

JERZY SZPENDOWSKI, JACEK ŚWIGOŃ

MIKROSTRUKTURA I WŁAŚCIWOŚCI FUNKCJONALNE KAZEINIANÓW OTRZYMANÝCH METODĄ EKSTRUZJI

Streszczenie

Określono właściwości fizykochemiczne, funkcjonalne, wygląd i mikrostrukturę kazeinianu sodu, potasu oraz wapnia, które otrzymywano przemysłowo metodą ekstruzji. Kazeinian sodu i potasu charakteryzował się porowatą strukturą, najwyższą rozpuszczalnością w wodzie (89,8–90%), zdolnością absorpcji wody (4,05–4,67 g wody/1g preparatu) i tłuszczu (360–370 g tłuszczu/100 g białka) oraz emulgowania tłuszczu (87–90,3%). Kazeinian wapnia wykazywał zwartą, upakowaną mikrostrukturę, niższą rozpuszczalność w wodzie (84,2%), zdolność absorpcji wody (1,39 g wody/ 1g preparatu) i tłuszczu (320 g oleju/100 g białka) oraz gorsze właściwości emulgujące (84,2%). Stwierdzono, że mikrostruktura kazeinianów była ważnym czynnikiem wpływającym na ich właściwości funkcjonalne.

Słowa kluczowe: kazeiniany, mikrostruktura, skład chemiczny, właściwości funkcjonalne

Wstęp

Kazeiniany, czyli sole kazeiny, charakteryzują się dobrymi właściwościami funkcjonalnymi, takimi jak: zdolność wiązania wody i tłuszczu, emulgowania tłuszczu i stabilizowania emulsji oraz tworzenia piany. Znajdują zastosowanie jako atrakcyjne dodatki funkcjonalne w przemyśle mięsny, mleczarskim, garmazeryjnym, piekarniczym, koncentratów spożywczych, poprawiając jakość wielu produktów spożywczych [3, 4, 7, 15]. Najczęściej opisywanym w pracach badawczych jest kazeinian sodu, produkowany dawniej metodą zbiornikową, a obecnie ekstruzyjną [18]. W literaturze przedmiotu niewiele jest publikacji dotyczących możliwości produkcji oraz charakterystyki kazeinianu potasu i wapnia, które ze względu na odmienne właściwości funkcjonalne i odżywcze, w porównaniu z kazeinianem sodu [11], mogą być również stosowane w przetwórstwie spożywczym.

Celem badań podjętych w niniejszej pracy było określenie wpływu procesu ekstruzji na mikrostrukturę kazeinianu sodu, wapnia i potasu oraz kształtowanie wybranych właściwości fizykochemicznych i funkcjonalnych tych koncentratów białkowych.

Materiał i metody badań

Kazeiniany otrzymywano w skali przemysłowej przy użyciu linii technologicznej, wyposażonej w dwuślimakowy czterosekcyjny ekstruder CLEXTRAL BC 92 wraz z urządzeniami pomocniczymi do przemiału surowca (kazeiny kwasowej) oraz produktów (kazeinianu sodu, wapnia i potasu). Proces ekstruzji prowadzono w temp. 110-120°C, przy wilgotności surowca – kazeiny 8-10% i granulacji 60 mesh. Kazeinę kwasową neutralizowano w ekstruderze do pH 6,6-6,9 stosując dodatek 20% roztworu wodorotlenku sodu, wapnia lub potasu, dzięki czemu otrzymywano różne kazeiniany. Przeprowadzono po 8 produkcji doświadczalnych, stosując jako surowiec kazeinę klasy ekstra.

W wyprodukowanych kazeinianach oznaczano zawartość wody, białka, tłuszczu i popiołu według AOAC [1], natomiast laktozy metodą fenolową według IDF [6].

Mikrostrukturę i wygląd preparatów białkowych badano metodą mikroskopii elektronowej skaningowej (SEM). Preparaty nanoszono na krążki węglowe, a następnie napyłano węglem i złotem przy użyciu napyłarki próżniowej Jeol JEE-4X (Japonia). Gotowe próbki poddawano obserwacji przy użyciu mikroskopu elektronowego skaningowego Jeol 5200 (Japonia) przy napięciu przyspieszającym 15 kV. Wykonano serię zdjęć, które były podstawą opisu mikrostruktury preparatów.

Ciężar nasypowy oznaczano według Polskiej Normy [16].

Rozpuszczalność białka oznaczano wg Morra i wsp. [14]. Do zlewki o pojemności 150 cm³ wprowadzano 40 cm³ 0,1 M roztworu NaCl zawierającego 500 mg kazeinianu. Kwasowość roztworu korygowano przy użyciu 0,1 M HCl lub NaOH. Roztwór mieszano w ciągu 1 godz., a następnie przenoszono do kolbek miarowych o pojemności 50 cm³ i uzupełniano do kreski 0,1 M roztworem NaCl. Po dokładnym wymieszaniu próbkę przenoszono do probówek wirowniczych i wirowano w ciągu 30 min przy 20000 g. Supernatant sączono przez bibułę filtracyjną Whatman N°1. Zawartość białka oznaczano metodą Kjeldahla, stosując przelicznik 6,38. Rozpuszczalność obliczano z równania:

$$p = [100 \cdot (b \cdot c / 100)^{-1}] \cdot 100$$

gdzie: p – rozpuszczalność białka [%],

a – zawartość białka w supernatancie [mg/1cm³],

b – masa próbki [mg],

c – zawartość białka w próbce [mg].

Oznaczenie zdolności wiązania wody prowadzono wg Chojnowskiego [2] w modyfikacji własnej. Do próbówki wirowniczej o pojemności 100 cm³ odważano 1 g preparatu, dodawano 10 cm³ wody destylowanej o temp. 20°C i po dokładnym wymieszaniu pozostawiano na 3 godz. Następnie próbkę wirowano przy 2500 g przez 30 min. Roztwór z nad osadu zlewano do zważonego naczynka wagowego ze zwiniętym paskiem bibuły (60 cm·1 cm), a następnie odparowywano w ciągu 2 godz. w temp. 60°C, i suszono do stałej masy w temp. 105°C. Ilość związanej wody przez 1 g preparatu obliczano z równania:

$$Z = [m - (z - s)](z - s) - 1,$$

gdzie: m – masa mokrego osadu pozostającego w próbówce wirowniczej [g],

z – masa próby [g],

s – masa preparatu pozostającego w naczynku wagowym po wysuszeniu [g].

Absorpcję tłuszczu oznaczano wg Hermansson [5] w modyfikacji własnej. Do próbówki wirowniczej o pojemności 100 cm³ odważano próbkę odpowiadającą 2,5 g białka i dodawano porcjami 50 cm³ oleju sojowego o temp. 20°C, a następnie całość mieszano przy użyciu bagietki szklanej. Po 10 min łagodnego mieszania próbkę wirowano przez 10 min przy 1600 g, a następnie niezaabsorbowany olej zlewano i określano jego objętość. Absorpcję tłuszczu wyrażano w cm³ oleju zaabsorbowanego przez 100 g białka, korzystając z równania:

$$FA = (50 - d)(w \cdot 100) - 1,$$

gdzie: d – ilość zdekantowanego oleju [cm³],

w – naważka białka [g].

Wydajność emulgowania oleju określano wg metody opisanej przez Świderskiego [20] w modyfikacji własnej. Do 10 cm³ 1% roztworu NaCl zawierającego 0,1g kazeinianu dodawano 5 cm³ oleju sojowego. Celem otrzymania emulsji podstawowej mieszaninę homogenizowano w ciągu 10 min przy prędkości obrotowej mieszadła 1200 r.p.m. Następnie nie przerywając mieszania wkraplano olej do momentu załamania emulsji, który był sygnalizowany gwałtownym wzrostem oporności elektrycznej układu. Wydajność emulgowania (FO) oznaczano w 8 powtórzeniach i wyrażano jako procent fazy olejowej.

$$FO = O / (W + O) \cdot 100,$$

gdzie: O – całkowita objętość fazy olejowej [cm³],

W – objętość fazy wodnej [cm³].

Stabilność emulsji oznaczano metodą opisaną przez Świderskiego [20] w modyfikacji własnej. Do 60 cm³ 3% roztworu kazeinianu sodu dodawano 1,5 g NaCl i homogenizowano przy użyciu aparatu ULTRA-TURRAX T 25 (z końcówką t. S-25) firmy Kanke & Kunkel, przy prędkości mieszadła 10000 r.p.m. Kolejno do roztworu dodawano małymi porcjami 30 cm³ oleju sojowego i każdorazowo mieszaninę podda-

wano homogenizacji w ciągu 5 min. Próbkę emulsji zanurzano w łaźni wodnej o temp. 85°C na okres 15 min. Po ochłodzeniu próbek do temp. 20°C wirowano je przy 1200 g przez 15 min. Stabilność emulsji (S) wyrażano jako % związanego oleju.

$$S = a/b \cdot 100,$$

gdzie: a – objętość nieodwirowanego oleju [cm³],

b – całkowita objętość oleju [cm³].

Właściwości pianotwórcze oznaczano wg Świdzkiego [20] w modyfikacji własnej. 1% roztwory kazeinianu ubijano mikserem (Kenwood Chef) w ciągu 5 min. Odczytywano całkowitą objętość spienionego roztworu. Próbkę pozostawiano na 30 min i ponownie odczytywano objętość spienionego roztworu.

Wydajność pienienia (FC) obliczano:

$$FC = a/b \cdot 100,$$

gdzie: a – objętość spienionego roztworu [cm³],

b – objętość początkowa roztworu [cm³].

Stabilność piany (FS) obliczano:

$$FS = c/a \cdot 100,$$

gdzie: c – objętość roztworu po 30 min [cm³],

a – początkowa objętość roztworu [cm³].

Wyniki i dyskusja

Porównując podstawowy skład chemiczny kazeiny, użytej jako surowca, z otrzymanymi kazeinianami (tab. 1) można stwierdzić, że zawartość białka, tłuszczu i laktozy nie ulegały wyraźnym zmianom. Blisko 2-krotny wzrost zawartości popiołu w kazeinianach jest efektem dodatku związków neutralizujących kazeinę w procesie ekstruzji. W wyniku gwałtownego spadku ciśnienia po opuszczeniu dyszy wylotowej ekstrudera zachodziło intensywne parowanie wody, stąd jej zawartość w kazeinianach była niższa niż w kazeinie przed ekstruzją.

Ciężar nasypowy (tab. 2) kazeinianu sodu (0,42 g/cm³) oraz kazeinianu potasu (0,45 g/cm³) był niższy niż kazeinianu wapnia (0,56 g/cm³) i kazeiny kwasowej (0,61 g/cm³). Wyższy ciężar nasypowy sugeruje istnienie bardziej upakowanej struktury tych preparatów białkowych.

Zależność tę potwierdziły badania mikrostruktury preparatów przy użyciu skaningowej mikroskopii elektronowej (fot. 1-4). Preparat kazeiny kwasowej w obrazie z mikroskopu elektronowego (fot. 1) stanowił zaglomerowane formy skupionych podjednostek (2–20 μm) oraz tworów wielopłaszczyznowych z ukształtowaną fibrylarną strukturą. Preparat miał silnie upakowaną strukturę cząstek. W czasie procesu technologicznego, wskutek koagulacji nastąpiło zespolenie pojedynczych podjednostek w

Tabela 1

Podstawowy skład chemiczny badanych preparatów.
Basic chemical composition of examined preparations.

Rodzaj preparatu Kind of preparation	Zawartość składników [%] / Content of components [%]				
	białko protein	wilgotność moisture	tłuszcz fat	laktoza lactose	popiół ash
Kazeina Casein	88,97 (\pm 1,54)	8,61 (\pm 0,38)	1,47 (\pm 0,11)	0,58 (\pm 0,06)	2,11 (\pm 0,11)
Kazeinian sodu Sodium caseinate	88,46 (\pm 1,49)	6,20 (\pm 0,38)	1,37 (\pm 0,08)	0,54 (\pm 0,05)	3,71 (\pm 0,17)
Kazeinian potasu Potassium caseinate	88,62 (\pm 1,39)	5,23 (\pm 0,27)	1,43 (\pm 0,09)	0,55 (\pm 0,04)	4,01 (\pm 0,19)
Kazeinian wapnia Calcium caseinate	89,64 (\pm 1,62)	6,57 (\pm 0,29)	1,37 (\pm 0,07)	0,52 (\pm 0,05)	3,55 (\pm 0,14)

Wyniki są średnią z 8 prób analizowanych w 2 powtórzeniach.
Results are means for 8 samples analysed in duplicat.
(\pm) – odchylenie standardowe / standard deviation.

Tabela 2

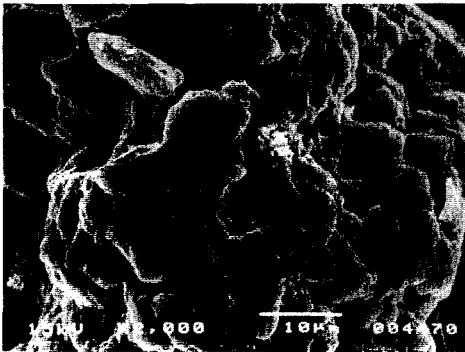
Właściwości hydrofilne i ciężar nasypowy badanych preparatów.
Hydrophilic properties and bulk density of examined preparations.

Rodzaj preparatu Kind of preparations	Rozpuszczalność [N rozp./N ogół.] Solubility [N soluble/N total]	Zdolność wiązania wody [g wody/1 g preparatu] Water absorption capacity [g water/1g of preparation]	Ciężar nasypowy [g/cm ³] Bulk density [g/cm ³]
Kazeina Casein	1,26 (\pm 0,14)	1,14 (\pm 0,07)	0,61 (\pm 0,02)
Kazeinian sodu Sodium caseinate	89,8 (\pm 1,62)	4,67 (\pm 0,15)	0,42 (\pm 0,02)
Kazeinian potasu Potassium caseinate	90,0 (\pm 1,72)	4,05 (\pm 0,22)	0,45 (\pm 0,01)
Kazeinian wapnia Calcium caseinate	84,7 (\pm 1,28)	1,39 (\pm 0,13)	0,56 (\pm 0,02)

Wyniki są średnią z 8 prób analizowanych w ośmiu powtórzeniach.
Results are means for 8 samples analysed in eight repetitions.
(\pm) – odchylenie standardowe / standard deviation.

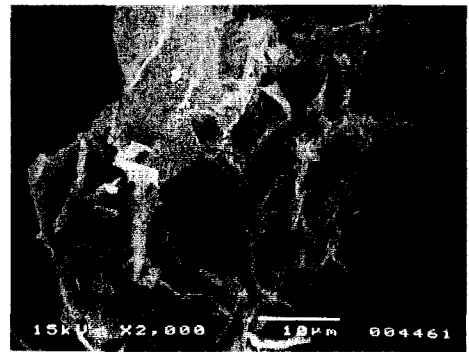
większe jednostki powyżej 20 μm , a te łączyły się w większe skupiska skrzepu kazeinowego, tworząc włókniste formy białkowe. Struktura fibrylarna jest charakterystyczna dla tego rodzaju polimerów. Odmienne obrazy SEM w stosunku do kazeiny uzyskano badając kazeiniany otrzymane metodą ekstruzji (fot. 2-4). Mikrostruktura kaze-

inianu sodu (fot. 2) stanowiła bardzo porowate, pierzasto ukształtowane i cienkościennie struktury. Dobrze rozwinięta struktura tego preparatu decyduje prawdopodobnie o jego zdolnościach hydrofilowych. Kazeinian potasu (fot. 3) był preparatem o zróżnicowanych bryłowatych i blaszkowatych kształtach oraz różnych wymiarach cząstek. Obiekty w polu widzenia miały wielkość od kilku do około 50 μm . Niektóre cząstki charakteryzowały się bardzo rozwiniętą, porowatą strukturą, co pozwala sądzić, że kazeinian potasu będzie charakteryzował się podobnymi właściwościami funkcjonalnymi jak kazeinian sodu. Obraz mikroskopowy kazeinianu wapnia (fot. 4) odbiega istotnie od omawianych wcześniej kazeinianów. Preparat ten był stosunkowo jednorodny o upakowanej strukturze cząstek. Na powierzchni cząstek widoczne były ściśle przylegające warstwy substancji białkowej w kształcie łusek. Wyraźne upakowanie kazeinianu wapnia było prawdopodobnie efektem tworzenia się w procesie ekstruzji wiązań poprzecznych pomiędzy łańcuchami białkowymi za pośrednictwem wapnia, co skutkowało znaczną zwężnością struktury.



Fot. 1. Mikrostruktura kazeiny kwasowej przed ekstruzją.

Fig. 1. Microstructure of acid casein before extrusion.



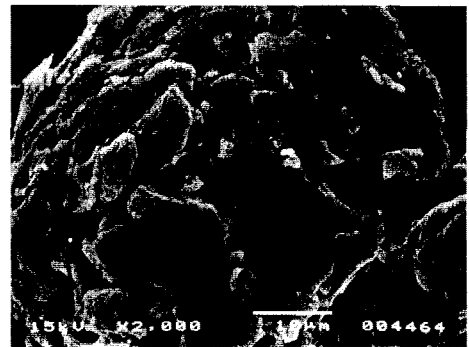
Fot. 2. Mikrostruktura kazeinianu sodu.

Fig. 2. Microstructure of sodium caseinate.



Fot. 3. Mikrostruktura kazeinianu potasu.

Fig. 3. Microstructure of potassium caseinate.



Fot. 4. Mikrostruktura kazeinianu wapnia.

Fig. 4. Microstructure of calcium caseinate.

Skaningowa mikroskopia elektronowa jest narzędziem badawczym, stosowanym m.in. do oceny właściwości preparatów białek mleka [9, 13, 19, 21]. Tossaavainen i wsp. [22] wykazali, że dzięki silnie porowatej strukturze kazeinianu sodu otrzymanego metodą ekstruzji, preparat ten charakteryzuje się znacznie lepszą rozpuszczalnością w wodzie, w porównaniu z kazeinianem sodu wyprodukowanym klasyczną metodą zbiornikową i suszonym rozpryskowo.

Rozpuszczalność w wodzie jest jedną z najważniejszych właściwości preparatów białkowych. Kazeina rozpuszczała się zaledwie w 1,26% (tab. 2). Natomiast kazeiniany rozpuszczały się w granicach od 84,7% (kazeinian wapnia) do 90,0% (kazeinian potasu). Korzystniejsze wyniki rozpuszczalności kazeinianu sodu (97–100%), otrzymanego metodą ekstruzji kazeiny neutralizowanej kwaśnym węglanem sodu, stwierdzili Tossavainen i wsp. [22].

Najwyższą zdolnością wiązania wody (4,67 g wody/1 g) charakteryzował się kazeinian sodu, a najniższą (1,39 g/ wody 1 g) kazeinian wapnia. Natomiast kazeina przed ekstruzją wiązała zaledwie 1,14 g wody/1 g preparatu. Potwierdza to nasze wcześniejsze badania [19, 21], że preparaty białkowe o dobrze rozwiniętej strukturze lepiej chłoną i wiążą wodę w porównaniu z preparatami o bardziej zwartych i upakowanych cząstkach. Zdolność wiązania wody zależy również od stopnia dostępności obszarów hydrofilowych w białku, siły jonowej, temperatury i odczynu (pH) środowiska [10].

Właściwości pianotwórcze są jednym z wyróżników charakteryzujących aktywność powierzchniową hydrokoloidów białkowych stosowanych jako dodatki funkcjonalne do żywności. Z przeprowadzonych badań wynika (tab. 3), że najwyższą wydajnością pienienia w środowisku kwaśnym (720% wzrostu objętości piany) charakteryzował się kazeinian wapnia, natomiast najniższą (440%) kazeinian potasu. W środowisku alkalicznym zdolności pianotwórcze badanych kazeinianów były nieco wyższe. Odczyn środowiska decydował o stabilności piany. W kwaśnym środowisku (pH 3) kazeinian potasu tworzył w 100% stabilną pianę, a kazeinian sodu w 40%. Piany ubite w środowisku alkalicznym ulegały natychmiastowej destabilizacji. Według Świdarskiego [20], kwasowość ubijanego roztworu wpływa zarówno na przebieg procesu pienienia, jak również na stabilność piany, dzięki bezpośredniemu wpływowi na ładunek i strukturę białka. Sikorski [17] stwierdza, że właściwości pianotwórcze białka nie są związane z jego rozpuszczalnością, lecz głównie ze stopniem zdyspergowania. Kinsella [8] podkreśla wpływ kształtu naczynia, profilu mieszadła i intensywności mieszania na wartość wyróżników właściwości pianotwórczych preparatów białkowych.

Ważnymi cechami decydującymi o przydatności preparatów białkowych w produkcji wyrobów opartych na różnych układach emulsyjnych są właściwości lipofilne tych preparatów. Badane kazeiniany absorbowały olej w ilości od 320 do 370 cm³/100 g białka, co potwierdzają prace Kiszy i Juśkiewicza [9]. Najwyższą natomiast wydaj-

nością emulgowania tłuszczu (90,3%) charakteryzował się kazeinian potasu, a najniższą (84,2%) kazeinian wapnia. Wszystkie kazeiniany tworzyły prawie w 100% stabilną emulsję. Stabilność emulsji białkowych według Lemana [12] zależy od właściwości błonki międzyfazowej (grubości, właściwości reologicznych, ładunku elektrycznego, stopnia hydratacji), kwasowości środowiska, temperatury, siły jonowej oraz parametrów technologicznych tworzenia emulsji (siły ścinania, temperatury, lepkości, stopnia dyspersji oleju).

Tabela 3

Wpływ pH na właściwości pianotwórcze 5% roztworów wodnych badanych kazeinianów.
Effect of pH on foaming properties of 5% water solutions of examined caseinates.

Kazeinian Caseinate	Wydajność pienienia [%] Foaming capacity [%]		Stabilność piany [%] Foam stability [%]	
	pH 3	pH 8	pH 3	pH 8
Kazeinian sodu Sodium caseinate	560 (± 20)	640 (± 30)	40 (± 5)	0
Kazeinian potasu Potassium caseinate	440 (± 30)	450 (± 40)	100 (± 10)	0
Kazeinian wapnia Calcium caseinate	720 (± 50)	760 (± 60)	90 (± 8)	0

Wyniki są średnią z 8 prób analizowanych w ośmiu powtórzeniach.

Results are means for 8 samples analysed in eighth repetitions.

(±) – odchylenie standardowe / standard deviation.

Tabela 4

Właściwości lipofilne kazeinianów.

Lipophilic properties of caseinates.

Kazeinian Caseinate	Absorpcja tłuszczu [cm ³ oleju/100 g białka] Fat absorption	Wydajność emulgowania [%] Emulsifying capacity	Stabilność emulsji o/w [%] o/w Emulsion stability
	[cm ³ of oil/100 g of protein]	[%]	[%]
Kazeinian sodu Sodium caseinate	370 (± 20)	87,0 (± 0,7)	99,0 (± 0,5)
Kazeinian potasu Potassium caseinate	360 (± 20)	90,3 (± 0,8)	99,0 (± 0,4)
Kazeinian wapnia Calcium caseinate	320 (± 15)	84,2 (± 0,6)	100

Wyniki są średnią z 8 produktów analizowanych w ośmiu powtórzeniach.

Results are means for 8 different products analysed in eighth repetitions.

(±) – odchylenie standardowe / standard deviation.

Na podstawie wyników badań uzyskanych w niniejszej pracy wykazano, że mikrostruktura kazeinianów wpływa istotnie na kształtowanie się niektórych ich właściwości funkcjonalnych, zwłaszcza tych, w których uczestniczą oddziaływania powierzchniowe. Kazeiniany: sodu i potasu, charakteryzujące się dobrze rozwiniętą porowatą strukturą, wykazywały niższy ciężar nasypowy, lepszą rozpuszczalność w wodzie, zdolność wiązania wody i tłuszczu oraz emulgowania tłuszczu w porównaniu z kazeinianem wapnia o zwartej, upakowanej strukturze cząstek.

Wnioski

1. Metoda ekstruzji pozwala otrzymywać kazeiniany, które, w zależności od rodzaju związku chemicznego użytego do neutralizacji kazeiny kwasowej w tym procesie, charakteryzowały się zróżnicowanymi właściwościami fizykochemicznymi i funkcjonalnymi.
2. Kazeiniany sodu i potasu otrzymywane metoda ekstruzji charakteryzowały się dobrze rozbudowaną i rozwiniętą przestrzennie porowatą strukturą, w przeciwieństwie do kazeinianu wapnia wykazującego zwartą i upakowaną strukturę.
3. W badaniach właściwości funkcjonalnych wykazano, że najwyższą rozpuszczalnością w wodzie, zdolnością wiązania wody i tłuszczu oraz emulgowania tłuszczu charakteryzował się kazeinian sodu, natomiast najlepszymi zdolnościami pianotwórczymi charakteryzował się kazeinian wapnia.

Literatura

- [1] AOAC: Official Method of Analysis, 14th ed., Associations of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia 1984.
- [2] Chojnowski W.: Technologia, charakterystyka i zastosowanie koncentratów białkowych z mleka. Praca doktorska, ART, Olsztyn 1975.
- [3] Czajka J., Sudnik M., Zalewski S.: Zastosowanie krajowego kazeinianu sodu jako zamiennika mięsa w wyrobach garmażeryjnych. *Przem. Spoż.*, 1985, 6, 179-181.
- [4] Giese J.: Proteins as ingredients: types, functions, applications. *Food Technol.*, 1994, 10, 50-60.
- [5] Hermansson A.M.: Functional properties of proteins for food-swelling. *Lebensm.-Wiss. u. Techn.*, 1972, 5, 24-29.
- [6] International Standard FIL/IDF: Casein and caseinates. Determination of lactose content – photometric method. 1989, 106, 1.
- [7] Jakubczyk T., Bartnik M.: Wykorzystanie produktów mleczarskich w przetwórstwie zbożowym. *Przem. Spoż.*, 1988, 8-9, 255-258.
- [8] Kinsella J.E.: Milk proteins: physicochemical and functional properties, *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 1985, 3, 197-210.
- [9] Kiszka J., Juśkiewicz M.: Charakterystyka różnych preparatów białkowych pozyskiwanych z mleka. *Acta Acad. Agricult. Techn. Olst.*, 1996, 29, 37-55.

- [10] Kneifel W., Seiler A.: Water – holding properties of milk products – a review. *Food Structure*, 1993, **12**, 297-308.
- [11] Lawson M.A.: Milk proteins as food ingredients. *Food Techn.*, Special Report II, 1994, **10**, 101-102.
- [12] Leman J., Haque Z., Kinsella J.E.: Zastosowanie metody turbidymetrycznej do badania właściwości emulsyjnej albuminy wołowej serum. *Acta Acad. Agricult. Techn. Olst.* 1989, **23**, 91-101.
- [13] Mistry V.V., Hassan H.N., Robison D.J.: Effect of lactose and protein on the microstructure of dried milk. *Food Structure*, 1992, **11**, 73-82.
- [14] Morr C.V., German B., Kinsella J.E., Regenstein J.E., van Buren J.P., Kilara A., Lewis B.A., Mangina M.E.: A collaborative study to develop a standardized food protein solubility procedure. *J. Food Sci.*, 1985, **50**, 1715-1718.
- [15] Pisula A.: Możliwość stosowania preparatów białek mleka w przetwórstwie mięsnym w Polsce. *Przem. Spoż.*, 1988, **8-9**, 259-261.
- [16] PN-78/86030. Mleko i przetwory mleczarskie. Mleko w proszku. Metody badań.
- [17] Sikorski Z.E. (red.): Chemiczne i funkcjonalne właściwości składników żywności. WNT, Warszawa 1996.
- [18] Szpendowski J., Śmietana Z., Panfil-Kuncewicz H.: Characteristics of physico-chemical properties of sodium caseinate produced batchwise and by extrusion method. *Acta Acad. Agricult. Techn. Olst.* 1998, **30**, 71-81.
- [19] Szpendowski J., Cierach M., Śmietana Z., Wilczewska J.: Physico-chemical and functional properties of caseinate obtained by extrusion cooking. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2001, **10**, 13-18.
- [20] Świdorski F.: Technologia przemysłowej produkcji potraw. WNT, Warszawa 1989.
- [21] Świgoń J., Szpendowski J., Śmietana Z.: Microstructure of some dried dairy products. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 1998, **7**, 102-107.
- [22] Tossavainen O., Hakulin S., Kervinen R., Myllymaki O., Linko P.: Neutralisation of acid casein in a twin-screw cooking extruder. *Lebensm. – Wiss. u. Techn.*, 1986, **19**, 443-447:

MICROSTRUCTURE AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF CASEINATES OBTAINED BY EXTRUSION – COOKING

S u m m a r y

The physico-chemical and functional properties, appearance and microstructure were determined of industrially – produced sodium caseinate, calcium caseinate and potassium caseinate obtained by extrusion – cooking. The sodium caseinate and potassium caseinate were characterised porous microstructure and the highest values for water solubility (89,8–90%), water and fat absorption capacity (4,05–4,67 g water/1 g of preparation), and emulsifying capacity (87–90,3%). Calcium caseinate showed compact, packed microstructure and the lowest values for water solubility (84,2%), water (1,39 g water/ 1 g of preparation) and fat absorption (320 g oil/100 g of protein) and emulsification yield (84,2%). The microstructure of caseinates was found to be very important factor determining the functional properties of caseinates.

Key words: caseinates, microstructure, chemical composition, functional properties. ☒