysokopienistą albuminą białka jaja kurzego (EWP-W) (odpowiednio: 572,6 i 595,7 %). Stabilność pian otrzymanych z roztworów WPC 35 chitozan i WPC 80 chitozan była większa (odpowiednio: 93,6 i 98,1 %) w porównaniu z WPC 35 (32,5 %) i WPC 80 (87,1 %) i porównywalna z EWP (97,63 %) oraz z EWP-W (100,0 %). Zastosowanie chitozanu przyczyniło się do znacznego zmniejszenia mętności WPC.

Słowa kluczowe: koncentrat białek serwatkowych (WPC), chitozan, właściwości pianotwórcze, albumina białka jaja kurzego

Wprowadzenie

Białka serwatkowe stosowane są do produkcji odżywek dla niemowląt, żywności dla sportowców, napojów energetycznych, produktów mleczarskich, mięsnych, piekarniczych i in. [5].

*Dr inż. J. Żulewska, mgr inż. A. Morawska, Katedra Mleczarstwa i Zarządzania Jakością, Wydz. Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Oczapowskiego 7, 10-719 Olsztyn.
Kontakt: justyna.zulewska@uwm.edu.pl*

Do najczęściej produkowanych preparatów białek serwatkowych należą: proszek serwatkowy – około 11 do 13 % białka, koncentrat białek serwatkowych (ang. *whey protein concentrate*, WPC) – od 34 do 89 % białka oraz izolat białek serwatkowych (ang. *whey protein isolate*, WPI) – >90 % białka [5].

Szeroki zakres zastosowań białek serwatkowych wynika z ich właściwości funkcjonalnych, takich jak: bardzo dobra rozpuszczalność, zdolność wiązania wody, tworzenie pian, podatność na ubijanie, właściwości emulgujące i żelujące oraz pojemność buforowa [3, 12].

Aktualnie wzrasta zainteresowanie zastępowaniem białka jaja kurzego przez białka serwatkowe szczególnie wtedy, gdy wykorzystuje się ich zdolność pienienia [6]. Głównym problemem przy zastosowaniu preparatów z serwatki jest otrzymanie piany o stałej, a jednocześnie wysokiej jakości. Produkowane w warunkach przemysłowych koncentraty białek serwatkowych zawierają od 1 do 7 % tłuszczu [8], a jego obecność ma negatywny wpływ na smak [13] oraz właściwości pianotwórcze [17]. Do redukcji tłuszczu w produktach wytwarzanych na bazie białek serwatkowych stosuje się różne metody. Najczęściej jest to wirowanie oraz techniki membranowe [4, 7, 22]. Stosunkowo nowym sposobem jest zastosowanie chitozanu, który wiąże tłuszcz i barwnik (np. annato) z serwatki, co pozwala otrzymać produkt o mniejszej zawartości tłuszczu ($\leq 0,5\%$) oraz o zmniejszonej mętności [2, 9, 10].

Chitozan jest polimerem otrzymywanym z chityny zawartej w skorupach skorupiaków (najczęściej krabów i krewetek). W środowisku kwaśnym tworzy kompleksy z fosfolipidami i fosfolipoproteinami serwatki, które mogą być usunięte przez wirowanie [2] lub mikrofiltrację [10]. Supernatant czy permeat zawierają wszystkie białka serwatkowe i mogą stanowić surowiec do produkcji WPC o zmniejszonej zawartości tłuszczu. Kompleks tłuszcz – chitozan poddaje się następnie ekstrakcji rozpuszczalnikiem organicznym, co pozwala na uwolnienie polimeru i ponowne jego użycie. Proces umożliwia usunięcie powyżej 92 % lipidów zawartych w serwatce [2].

Celem pracy było określenie wpływu zawartości tłuszczu na właściwości pianotwórcze koncentratów białek serwatkowych o deklarowanej zawartości białek: 35 % (WPC 35) i 80 % (WPC 80). Ponadto dokonano porównania ich z właściwościami pianotwórczymi albuminy białka jaja kurzego.

Material i metody badań

Materiałem doświadczalnym były następujące preparaty:

- koncentrat białek serwatkowych o zawartości białka 35 % (WPC 35),
- koncentrat białek serwatkowych o zawartości białka 35 %, po zastosowaniu chitozanu (WPC 35 chitozan),
- koncentrat białek serwatkowych o zawartości białka 80 % (WPC 80),

- koncentrat białek serwatkowych o zawartości białka 80 % po zastosowaniu chitozanu (WPC 80 chitozan),
- albumina białka jaja kurzego naturalna (EWP),
- albumina białka jaja kurzego wysokopienista (EWP-W).

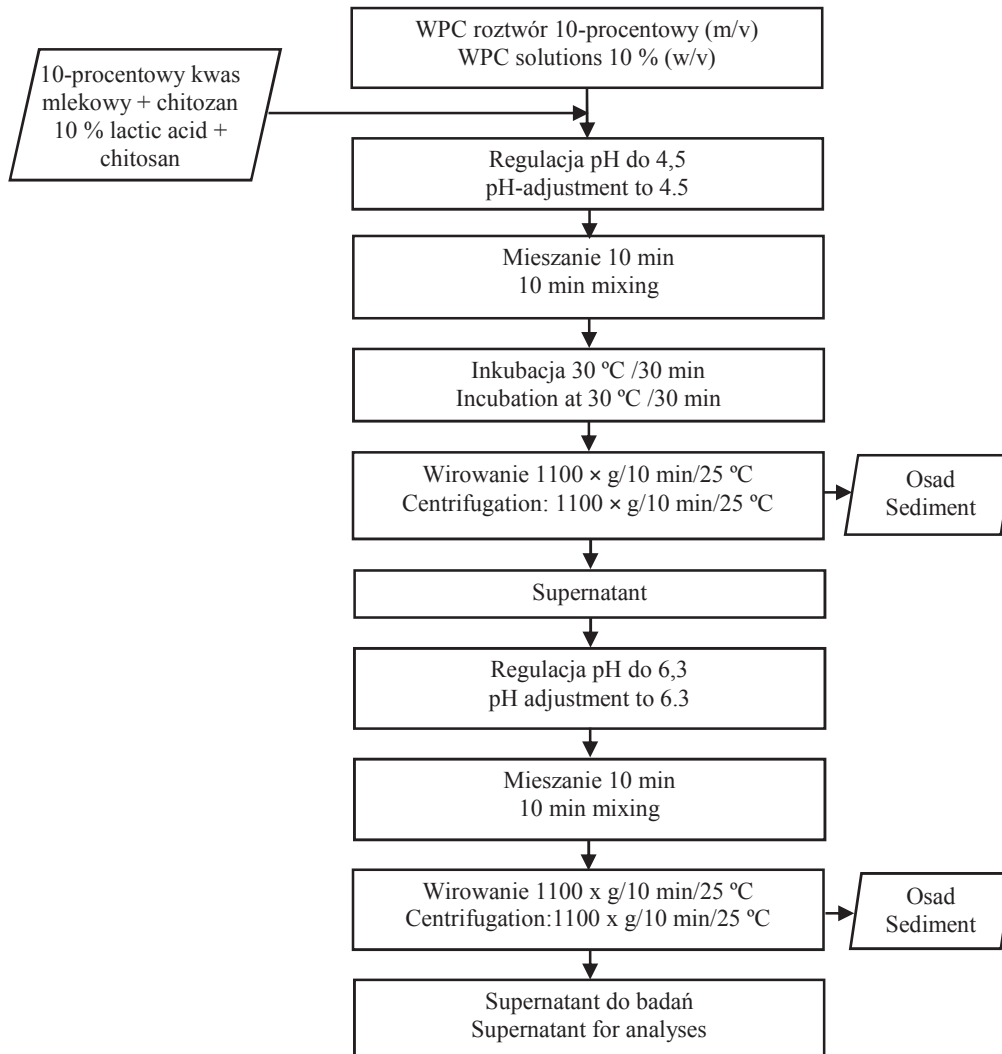
Koncentraty białek serwatkowych o zawartości białka 35 % (WPC 35) wyprodukowano z serwatki podpuszczkowej po produkcji głównie sera gouda w Okręgowej Spółdzielni Mleczarskiej w Łowiczu. Koncentraty białek serwatkowych o zawartości białka 80 % (WPC 80) wyprodukowano z serwatki po produkcji serów typu szwajcarsko-holenderskiego. WPC 80 pozyskano ze Spółdzielni Mleczarskiej Spomlek, zakład w Ostrowi Mazowieckiej. Albuminę białka jaja kurzego i albuminę białka jaja kurzego wysokopienistą zakupiono w Zakładach Jajczarskich Ovopol w Nowej Soli. W produkcji albuminy wysokopienistej jako środek spieniający zastosowano cytrynian trietylowy (E1505). Wszystkie badane produkty pochodziły z trzech różnych partii produkcyjnych. Chitozan zakupiono w sklepie internetowym (www.pestki-moreli.pl).

Koncentraty białek serwatkowych o zredukowanej zawartości tłuszczu otrzymywano stosując dodatek chitozanu (rys. 1), według zmodyfikowanej metody, którą opracowali Lucey i wsp. [10]. Na podstawie zawartości tłuszczu w koncentratkach białek serwatkowych obliczano dodatek chitozanu, przyjmując, że 1 g chitozanu wiąże 4,5 g tłuszczu. Odmierzoną ilość chitozanu roztworzano w 10 ml 10-procentowego kwasu mlekowego (POCH S.A., Gliwice). Otrzymaną mieszaninę dodawano do roztworu białek serwatkowych, następnie doprowadzano pH roztworu do wartości 4,5. Pomiar pH wykonywano za pomocą pH-metru SevenMulti (Mettler-Toledo AG) wyposażonego w elektrodę LE427E (Mettler-Toledo AG, Greifensee, Szwajcaria), stosując 10-procentowy kwas mlekowy, po czym całość mieszano przez 10 min za pomocą mieszadła elektromagnetycznego. Następnie roztwór z dodatkiem chitozanu przetrzymywano w łaźni wodnej (model Lauda Alpha 24, Lauda-Brinkmann, Delran, NJ, USA) o temp. 30 °C. Po 30 min roztwór poddawano wirowaniu przez 10 min w temp. 25 °C z przyspieszeniem $1100 \times g$ (Heraeusmegafuge 16R centrifuge, ThermoScientific, Waltham, MA, USA). Supernatant zlewano do zlewki i doprowadzano pH do wartości 6,3, stosując 1 M NaOH (POCH S.A.). Roztwór mieszano przez 10 min i pozostawiano na kolejne 10 min. W celu usunięcia z roztworu niezwiązanego chitozanu roztwór poddawano drugiemu wirowaniu, stosując te same parametry jak poprzednio. Supernatantu używano do badań właściwości pianotwórczych.

W materiale doświadczalnym oznaczano zawartość: białka, tłuszczu, laktozy i suchej masy. Określano także: właściwości pianotwórcze, wydajność pienienia, stabilność piany, spęcznienie piany oraz udział frakcji powietrza.

Skład chemiczny roztworów koncentratów białek serwatkowych przed zastosowaniem chitozanu i po nim oznaczano za pomocą Milkoscanu (FT2, Foss, Hillerod, Dania). Zawartość tłuszczu w próbkach oznaczano metodą Gerbera [18], a białka ogó-

łem – metodą Kjeldahla wg AOAC, metoda 991.20; 33.2.11 [1]. W przypadku WPC zastosowano przelicznik białkowy równy 6,38, a EWP – 6,25.



Rys. 1. Schemat otrzymywania za pomocą chitozanu koncentratów białek serwatkowych o zmniejszonej zawartości tłuszczu

Fig. 1. Production Flowchart of whey protein concentrate with reduced fat content

Określano właściwości pianotwórcze 10-procentowych (m/v) roztworów WPC 35 i WPC 80 przed zastosowaniem chitozanu, w supernatancie WPC 35 i WPC 80 przy-

gotowanym zgodnie ze schematem zamieszczonym na rys. 1. oraz w 5-procentowych (m/v) roztworach EWP i EWP-W.

Badanie wydajności pienienia oraz stabilności piany przeprowadzano ubijając 50 ml (B) badanego roztworu w ciągu 5 min za pomocą blendera Braun Multiquick 5 MR 540, typ 4191 (Braun GmbH, Kronberg, Niemcy) przy maksymalnych obrotach. Uzyskaną pianę przenoszono natychmiast do cylindra miarowego o pojemności 1000 cm³, uważając, aby nie powstały dodatkowe pęcherze powietrza. Objętość piany odczytywano po przeniesieniu jej do cylindra (A) oraz po 30 min (C). Oznaczenie wykonano w czterech powtórzeniach. Wydajność i stabilność piany (równania 1 i 2) stanowi średnią z dwunastu oznaczeń (4 powtórzenia z 3 partii produkcji).

$$W = \frac{A}{B} 100 \% \quad (1)$$

gdzie:

W – wydajność piany [%],

A – objętość spienionego roztworu bezpośrednio po zakończeniu spieniania [cm³],

B – objętość początkowa roztworu użytego do spieniania [cm³],

$$St = \frac{C}{A} 100 \% \quad (2)$$

gdzie:

St – stabilność piany [%],

A – objętość spienionego roztworu bezpośrednio po zakończeniu spieniania [cm³],

C – objętość całkowita piany po 30 min [cm³].

Spęcznienie piany (Sp) określano według Davisa i Foegedinga [3]. W tym celu 100 ml roztworu białek ubijano za pomocą blendera Braun Multiquick 5 MR 540, typ 4191 przez 10 min, a następnie ważono 100 ml piany umieszczonej w naczynku wagowym. Powierzchnię piany wyrównywano szpatułką. Proces powtarzano trzykrotnie, nie przekraczając 5 min od zakończenia ubijania piany. Średnie spęcznienie piany (równanie 3) stanowi średnią z trzydziestu sześciu powtórzeń (4 powtórzenia każdej z 3 partii produkcji, przy czym wykonano 3 odczyty w każdej analizie).

$$Sp = \frac{MR - MP}{MP} 100 \% \quad (3)$$

gdzie:

Sp – spęcznienie piany [%],

MR – masa 100 ml roztworu użytego do spieniania [g],

MP – masa 100 ml piany [g].

Udział frakcji powietrza (ϕ) według Davisa i Foegedinga [3] obliczano z równania:

$$\phi = \frac{Sp}{(Sp+100)} \quad (4)$$

gdzie: Sp – spęcznienie piany.

W celu określenia różnic między próbkami, wszystkie dane analizowano testem ANOVA przy użyciu procedur Proc. GLM SAS (SAS ver. 9.3, 2002–2010; SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Wyniki i dyskusja

Wyprodukowane w warunkach przemysłowych koncentraty WPC 35 powinny zawierać 33 ÷ 37 % białka, 43 ÷ 51 % laktozy, 1 ÷ 3,5 % tłuszczu, 7,9 ÷ 9,5 % związków mineralnych w postaci popiołu i maksymalnie 4 % wody [5]. Typowy skład WPC 80 to: 80 ÷ 82 % białka, 4 ÷ 8 % laktozy, 4 ÷ 8 % tłuszczu, 3 ÷ 4 % popiołu i 3,5 ÷ 4,5 % wody [10]. Badane preparaty WPC 35, WPC 80, EWP i EWP-W zawierały białka odpowiednio [%]: 33,9, 73,0, 76,9 i 81,1. Zawartość białka w WPC 80 była mniejsza aniżeli deklarowana, co mogło wynikać z niewłaściwej kontroli procesu produkcyjnego. Początkowa zawartość tłuszczu wynosiła 3,5 % w WPC 35 i prawie 8,0 % w WPC 80. Zastosowanie chitozanu jako czynnika wiążącego tłuszcz przyczyniło się do znaczącej redukcji zawartości tłuszczu, w obu przypadkach wartość ta wyniosła 0,00 %.

W celu określenia właściwości pianotwórczych koncentratów białek serwatkowych przygotowano 10-procentowe (m/v) roztwory. Po usunięciu tłuszczu, według metody przedstawionej na rys. 1., zawartość białka w roztworach badanych koncentratów białek serwatkowych zmalała (tab. 1).

Najmniejszą wydajnością pienienia spośród badanych preparatów charakteryzował się WPC 35 (338,3 %) (tab. 2). Nie stwierdzono istotnych różnic ($p > 0,05$) między wydajnością pienienia WPC 80 i EWP, przy czym roztwory te różniły się zawartością białka. Usunięcie tłuszczu z koncentratów białek serwatkowych wpłynęło na znaczną poprawę wydajności pienienia WPC. W przypadku WPC 35 stwierdzono ponad dwukrotny wzrost wydajności pienienia (tab. 2), mimo że zawartość białka w supernatancie po dodatku chitozanu była mniejsza aniżeli w roztworach wyjściowych (tab. 1). WPC 80 chitozan wykazywał najwyższą wydajność pienienia, jednak różnica między WPC 80 a WPC 80 chitozan (tab. 2) nie była tak znaczna jak to miało miejsce w przypadku WPC 35 i WPC 35 chitozan. Stwierdzono większą ($p < 0,05$) wydajność pienienia koncentratów białek serwatkowych po zastosowaniu chitozanu w porównaniu z naturalną albuminą białka jaja kurzego (EWP), a nawet wysokopienistej EWP-W. Nastaj [14, 15] w badaniach dotyczących właściwości reologicznych pian otrzymywanych z różnych preparatów białkowych uzyskał wydajność pienienia roztworu albuminy wysokopienistej na

poziomie ok. 740 %, a roztworu WPC 80 o 10-procentowej zawartości białka – ok. 570 %.

Tabela 1. Podstawowy skład chemiczny 10-procentowych (m/v) roztworów koncentratów białek serwatkowych o deklarowanej zawartości białka 35 % (WPC 35) i 80 % (WPC 80) oraz supernatantów po zastosowaniu dodatku chitozanu

Table 1. Basic chemical composition of 10 % (w/v) solutions of whey protein concentrates with declared protein content of 35% (WPC 35) and of 80% (WPC 80) as well as of supernatants after application of chitosan

Roztwór Solution	Zawartość białka Content of protein [%]	Zawartość tłuszczu Content of fat [%]	Zawartość laktozy Content of lactose [%]	Zawartość suchej masy Content of dry matter [%]
WPC 35	3,66	0,35	4,56	8,77
WPC 80	7,42	0,81	0,54	9,05
Supernatant				
WPC 35 chitozan/chitosan	2,58	0,00	5,81	8,37
WPC 80chitozan/chitosan	6,87	0,00	0,98	8,53

Objaśnienia: / Explanatory notes:

WPC 35 – koncentrat białek serwatkowych o zawartości białka 35 % / whey protein concentrate with protein content of 35 %; WPC 80 – koncentrat białek serwatkowych o zawartości białka 80 % / whey protein concentrate with protein content of 80 %; WPC 35 chitozan – koncentrat białek serwatkowych o zawartości białka 35 % po zastosowaniu chitozanu / whey protein concentrate with protein content of 35 % after application of chitosan; WPC 80 chitozan – koncentrat białek serwatkowych o zawartości białka 80 % po zastosowaniu chitozanu / whey protein concentrate with protein content of 80 % after application of chitosan.

Zawartość tłuszczu w roztworach białek serwatkowych wpływa w istotny sposób na właściwości pianotwórcze białek. Stwierdzono, że jeżeli występuje on w znacznych ilościach, zajmuje miejsce białek na granicy faz roztwór – powietrze, co jest głównym czynnikiem zmniejszającym powstawanie piany. Powoduje on zmniejszenie siły spoiwości otoczek białkowych pęcherzyków powietrza uwięzionych w roztworze [4, 7].

Piany uzyskane z koncentratów białek serwatkowych cechowały się istotnie ($p < 0,05$) mniejszą stabilnością w porównaniu ze stabilnością pian wyprodukowanych z EWP i EWP-W (tab. 2). Zastosowany w produkcji EWP-W środek spieniający (cytrynian trietylowy) pozwala, według informacji producenta, na osiągnięcie większej wydajności i stabilności pian. Stabilność pian z koncentratów białek serwatkowych o zredukowanej zawartości tłuszczu (WPC 35 chitozan i WPC 80 chitozan) istotnie ($p < 0,05$) wzrosła w porównaniu z roztworami tych preparatów przed zastosowaniem chitozanu (WPC 35 i WPC 80) (tab. 2). Nie stwierdzono istotnych różnic ($p > 0,05$) pod względem stabilności pian uzyskanych z EWP-W, EWP oraz WPC 80 chitozan.

Tabela 2. Wydajność pienienia, stabilność piany, spęcznienie piany i udział frakcji powietrza 10-procentowych roztworów koncentratów białek serwatkowych o deklarowanej zawartości białka 35 % i 80 % przed (odpowiednio WPC 35 i WPC 80) i po (odpowiednio WPC 35 chitozan i WPC 80 chitozan) zastosowaniu chitozanu jako czynnika wiążącego tłuszcz oraz 5-procentowych roztworów albuminy białka jaja kurzego (EWP) i wysokopienistej albuminy białka jaja kurzego (EWP-W)

Table 2. Foam yield, foam stability, foam overrun, and air phase fraction in 10% solutions of whey protein concentrates with declared protein content of 35 and 80% before (WPC 35 and WPC 80, respectively) and after application (WPC 35 chitosan and WPC 80chitosan, respectively) of chitosan as fat binding agent as well as of 5% solutions of natural albumin in egg white (EWP) and of egg white albumin white with high foaming activity (EWP-W)

Produkt Product	Wydajność pienienia Foam yield [%]	Stabilność piany Foam stability [%]	Spęcznienie piany Overrun [%]	Udział frakcji powietrza Air phase fraction (ϕ)
WPC 35	338,33 ^e ± 99,98	32,48 ^d ± 11,04	520,93 ^e ± 77,94	0,84 ± 0,02
WPC 35 chitozan/chitosan	721,67 ^b ± 45,49	93,56 ^b ± 2,41	750,77 ^a ± 97,89	0,88 ± 0,01
WPC 80	588,33 ^c ± 46,29	87,13 ^c ± 6,72	568,04 ^d ± 22,69	0,85 ± 0,01
WPC 80 chitozan/chitosan	776,67 ^a ± 22,29	98,06 ^a ± 1,99	636,80 ^b ± 20,24	0,86 ± 0,00
EWP	555,00 ^{cd} ± 62,74	97,63 ^{ab} ± 2,28	572,62 ^{cd} ± 55,37	0,85 ± 0,01
EWP-W	536,67 ^d ± 26,74	100,00 ^a ± 0,00	595,72 ^c ± 20,79	0,86 ± 0,00
R ²	0,89	0,96	0,68	-
SE	14,89	1,47	8,51	-

Objaśnienia: / Explanatory notes:

WPC 35, WPC 80, WPC 35 chitozan/chitosan; WPC 80 chitozan/chitosan – objaśnienia symboli jak pod tab. 1/ meaning of symbols as in Tab. 1; EWP – naturalna albumina białka jaja kurzego / natural albumin in egg white; EWP-W – wysokopienista albumina białka jaja kurzego / egg white albumin with high foaming activity white. W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values and standard deviations; a, b, c, d, e – wartości średnie w tej samej kolumnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values in the same column and denoted by different letters differ statistically significantly ($p < 0,05$); R² – współczynnik determinacji / coefficient of determination; SE – błąd standardowy / standard error.

Wydajność pienienia i stabilność piany zależy w dużej mierze od zawartości białka w roztworze. Piany otrzymane z roztworów o większej zawartości białka wykazują większą zwartość i stabilność, co wynika z większej grubości filmu na granicy faz [21].

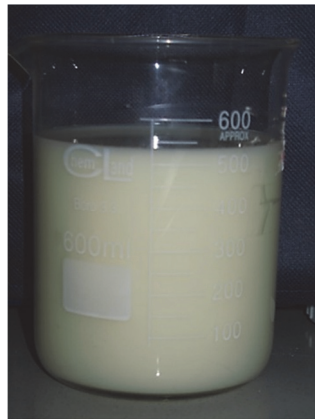
Yang i wsp. [19], badając właściwości pian uzyskiwanych z izolatów białek serwatkowych (WPI) i białka jaja kurzego, wykazali, że roztwór białka jaja tworzy piany o większej stabilności w porównaniu z WPI. Na podstawie badań własnych można stwierdzić, że istnieje możliwość produkcji stabilnych pian z preparatów

serwatkowych. Warunkiem koniecznym jest jednak redukcja zawartości tłuszczu. Patel i Kilara [16] wykazali, że niepożądane działanie tłuszczu na właściwości pianotwórcze białek różni się w zależności od formy tłuszczu. Tłuszcz wolny zajmuje miejsce białek na granicy faz roztwór – powietrze i zmniejsza stopień spienienia roztworu, natomiast związany tłuszcz osłabia sztywność filmu białek, co powoduje zmniejszenie trwałości pian [16].

Według Yanga i wsp. [19] istnieje ujemna liniowa korelacja między stabilnością pian a średnim rozmiarem pęcherzyków powietrza: małe początkowo pęcherzyki powietrza przyczyniają się do wyższej stabilności piany. Yang i Feogeding [20] zaobserwowali, że piany uzyskane z izolatów białek serwatkowych (WPI) szybciej zapadają się niż piany uzyskane z albuminy białka jaja kurzego EWP, a otoczka pęcherzyków powietrza uwięzionych w nich ulega szybszej degradacji. Powoduje to krótszy okres półtrwania pian z WPI w porównaniu z pianami uzyskanymi z EWP [20]. EWP tworzy piany o mniejszych, gęściej ułożonych oraz stabilniejszych pęcherzykach wykazujących większą odporność na działanie przyłożonej siły oraz o mniejszej podatności na załamanie [19].

Roztwór WPC 35 wykazywał najniższe wartości spęcznienia piany (520,9 %) spośród badanych preparatów (tab. 2). Należy jednak wspomnieć, że do analiz przygotowano 10-procentowe (m/v) roztwory w przypadku WPC 35 i WPC 80 i 5-procentowe (m/v) EWP i EWP-W. W roztworach WPC było najmniej białka.

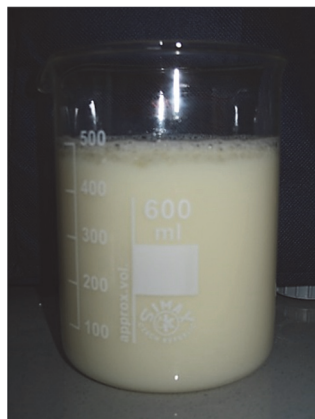
Maksymalną wartość spęcznienia piany uzyskuje się w przypadku roztworów o optymalnym stężeniu białka ($2 \div 8$ %), co wynika z właściwej lepkości fazy płynnej i grubości zaabsorbowanego filmu. Przy wyższych koncentracjach białka powstają piany o drobnych pęcherzykach powietrza, bardziej zwarte i stabilne. Przy większych zawartościach białka w roztworze adsorpcja zachodzi bardzo szybko, co powoduje, że pęcherzyk powietrza przechodząc przez roztwór białka, zostaje skutecznie „owinięty” przez film białka [21]. Spęcznienie pian uzyskanych z WPC 80 nie różniło się istotnie ($p > 0,05$) od pian z EWP (tab. 2), przy czym roztwory te różniły się stężeniem białka. Stwierdzono istotne różnice ($p < 0,05$) spęcznienia piany z preparatów przed zastosowaniem chitozanu i po nim, i to zarówno o zawartości białka 35, jak i 80 % (tab. 2). Niespodziewanie, największe spęcznienie pian uzyskano z WPC 35 chitozan (750,8 %). Prawdopodobnie inne czynniki, np. rozpuszczalność białek, ich hydrofobowość czy czynniki środowiskowe (np. temperatura podczas dokonywania pomiarów) mogły wpłynąć na otrzymane wyniki. Tym niemniej w celu jednoznacznego określenia przyczyn tego przypadku należałoby przeprowadzić w przyszłości dodatkowe badania.



A) WPC 35



B) WPC 35chitozan



C) WPC 80



D) WPC 80 chitozan

Fot. 1. Dziesięcioprocentowe roztwory wodne koncentratów białek serwatkowych o zawartości białka 35 % (A) i 80 % (C) i po zastosowaniu chitozanu jako czynnika wiążącego tłuszcz – WPC 35 chitozan (B) i WPC 80 chitozan (D)

Phot. 1. 10% solutions of whey protein concentrates with protein contents of 35 and 80% before (WPC 35 and WPC 80, respectively) and after application of chitosan as fat binding agent: WPC 35 chitozan (B) and WPC 80 chitozan (D)

Kontrola i prognozowanie właściwości reologicznych układu dyspersyjnego, który stanowią piany, są szczególnie ważne ze względu na stabilność tworzących się struktur oraz teksturę produktów z ich udziałem [3]. Jak podają Davis i Foegeding [3], udział frakcji powietrza (ϕ) w pianach stanowi najważniejszy czynnik fizyczny wpływający na właściwości reologiczne pian. Wraz z przemianą fazową, polegającą na przejściu od lepkich płynów do powstałych struktur, wartość ϕ wzrasta od zera do war-

tości $\phi_{rcp} \approx 0,64$ [11]. Powyżej $\phi_{rcp} \approx 0,64$ sferyczne pęcherzyki zaczynają się stykać, tworząc tak zwaną pianę wielościenną lub suchą [3]. Udział frakcji powietrza (ϕ), obliczony na podstawie równania (4), został przedstawiony w tab. 2. Wszystkie piany wykazywały $\phi \geq 0,84$, a więc powyżej wartości ϕ_{rcp} , co oznacza, że mogą być rozpatrywane jako piany, w których pęcherzyki powietrza mają kształt zbliżony do wielościanu.

Interesujących wyników dostarczyła obserwacja badanych roztworów. Na fot. 1. przedstawiono roztwory preparatów serwatkowych przed zastosowaniem chitozanu i po nim.

Tłuszcz obecny w serwatce jest przyczyną mętności produktów z niej otrzymanych, co ogranicza możliwość zastosowania badanych preparatów nieodtuszczonych w produktach, w których klarowność jest istotna. Zmniejszenie mętności roztworów było wynikiem związania kuleczek tłuszczowych, fosfolipidów oraz pozostałości barwnika przez chitozan [10]. Dzięki zmniejszonej mętności roztwory białek odtuszczonych mogą być wykorzystywane do wzbogacania w białka serwatkowe produktów niemlecznych, takich jak soki czy napoje.

Wnioski

1. Zastosowanie chitozanu jako czynnika wiążącego tłuszcz przyczyniło się do znaczącej redukcji zawartości tego składnika w badanych koncentratkach.
2. Roztwory WPC 35 chitozan i WPC 80 chitozan cechowały się większą ($p < 0,05$) wydajnością pienienia w porównaniu z odpowiednikami WPC 35 i WPC 80 (bez stosowania chitozanu). Wydajność pienienia tych roztworów była większa ($p < 0,05$) aniżeli wydajność roztworów albuminy białka jaja kurzego EWP i EWP-W, przy czym do badań zastosowano roztwory o różnym stężeniu białka.
3. Zastosowanie chitozanu jako czynnika wiążącego tłuszcz wpłynęło na poprawę spęcznienia pian uzyskanych z badanych koncentratów. Koncentraty białek serwatkowych po zastosowaniu chitozanu (WPC 35 chitozan i WPC 80 chitozan) charakteryzowały się wyższymi ($p < 0,05$) wartościami spęcznienia pian niż roztwory przed zastosowaniem chitozanu (WPC 35 i WPC 80), jak również w porównaniu z pianami EWP i EWP-W.
4. Stabilność pian otrzymanych z roztworów koncentratów białek serwatkowych po zastosowaniu chitozanu (WPC 35 chitozan i WPC 80 chitozan) była wyższa ($p < 0,05$) niż przed zastosowaniem chitozanu (WPC 35 i WPC 80) i porównywalna z EWP i EWP-W.
5. Zastosowanie chitozanu do zmniejszenia zawartości tłuszczu w WPC przyczyniło się do znacznego zmniejszenia ich mętności.

Literatura

- [1] AOAC. Official Methods of Analysis. Metoda 991.20; 33.2.11. 17th ed. AOAC, Gaithersburg, MD, 2007.
- [2] Damodaran S.: Removing lipids from cheese whey using chitosan. US patent nr 5436014. 1995.
- [3] Davis J.P., Foegeding E.A.: Comparisons of the foaming and interfacial properties of whey protein isolate and egg white proteins. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2007, **54**, 200-210.
- [4] Díaz O., Pereira C.D., Cobos A.: Functional properties of ovine whey protein concentrates produced by membrane technology after clarification of cheese manufacture by-products. *Food Hydrocoll.*, 2004, **18**, 601-610.
- [5] Evans J., Żulewska J., Newbold M., Drake M.A., Barbano D.M.: Comparison of composition, sensory, and volatile components of thirty-four percent whey protein and milk serum protein concentrates. *J. Dairy Sci.*, 2009, **92**, 4773-4791.
- [6] Foegeding E.A., Luck P.J., Davis J.P.: Factors determining the physical properties of protein foams. *Food Hydrocoll.*, 2006, **20**, 284-292.
- [7] Heino A.T., Uusi-Rauva J.O., Rantamäki P.R., Tossavainen O.: Functional properties of native and cheese whey protein concentrate powders. *Int. J. Dairy Technol.*, 2007, **60**, 277-285.
- [8] Huffman L.M., Harper W.J.: Maximizing the value of milk through separation technologies. *J. Dairy Sci.*, 1999, **82**, 2238-2244.
- [9] Hwang D-H., Damodaran S.: Selective precipitation and removal of lipids from cheese whey using chitosan. *J. Agric. Food Chem.*, 1995, **43**, 33-37.
- [10] Lucey J.A., Jarto I., Smith K.E., Damodaran S.: Low Fat, Clear, Bland Flavored Whey Products. US patent nr 2010/0028525. 2010.
- [11] Mason T.G.: New fundamental concepts in emulsion rheology. *Curr. Opin. Coll. Inter. Sci.*, 1999, **4** (3), 231-238.
- [12] Mleko S., Kristinsson H.G., Liang Y., Gustaw W.: Rheological properties of foams generated from egg albumin after pH treatment. *LWT*, 2007, **40**, 908-914.
- [13] Morr C.V., Ha E.Y.W.: Off-flavors of whey protein concentrates: A literature review. *Int. Dairy J.*, 1991, **1**, 1-11.
- [14] Nastaj M.: Wpływ zmiennego czasu ubijania na właściwości reologiczne pian otrzymywanych z różnych preparatów białek serwatkowych i sproszkowanej albuminy jaja. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, **6** (67), 37-46.
- [15] Nastaj M.: Wpływ chlorku sodu na właściwości reologiczne pian otrzymywanych z albuminy wysokopienistej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **5** (84), 113-123.
- [16] Patel M.T., Kilara A.: Studies on whey protein concentrates. 2. foaming and emulsifying properties and their relationships with physicochemical properties. *J. Dairy Sci.*, 1990, **73**, 2731-2740.
- [17] Pearce R.J., Marshall S.C., Dunkerley J.A.: Reduction of lipids in whey protein concentrates by microfiltration – effect on functional properties. *Int. Dairy Fed.*, 1992. Special Issue 9201. IDF, Bruksela.
- [18] PN-ISO 488:2002. Mleko. Oznaczanie zawartości tłuszczu. Tłuszczomierze Gerbera.
- [19] Yang X., Berry T.K., Foegeding E.A.: Foams prepared from whey protein isolate and egg white protein: 1. Physical, microstructural, and interfacial properties. *J. Food Sci.*, 2009, **74**, 259-268.
- [20] Yang X., Foegeding E.A.: The stability and physical properties of egg white and whey protein foams explained based on microstructure and interfacial properties. *Food Hydrocoll.*, 2011, **25**, 1687-1701.
- [21] Zayas J.F.: *Functionality of food proteins*. Springer, New York 1997.
- [22] Żulewska J., Newbold M.W., Barbano D.M.: Efficiency of serum protein removal from skim milk with ceramic and polymeric membranes at 50°C. *J. Dairy Sci.*, 2009, **92** (4), 1361-1377.

FOAMING PROPERTIES OF REDUCED-FAT WHEY PROTEIN CONCENTRATES**S u m m a r y**

Whey proteins have practical significance on grounds of their nutritive and functional values. However, the presence of fat negatively affects their flavour and foaming properties. The objective of the research was to determine the effect of fat content on foaming properties of whey protein concentrates. Whey protein concentrates, those with fat and those with fat reduced by chitosan, were compared as regards their foaming properties; all of them had a declared protein content of 35 % (WPC 35) and of 80 % (WPC 80). Furthermore, the foaming properties of whey proteins were compared with those of albumin in egg white (EWP). Upon the application of chitosan, the whey protein solutions, i.e. WPC 35 chitosan and WPC 80 chitosan, showed a higher foaming yield level (respectively: 721.7 % and 776.7 %) than that of WPC 35 and WPC 80 (respectively: 338.3 % and 588.3 %) and of EWP and EWP-W (respectively: 555.0 % and 536.7 %). The solutions of WPC 35 chitosan and WPC 80 chitosan showed higher values of foam overrun (750.8 % and 636.8 %, respectively) than the solutions of WPC 35 and WPC 80 (520.93 %, 568.0 %) and than the natural albumin in egg white (EWP) and the albumin of high foaming activity in egg white (EWP-W) (572.6 % and 595.7 %, respectively). The stability of foams produced from WPC 35 chitosan and WPC 80 chitosan solutions was higher (93.6 % and 98.1 %, respectively) compared to the foam stability produced from WPC 35 solution (32.5 %) and from WPC 80 solution (87.1 %); it was comparable with the foam stability from EWP (97.6 %) and EWP-W (100.0 %). The application of chitosan contributed to a significant decrease in turbidity of WPC.

Key words: whey protein concentrates (WPC), chitosan, foaming properties, albumin in egg white ☒