

Jerzy Szpendowski, Krzysztof Siemianowski

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

e-mail: jerzy.szpendowski@uwm.edu.pl

WŁAŚCIWOŚCI ODŻYWCZE I FUNKCJONALNE ORAZ ZASTOSOWANIE KAZEINIANÓW W PRZETWÓRSTWIE SPOŻYWCZYM

Streszczenie: Kazeiniany to preparaty białkowe otrzymywane przez zobojętnianie kazeiny kwasowej środkami alkalicznymi. Pod względem odżywczym stanowią bogate źródło białka o znacznej wartości biologicznej oraz niektórych składników mineralnych. Do najważniejszych właściwości funkcjonalnych kazeinianów zalicza się rozpuszczalność, wodochłonność, lepkość, żelowanie, wiązanie tłuszczu, emulgowanie i pienienie. Największe znaczenie w przetwórstwie spożywczym ma kazeinian sodu i wapnia. Preparaty te znalazły zastosowanie w przetwórstwie mięsa, produkcji garmażeryjnej, produkcji przetworów zbożowych, piekarnictwie, cukiernictwie, mleczarstwie, produkcji napojów, koncentratów spożywczych oraz otrzymywaniu produktów o specjalnym przeznaczeniu żywieniowym.

Słowa kluczowe: kazeiniany, wartość odżywcza, właściwości funkcjonalne, zastosowanie.

1. Wstęp

Białko to bardzo ważny składnik mleka, gdyż w dużym stopniu decyduje o jego wartości żywieniowej oraz przydatności do przetwórstwa. Mleko krowie zawiera przeciętnie ok. 3,4% białka [Pisulewski, Kamiński, Kowalski 1997] i jest to suma dwu głównych frakcji, tj. białek kazeinowych oraz serwatkowych, stanowiących odpowiednio ok. 80 i 20% białkowych związków azotowych. Wymienione frakcje różnią się właściwościami fizykochemicznymi, a ich znajomość i praktyczne wykorzystanie stanowi podstawę w produkcji różnych preparatów białek mleka [Bylund 1995; Morr 1985]. Można wśród nich wyróżnić produkty zawierające w składzie niemal wyłącznie białka kazeinowe (kazeina i kazeiniany), białka serwatkowe (koncentraty i izolaty białek serwatkowych) lub kompleksy wymienionych białek (koprecypitaty i białczany). Wykorzystując podatność układu białek kazeinowych na koagulację pod wpływem działania kwasów lub enzymów proteolitycznych oraz przeprowadzając w odpowiedni sposób obróbkę koagulatu, można otrzymać preparaty, w których wymienione białka stanowią dominujący składnik, a frakcja białek serwatkowych

oddzielana jest z serwatką [Morr 1985; Richert 1975; Świdorski (red.) 2003; Ziajka (red.) 1997].

Surowcem do produkcji kazeiny spożywczej jest pasteryzowane mleko odtłuszczone [Bylund 1995; Ziajka (red.) 1997]. Znane są również rozwiązania technologiczne, w których surowcem jest odtłuszczony proszek mleczny [Barraquio, van de Voort 1991]. W zależności od zastosowanej metody koagulacji wyróżnia się kazeinę kwasową lub enzymatyczną. W produkcji kazeiny kwasowej mleko doprowadza się do wartości kwasowości czynnej odpowiadającej punktowi izoelektrycznemu kazeiny (pH ok. 4,6), zwykle przez dodatek kwasu mlekowego, solnego lub odpowiednio ukwaszonej serwatki. Przy produkcji kazeiny enzymatycznej mleko zaprawiane jest preparatami zawierającymi enzymy proteolityczne, i jest to najczęściej preparat podpuszczkowy. Po mechanicznej obróbce skrzepu i oddzieleniu serwatki masa białkowa poddawana jest kilkukrotnemu płukaniu wodą technologiczną celem usunięcia nadmiaru niepożądanych składników, takich jak laktoza, tłuszcz, sole mineralne oraz kwas lub preparat enzymatyczny, użytych do koagulacji. Odseparowaną masę białkową poddaje się następnie rozdrabnianiu i suszeniu [Bylund 1995; Richert 1975; Ziajka (red.) 1997]. Kazeina kwasowa zawiera przeciętnie ok. 88% białka; 1,5% tłuszczu; 0,3% laktozy oraz 2,1% popiołu. W składzie kazeiny podpuszczkowej ok. 82% stanowi białko; 1,4% tłuszcz; 0,5% laktoza oraz aż 8,5% popiół [Szpendowski, Śmietana 1996].

Słaba rozpuszczalność kazeiny spożywczej, a przez to ograniczona możliwość jej stosowania w produkcji żywności, skłoniła do poszukiwania rozwiązań mających na celu przekształcenie jej w formę preparatu białkowego o dobrej rozpuszczalności. Efekt ten możliwy jest do uzyskania przez modyfikację kazeiny związkami alkalicznymi, takimi jak wodorotlenki lub węglany sodu, potasu, wapnia, magnezu, amonu. W wyniku tak przeprowadzonej modyfikacji uzyskuje się sole kazeiny nazywane kazeinianami. Do ich produkcji wykorzystywana jest wyłącznie kazeina kwasowa [Bylund 1995; Szpendowski, Śmietana 1991; Szpendowski, Śmietana, Panfil-Kunczewicz 1994].

Dużym postępowaniem w produkcji kazeinianów było zastąpienie klasycznej metody zbiornikowej metodą ekstruzji. Czynnikiem, które zadecydowały o odchodzeniu od stosowania metody zbiornikowej, były wysoka energochłonność i znaczne koszty przetwarzania oraz niekorzystny wpływ na wartość biologiczną białka. Wdrożenie techniki ekstruzji pozwala na realizację wielu procesów jednostkowych w jednym urządzeniu. W ekstruderze w krótkim czasie (10-30 s), dzięki działaniu ciepła, ciśnienia, sił ścinających oraz dozowania określonej ilości alkaliów, zachodzi przekształcenie kazeiny w kazeinian. Gwarantuje to uzyskiwanie produktów o standardowych cechach jakościowych [Fichtali, van de Voort, Diosady 1995; Szpendowski 1991; Szpendowski i in. 2010].

Celem niniejszego opracowania jest scharakteryzowanie właściwości odżywczych i funkcjonalnych oraz zastosowania kazeinianów w przetwórstwie spożywczym.

2. Właściwości odżywcze kazeinianów

Jedną z najważniejszych funkcji preparatów białkowych stosowanych w przemyśle spożywczym jest poprawa wartości odżywczej produktów poprzez zwiększenie zawartości białka oraz podwyższanie jego wartości odżywczej [Rutkowski, Gwiżdża, Dąbrowski 2003; Świdorski (red.) 2003]. Białko jest jednym z najważniejszych składników odżywczych żywności. Jego rola wiąże się przede wszystkim z dostarczaniem aminokwasów niezbędnych do budowy tkanek oraz syntezy związków biologicznie czynnych w ustroju. Znanych jest blisko dwadzieścia aminokwasów, z których tylko pewna część może być syntetyzowana w organizmie człowieka z innych składników. Pozostałe, nazywane niezbędnymi (egzogennymi), muszą być systematycznie dostarczane z pożywieniem. Wartość odżywcza białka determinowana jest zawartością i wzajemnymi proporcjami aminokwasów egzogennych oraz strawnością, czyli stopniem uwalniania i wchłaniania aminokwasów podczas trawienia w przewodzie pokarmowym [Gawęcki (red.) 2003; Jabłoński 2000].

Kazeina mleka krowiego zawiera wszystkie aminokwasy egzogenne w ilościach większych w porównaniu ze wzorcem FAO/WHO (tab. 1). W przypadku porównywania kazeiny z białkiem całego jaja kurzego stwierdza się niższe zawartości izoleucyny, lizyny, treoniny, tryptofanu, waliny oraz aminokwasów siarkowych.

Tabela 1. Zawartość oraz suma aminokwasów egzogennych w kazeinie, kazeinianach oraz wzorcach

Aminokwas g/16g N	Rodzaj preparatu				Wzorce	
	kazeina	kazeinian sodu	kazeinian wapnia	kazeinian potasu	białko jaja kurzego	wzorec FAO/WHO (1991)
Izoleucyna	4,55	4,49	4,52	4,50	5,4	2,8
Leucyna	9,37	9,40	9,37	9,34	8,6	6,6
Lizyna	7,51	7,20	7,12	6,80	7,6	5,8
Metionina + cysteina	3,35	3,29	3,31	3,27	5,7	2,5
Fenylalanina + tyrozyna	10,48	10,49	10,49	10,49	9,3	6,3
Treonina	3,78	3,75	3,75	3,77	4,7	3,4
Tryptofan	1,32	1,34	1,33	1,34	1,7	1,1
Walina	6,14	6,04	5,95	6,10	6,6	3,5
Suma aminokwasów egzogennych	46,5	46,0	45,8	45,6	49,6	32,0

Źródło: opracowano na podstawie [Gawęcki (red.) 2003; Szpendowski i in. 2000].

Modyfikacja kazeiny kwasowej do kazeinianów nie wpływa znacząco na zawartość poszczególnych aminokwasów egzogennych z wyjątkiem lizyny, której ilość ulega zmniejszeniu. Przyczyną obniżania się zawartości lizyny, co skutkuje również nieznacznym spadkiem wartości sumy aminokwasów egzogennych kazeinianów, jest tworzenie się w czasie ogrzewania białka w środowisku alkalicznym połączeń tego aminokwasu z alaniną i powstawanie lizynoalaniny (LAL). W kazeinianach otrzymanywanych metodą ekstruzji stwierdza się od 1,5-krotnego do 3-krotnego wzrost zawartości LAL w porównaniu z kazeiną kwasową, z której je otrzymano [Szpendowski i in. 2000]. Lizynoalanina występuje powszechnie w wielu produktach spożywczych zawierających białko poddawanych obróbce cieplnej. Związek ten zaliczany jest do substancji antyodżywczych, gdyż powstając, obniża wartość żywieniową białka, jak również wskazuje się m.in. na jego nefrotoksyczne działanie, co wykazano w badaniach na zwierzętach [Gilani, Xiao, Cockell 2012].

Porównywanie zawartości aminokwasów egzogennych białek ze wzorcami informuje o potencjalnej, a nie rzeczywistej możliwości ich wykorzystaniu przez organizm. Najlepszym odzwierciedleniem rzeczywistej wartości białka są wskaźniki biologiczne wyznaczane na podstawie wyników badań żywieniowych prowadzonych z wykorzystaniem zwierząt [Gawęcki (red.) 2003; Jabłoński 2000]. Badania J. Szpendowskiego, Z. Śmietany i J. Świgoń [1994] wykazały, że przekształcanie kazeiny w kazeinian sodu i wapnia metodą ekstruzji wiąże się z obniżeniem wartości biologicznych wskaźników jakości białka. Wartości wskaźnika wykorzystania białka netto (NPU), wydajności wzrostowej (PER) oraz wartości biologicznej (BV) kazeiny kwasowej wynosiły odpowiednio 67,6±1,15%; 2,47±0,05 i 71,0±1,63%. W przypadku kazeinianów sodu i wapnia wartości wskaźnika NPU wynosiły odpowiednio 55,6±2,15% i 58,7±1,00%; PER 2,37±0,03 i 2,43±0,04 oraz BV 59,4±2,10% i 61,7±1,95% [Szpendowski, Śmietana, Świgoń 1994]. Podczas ogrzewania białka w obecności alkaliów zachodzić może wiele zmian, których konsekwencją jest obniżenie wartości biologicznej białka. Zalicza się do nich m.in. rozkład niektórych aminokwasów, racemizację oraz tworzenie połączeń blokujących dostępność aminokwasów [Gawęcki (red.) 2003; Gilani, Xiao, Cockell 2012]. Pomimo niższych wartości poszczególnych wskaźników biologicznych jakości białka kazeinianów w porównaniu z kazeiną, z której je otrzymano, preparaty te i tak odznaczają się porównywalną lub wyższą wartością biologiczną w odniesieniu do wielu białek żywności. Wartości wskaźnika NPU oraz PER wynoszą odpowiednio dla wołowiny 64,0% i 2,4; tuszki kurczaka 65,0% i 2,4; soi 66,0% i 2,1; pszenicy 55,0% i 1,1; fasoli 48,0% i 1,7; ziemniaków 53,0% i 1,2; żelatyny 24,0% i 0,3 [Jabłoński 2000].

Kazeiniany zawierają również znaczne ilości składników mineralnych. Składniki wyrażane jako popiół w kazeinianach obejmują sumę mikro- i makroelementów pochodzących z mleka będącego surowcem do produkcji kazeiny kwasowej oraz z alkaliów stosowanych do jej neutralizacji [Szpendowski, Śmietana, Panfil-Kunczewicz 1994]. Zawartość popiołu w kazeinie kwasowej wynosi przeciętnie ok. 2,13%,

podczas gdy uzyskiwane z niej kazeiniany zawierają od 3,02 do 4,12% (tab. 2). Pod względem ilościowym najważniejszą składową popiołu kazeinianów stanowią wapń, fosfor i sód. Rodzaj użytych alkaliów do modyfikacji kazeiny ma bardzo duży wpływ na zawartość głównych makroelementów w otrzymywanych preparatach. Kazeinian sodu może zawierać aż blisko 61-krotnie więcej sodu oraz 6,6-krotnie mniej wapnia niż kazeinian wapnia. Nie stwierdza się natomiast między różnymi kazeinianami tak wyraźnych różnic w zawartości fosforu [Szpendowski, Śmietana 1996].

Tabela 2. Zawartość popiołu oraz wybranych makroelementów w kazeinie kwasowej i kazeinianach

Preparat białkowy	Zawartość popiołu [%]	Makroelementy (mg/g s.m.)			Ca:P
		Ca	P	Na	
Kazeina kwasowa	2,13	0,24	0,64	0,17	0,38
Kazeinian sodu	3,02	2,11	0,90	10,95	2,34
Kazeinian wapnia	3,53	13,85	0,92	0,18	15,05
Kazeinian potasu	4,12	1,33	0,85	0,62	1,56

Źródło: opracowano na podstawie [Szpendowski, Śmietana 1996].

Kazeiniany, w odróżnieniu od kazeiny kwasowej, charakteryzują się wysoce korzystnym z punktu widzenia żywieniowego stosunkiem zawartości wapnia do fosforu ($\text{Ca:P} > 1,3$) [Kusiuk, Grembecka, Szefer 2009]. Mając na uwadze dużą zawartość fosforu w przetworach mięsnych i zbożowych, należy stwierdzić, że stosowanie dodatku kazeinianów w produkcji żywności może poprawić proporcję między tymi pierwiastkami i tym samym zwiększać biodostępność wapnia [Jabłoński 2001].

3. Właściwości funkcjonalne kazeinianów

Bardzo ważnym wyróżnikiem jakościowym preparatów białkowych są ich właściwości funkcjonalne, które charakteryzują m.in. sposób oddziaływania białek ze składnikami żywności i tym samym decydują o możliwościach ich praktycznego zastosowania. Właściwości funkcjonalne białek to te fizyczne i chemiczne własności, które wpływają na zachowanie się ich podczas przetwarzania i przechowywania żywności oraz kształtowania jej cech jakościowych [Darewicz, Dziuba 2005].

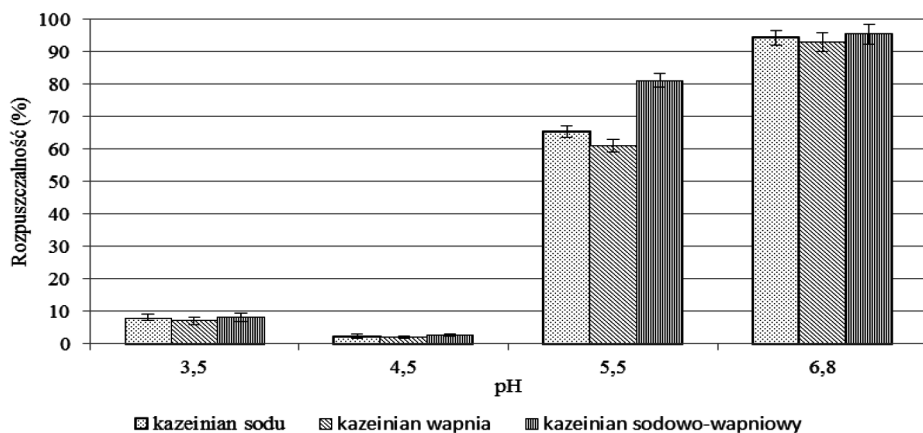
Do najważniejszych, z punktu widzenia przetwórstwa spożywczego, właściwości funkcjonalnych kazeinianów zalicza się: rozpuszczalność, wodochłonność, lepkość, żelowanie, wiązanie tłuszczu oraz emulgowanie i pienienie.

3.1. Rozpuszczalność

Rozpuszczalność to zdolność tworzenia zawiesiny lub roztworu w środowisku rozpuszczalnika. Cecha ta determinuje inne właściwości funkcjonalne i w dużym stop-

niu określa możliwości stosowania preparatów białkowych w przetwórstwie spożywczym [Darewicz, Dziuba 2005; Fox, Mulvihill 1983; Konstance, Strange 1991; Rutkowski, Gwiazda, Dąbrowski 2003; Świdorski (red.) 2003].

Rozpuszczalność ekstrudowanych kazeinianów zmienia się znacząco w zależności od pH środowiska (rys. 1). Najwyższą rozpuszczalność kazeiniany wykazują w środowisku zbliżonym do obojętnego i wynosi ona powyżej 90%. Obniżenie wartości pH do strefy punktu izoelektrycznego kazeiny (pH 4,5) skutkuje zmniejszeniem ich rozpuszczalności do poniżej 3%. Przy pH 3,5 rozpuszczalność kazeinianów wynosi 7-8% [Szpendowski i in. 2001]. W innych badaniach rozpuszczalność ekstrudowanego kazeinianu sodu przy pH 3,5 wynosiła ok. 40% [Szpendowski, Panfil-Kuncewicz, Staniewski 2001].



Rys. 1. Wpływ pH środowiska na rozpuszczalność kazeinianów produkowanych metodą ekstruzji

Źródło: opracowano na podstawie [Szpendowski i in. 2001].

Kazeinian sodu tworzy w wodzie roztwory, podczas gdy kazeinian wapnia jest bardziej dyspersyjny i tworzy zawiesiny koloidalne [Lawson 1994]. Duża zawartość laktozy obniża rozpuszczalność kazeinianów, co może być spowodowane powstawaniem kompleksów białkowo-cukrowych [Szpendowski, Śmietana, Świгоń 1998]. Kazeiniany o wysokiej rozpuszczalności mogą być produkowane bezpośrednio metodą ekstruzji z odtłuszczonego proszku mlecznego przy zastosowaniu niskiej temperatury procesu (ok. 50°C) oraz wielokrotnego płukania białka celem minimalizacji zawartości laktozy i popiołu [Barraquio, van de Voort 1991; Fichtali, van de Voort 1991]. Na rozpuszczalność granulowanego kazeinianu sodu wpływa wiele czynników technologicznych. Zalicza się do nich: czas neutralizacji i ilość dodanej zasady, wielkość cząsteczek skrzepu, zawartość wody oraz rozmiary cząsteczek produktu po suszeniu [Towler 1978]. Według wyników badań O. Tossavainen i in. [1986] kazeinian sodu otrzymany metodą ekstruzji, mający pH 6,74 po neutralizacji kazeiny

kwaśnym węglanem sodu, charakteryzuje się blisko 100-procentową rozpuszczalnością. Wykazano tu również, że zarówno zbyt mały, jak i zbyt duży dodatek neutralizatora pogarsza rozpuszczalność kazeinianu.

Korzystny wpływ na rozpuszczalność kazeinianów daje ogrzewanie w wysokiej temperaturze. Kazeinianu sodu ogrzewany w temp. 90°C/5 min przy pH 6,5 i 10,0 wykazywał zdecydowanie ponad 90-procentową rozpuszczalność w środowisku o pH 2,0-3,0 oraz 6,0-8,0 [Lieske, Konrad 1994]. Ogrzewanie kazeinianu sodu w temp. 120 oraz 132°C/60 min znacznie zwiększało jego rozpuszczalność w środowisku o pH 2,0-3,5, podczas gdy przy pH 5,5-7,0 nie stwierdzono znacznych różnic w rozpuszczalności w porównaniu z kazeinianem nieogrzewanym [Guo i in. 1996].

3.2. Wodochłonność

Białka wykazują zdolność do wiązania znacznych ilości wody. Ilość wody, jaką może związać białko, zależy od takich czynników, jak: skład aminokwasowy, liczba grup polarnych w cząsteczce, dostępność miejsc hydrofilowych, odczyn środowiska, siła jonowa, temperatura i stężenie białka [Kneifel, Seiler 1993].

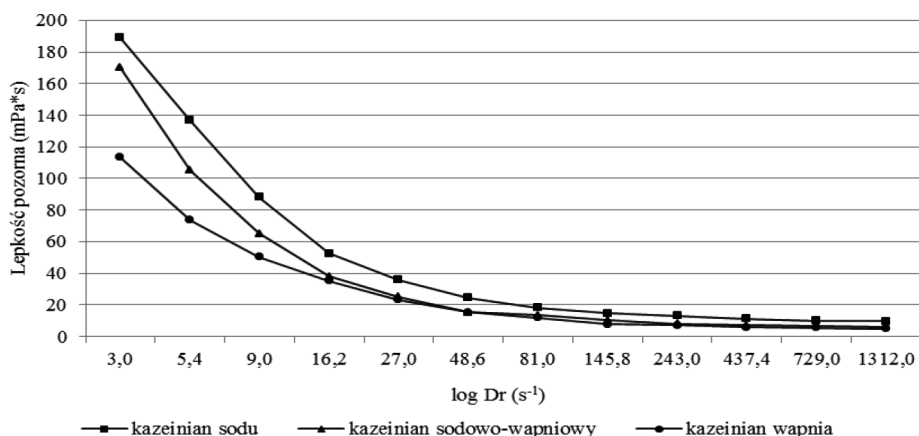
Absorpcja wody przez kazeiniany sodu (pH 6,77±0,12) i wapnia (pH 6,73±0,14) wyprodukowane metodą zbiornikową wynosi odpowiednio 2,02±0,22 oraz 1,31±0,26 g H₂O/g preparatu. W przypadku kazeinianu sodu (pH 6,54±0,14) i wapnia (pH 6,59±0,09) otrzymanych metodą ekstruzji wodochłonność wynosi 4,73±0,20 oraz 1,54±0,19 g H₂O/g preparatu [Szpendowski i in. 2010]. Znaczący wpływ na ilość wody absorbowanej przez kazeiniany ma ich struktura nadcząsteczkowa. Kazeiniany otrzymywane metodą ekstruzji charakteryzują się dobrze rozwiniętą, porowatą strukturą, co ułatwia chłonięcie wody oraz rozpuszczanie [Tossavainen i in. 1986]. Porowata struktura powstaje w wyniku intensywnej dyfuzji i parowania wody z wnętrza ekstrudowanego preparatu po opuszczeniu dyszy wylotowej ekstrudera na skutek gwałtownego spadku ciśnienia [Świdorski (red.) 2003].

Niezależnie od rodzaju kazeinianu wraz ze wzrostem kwasowości czynnej obserwuje się spadek ich zdolności do wiązania wody. Potwierdzają to wyniki badań J. Szpendowskiego i in. [2001], w których absorpcja wody ekstrudowanego kazeinianu sodu przy pH 6,8 wynosiła 6,08±0,47 g H₂O/g preparatu, natomiast przy pH 3,5 już tylko 2,34±0,11 g H₂O/g preparatu.

3.3. Lepkość

Lepkość roztworów lub zawiesin kazeinianów to właściwość określająca ich przydatność w przetwórstwie spożywczym w charakterze zagęstników [Lawson 1994; Świdorski (red.) 2003]. Cecha ta w dużym stopniu zależy od stężenia kazeinianu. M.R. Guo i in. [1996] wykazali liniową zależność między logarytmem lepkości roztworów uprzednio nieogrzewanego i ogrzewanego (120 i 132°C/60 min) kazeinianu sodu a wzrostem ich stężenia do 14%.

Przy małym stężeniu białka lepkość roztworów kazeinianów produkowanych metodą ekstruzji jest znacznie wyższa niż kazeinianów otrzymywanych innymi metodami. Przy większych stężeniach białka nie obserwuje się tej zależności [Britten i in. 1993]. Kazeiniany sodu i wapnia produkowane metodą zbiornikową dają 5-procentowe roztwory wodne o blisko 2-krotnie mniejszej lepkości w temp. 20°C w porównaniu z kazeinianami otrzymanymi metodą ekstruzji [Szpendowski i in. 2010]. Najwyższą lepkość wykazują wodne roztwory kazeinianu sodu, a w następnej kolejności kazeinianu sodowo-wapniowego i wapniowego (rys. 2).



Rys. 2. Lepkość pozorna 5-procentowych wodnych roztworów kazeinianów produkowanych metodą ekstruzji

Źródło: opracowano na podstawie [Szpendowski i in. 2001].

Lepkość kazeinianów w dużym stopniu zależy od pH, siły jonowej i temperatury. Dodatek chlorku sodu (0,2-1,0 M) do roztworu kazeinianu sodu lub wapnia o stężeniu 10-12% (pH 6,5) powoduje znaczne zwiększenie ich lepkości. Nie obserwuje się natomiast żadnego wpływu dodatku chlorku sodu na lepkość w przypadku roztworów kazeinianów o stężeniu poniżej 10%. Podniesienie temperatury zawiesiny kazeinianu wapnia od 30 do 60°C wiąże się z szybkim spadkiem jej lepkości. Przy stosunkowo wysokim stężeniu kazeinianu sodu lub wapnia (20%) występuje odwrotnie proporcjonalna zależność między lepkością a pH [Konstance, Strange 1991].

3.4. Żelowanie

Tworzenie żelu jest ważnym zjawiskiem odpowiedzialnym za cechy strukturalne wielu produktów spożywczych i potraw [Gawęcki (red.) 2003]. Żelowanie białek to proces polegający na powstawaniu trójwymiarowej struktury przestrzennej zamykającej fazę ciągłą układu, co jest skutkiem rozfałdowania ich cząsteczek i agregacji.

Następuje wtedy przechodzenie ze stanu płynnego w stan półstały. Właściwości żeli białkowych zależą m.in. od stężenia białka, środowiska jonowego, pH, temperatury, ale również obecności innych substancji [Mleko, Achremowicz 1993; Świdorski (red.) 2003].

Zawiesina kazeinianu wapnia (15-25% białka) żeluje w zakresie pH 5,9-7,6 pod wpływem ogrzewania w temp. 50-60°C, przy czym temperatura żelowania rośnie proporcjonalnie do wzrostu stężenia białka. Obniżenie temperatury powoduje upłynnienie żelu [Fox, Mulvihill 1983]. Stabilność żelu określa wielkość synerazy. K.P. Takeuchi i R.L. Cunha [2008] wykazały, że syneraza żelu otrzymanego przez zakwaszenie roztworu kazeinianu sodu do pH ze strefy punktu izoelektrycznego kazeiny wzrasta wraz ze wzrostem temperatury i spadkiem stężenia białka. Żele uzyskiwane z 6-procentowego roztworu kazeinianu sodu w temp. 4 i 10°C wykazywały synerazę rzędu ok. 30%, natomiast w temp. 25°C powyżej 50%. W przypadku żeli z 2-procentowego roztworu kazeinianu sodu, bez względu na temperaturę (4-40°C), syneraza wynosiła powyżej 70% [Takeuchi, Cunha 2008].

Kazeiniany mogą tworzyć żele z polisacharydami. Przykładem może być mieszanina kazeinianu sodu z alginianem sodu (1:3), która przy 7-procentowym stężeniu w środowisku o pH 4,5 i przy małej sile jonowej daje trwałe żele nawet w temp. 80°C [Surówka, Maciejaszek 2007]. Stężenie białka w dużym stopniu determinuje właściwości mechaniczne żeli białkowo-polisacharydowych. Żele tworzone w środowisku kwaśnym przez kazeinian sodu (2-10%) z κ -karagenem (0,3-1,0%) wraz ze wzrostem koncentracji białka stają się bardziej kruche i mniej elastyczne [Cavallieri, Fialho, Cunha 2011].

3.5. Wiązanie tłuszczu

Zdolność kazeinianów do wiązania tłuszczu w dużym stopniu zależy od metody ich produkcji. Kazeiniany otrzymywane metodą ekstruzji wykazują znacznie lepszą zdolność do wiązania tłuszczu niż otrzymywane metodą zbiornikową. W badaniach Szpendowskiego i in. [2010] absorpcja tłuszczu przez kazeiniany sodu i wapnia wyprodukowane metodą zbiornikową wynosiła odpowiednio $2,23 \pm 0,26$ oraz $1,30 \pm 0,22$ cm³ oleju/g preparatu. W przypadku kazeinianu sodu i wapnia otrzymanych metodą ekstruzji ilość związanego tłuszczu wynosiła $3,65 \pm 0,26$ oraz $1,56 \pm 0,23$ cm³ oleju/g preparatu.

Wiązanie tłuszczu przez białko uwarunkowane jest dostępnością grup hydrofobowych. Podczas ekstruzji dochodzi do odsłaniania obszarów hydrofobowych w cząsteczkach białka, co tłumaczy lepszą zdolność absorpcji tłuszczu przez kazeiniany otrzymywane tą metodą [Szpendowski 1991].

3.6. Emulgowanie

Stabilizowanie emulsji przez białka wiąże się z ich zdolnością do adsorbowania się na granicy faz, obniżania napięcia powierzchniowego i tworzenia spójnej warstwy

wokół rozproszonych kropelek tłuszczu. Szczególny wpływ na adsorpcję i powstawanie błon ma stabilność konformacji białka i zdolność do jej zmian na granicy faz oraz obecność i rozmieszczenie grup hydrofobowych i hydrofilowych, które nadają mu charakter amfifilowy [Darewicz, Dziuba 2005; Walstra, de Roos 1993].

Ekstrudowane kazeiniany wykazują najlepszą wydajność emulgowania i stabilizowania emulsji przy pH zbliżonym do obojętnego (tab. 3). Wzrost kwasowości czynnej do pH ze strefy punktu izoelektrycznego kazeiny wiąże się ze znacznym pogorszeniem ich właściwości emulgujących. Przy pH 4,5 kazeinian sodowy i sodowo-wapniowy wykazują średnio o ok. 1/3, a kazeinian wapnia aż o ponad połowę niższą wydajność emulgowania niż przy pH 6,8. W środowisku o pH 3,5 kazeinian wapnia i sodowo-wapniowy wykazują lepszą wydajność emulgowania i zdolność stabilizowania emulsji niż kazeinian sodu. Negatywny wpływ wzrostu kwasowości czynnej na wydajność emulgowania oraz stabilność tworzonych przy udziale kazeinianów emulsji może być skutkiem pogarszającej się ich rozpuszczalności [Lieske, Konrad 1994; Szpendowski i in. 2001].

Tabela 3. Wpływ pH środowiska na właściwości emulgujące kazeinianów produkowanych metodą ekstruzji

Rodzaj kazeinianu	pH	Wydajność emulgowania (%)	Stabilność emulsji (%)
Kazeinian sodu	6,8	87,4±4,12	100
	5,5	76,6±3,89	100
	4,5	60,0±2,15	36,4±2,56
	3,5	55,7±1,89	26,0±2,05
Kazeinian wapnia	6,8	85,2±3,98	100
	5,5	79,2±3,01	100
	4,5	39,0±1,67	30,3±1,87
	3,5	66,4±2,23	36,4±1,99
Kazeinian sodowo-wapniowy	6,8	86,5±3,67	100
	5,5	78,0±3,45	100
	4,5	60,0±2,45	36,4±1,89
	3,5	66,0±2,56	39,2±2,07

Źródło: opracowano na podstawie [Szpendowski i in. 2001].

Ogrzewanie modyfikuje właściwości emulgujące kazeinianów. B. Lieske i G. Konrad [1994] wykazali, że ogrzewanie roztworów kazeinianu sodu w temp. 90°C/5 min, szczególnie w środowisku zasadowym, poprawia ich zdolność do emulgowania tłuszczu. M.R. Guo i in. [1996] stwierdzili negatywny wpływ ogrzewania w temp. 120 i 132°C/60 min na właściwości emulgujące kazeinianu sodu. W badaniach M. Srinivasan, H. Singh i P.A. Munro [2002] ogrzewanie roztworów kazeinianu sodu w temp. 121°C/15 min wpływało korzystnie na stabilność tworzonych emulsji

(30% tłuszczu), ale właściwość ta pogarszała się ze wzrostem stężenia kazeinianu. Przy 0,5-1-procentowym stężeniu kazeinianu sodu stabilność uzyskiwanych emulsji wynosiła ok. 60%, natomiast zwiększanie jego stężenia do 5% skutkowało spadkiem ich stabilności do ok. 10% [Srinivasan, Singh, Munro 2002]. Niestabilność emulsji jest efektem koalescencji kropelek tłuszczu, a stężenie białka ma duży wpływ na ich wielkość. Kiedy ilość białka przewyższa zapotrzebowanie powierzchni kropelek tłuszczu na pokrycie, dochodzi do współzawodnictwa białka o tę powierzchnię i obniżenia skuteczności homogenizacji [Britten i in. 1993]. Stabilność emulsji tłuszczowych tworzonych przy udziale kazeinianu wapnia wzrasta wraz ze wzrostem jego stężenia. Przy 1% kazeinianu wapnia stabilność emulsji wynosi niewiele ponad 10%, natomiast przy zwiększeniu jego zawartości do 5% stabilność emulsji wzrasta do blisko 65% [Srinivasan, Singh, Munro 2003]. Dickinson [1999] twierdzi, że kazeinian wapnia jest absorbowany w postaci agregatów i utworzenie stabilnej emulsji wymaga większego stężenia białka na powierzchni kropelek tłuszczu.

Na stabilność emulsji tłuszczowych tworzonych przy udziale kazeinianów korzystnie wpływa dodatek chlorku sodu. Najwyższą stabilność emulsji z kazeinianem sodu (1 i 3%) lub wapnia (2,5%) stwierdzono przy dodatku chlorku sodu w ilości 200 mmol/dm³ [Ye, Srinivasan, Singh 2000; Srinivasan, Singh, Munro 2000].

3.7. Pienienie

Piana powstaje wskutek zdyspergowania pęcherzyków gazu w fazie ciekłej dzięki jednoczesnym oddziaływaniom białka z cząsteczkami cieczy i gazu [Darewicz, Dziuba 2005; Walstra, de Roos 1993]. Stabilność piany określa jej zdolność do utrzymywania rozproszonej fazy gazowej. Grawitacyjna destrukcja piany wynika z praw Stokesa i następuje stopniowo etapami: aglomeracji, koalescencji, progresywnej fazy rozdziału i całkowitego załamania [Szpendowski, Panfil-Kuncewicz, Staniewski 2001]. H. Panfil-Kuncewicz i A. Kuncewicz [1995] badali wydajność pienienia i stabilność pian różnych preparatów mlecznych, w tym kazeinianu sodu i wapnia produkowanych metodą ekstruzji (tab. 4). W badaniach tych wykazano, że wydajność pienienia roztworów kazeinianu sodu zawierających 10% białka była ok. 1,3-krotnie, a stabilność uzyskiwanych pian 2-krotnie większa niż w przypadku zawiesin kazeinianu wapnia o takim samym stężeniu białka. Na wydajność pienienia kazeinianu sodu korzystnie wpływa dodatek sacharozy (1%) i chlorku sodu (0,5%), natomiast w przypadku kazeinianu wapnia dodatki te poprawiały stabilność pian. Wzrost stężenia białka w roztworach kazeinianów nieznacznie poprawiał ich zdolność pienienia, a w przypadku kazeinianu sodu wyraźnie korzystnie wpływał na stabilność piany [Panfil-Kuncewicz, Kuncewicz 1995].

C. Carrera Sánchez i J. M. Rodríguez Patino [2005] wykazali, że wzrost stężenia białka w roztworach kazeinianu sodu do 1% skutkuje otrzymaniem pian składających się z mniejszych i bardziej gęstych pęcherzyków. Stabilność piany w dużym stopniu zależy od pH środowiska. Przy pH 7-9 wydajność pienienia i stabil-

Tabela 4. Właściwości pianotwórcze kazeinianu sodu i wapnia produkowanych metodą ekstruzji

Rodzaj kazeinianu	Zawartość białka w roztworze (%)	Dodatek innych składników (%)	Wydajność pienienia (%)	Stabilność pian (%)
Kazeinian sodu	1,0	–	715,0	15,0
	5,0	–	760,0	100,0
	10,0	–	760,0	100,0
	5,0	1,0 sacharozy	800,0	75,0
	5,0	0,5 NaCl	780,0	100,0
Kazeinian wapnia	1,0	–	560,0	50,0
	5,0	–	540,0	50,0
	10,0	–	580,0	50,0
	5,0	1,0 sacharozy	525,0	85,0
	5,0	0,5 NaCl	570,0	70,0

Źródło: opracowano na podstawie [Panfil-Kuncewicz, Kuncewicz 1995].

ność tworzonych pian jest bardzo dobra, natomiast niższą stabilność wykazuje piana przy pH 4,5, kiedy rozpuszczalność kazeinianów jest najniższa [Barraquio, van de Voort 1991]. Pienistość jest tym lepsza, im szybciej białka adsorbują na powierzchni międzyfazowej. Wzrost zdolności do tworzenia piany może być stymulowany przez częściową denaturację białka. Kazeinian sodu, którego roztwory ogrzewano uprzednio w 90°C/5 min przy pH 3,0; 6,5 oraz 10,0, tworzył w środowisku o pH 2-3 piany o stabilności wyższej niż 65% [Lieske, Konrad 1994].

4. Zastosowanie kazeinianów w przetwórstwie spożywczym

Kazeiny znalazły zastosowanie w wielu branżach przetwórstwa spożywczego. Stosowane są m.in. w przetwórstwie mięsa, produkcji garmażeryjnej, produkcji przetworów zbożowych, piekarnictwie, cukiernictwie, mleczarstwie, produkcji napojów, koncentratów spożywczych oraz przy otrzymywaniu produktów o specjalnym przeznaczeniu żywieniowym.

W przetwórstwie mięsa już w latach 60. ubiegłego wieku zezwolono na stosowanie kazeinianów [Pyrz, Kowalski 2005]. Preparaty te są przydatne w przemyśle mięsnym przede wszystkim ze względu na dobre właściwości emulgujące oraz zdolność do wiązania tłuszczu [Giese 1994; Lawson 1994]. Znalazły one zastosowanie przy produkcji pasztetów, pieczeni, wędlin blokowych, szynek [Korzeniowski i in. 1999]. Kazeinian sodu może być używany jako zamiennik mięsa w produkcji m.in. mięsa mielonego, kiełbasy parówkowej, mortadeli, serdelowej i zwyczajnej, konserw oraz farszów mięsnych [Pisula 1988]. Dodatek kazeinianów przy otrzymywaniu przetworów mięsnych wynosi zwykle od 1 do 3% [Korzeniowski i in. 1999].

Uważa się, że kazeinian sodu pod względem zdolności emulgowania tłuszczu dorównuje cechom mięsa chudego i może stanowić w pewnym stopniu jego dobry zamiennik [Makała 1998]. Dodatek preparatów białkowych w odpowiedniej ilości do farszu pozwala ograniczyć wyciek cieplny tłuszczu i galarety, poprawia konsystencję, smakowitość i wartość odżywczą gotowego wyrobu [Pyrcz, Kowalski 2005]. Dotychczas największe praktyczne znaczenie w branży mięsnej spośród kazeinianów znalazł kazeinian sodu [Pisula 1988].

Były również prowadzone próby wykorzystania kazeinianu sodu do substytucji białka oraz wzbogacania w białko wyrobów garmażeryjnych. Substytucja mięsa kazeinianem sodu na poziomie 30% pozwalała na uzyskiwanie klopsików, kotletów i pieczeni rzymskiej bez pogarszania ich cech jakościowych [Czajka, Kardasz-Wasilewska, Zalewski 1975]. Ze względu na zdolność tworzenia roztworów i zawiesin o znacznej lepkości kazeiniany mogą również stanowić składnik gotowych dań obiadowych, np. zup, sosów [Lawson 1994].

Kazeiniany znajdują zastosowanie w produkcji przetworów zbożowych i piekarnictwie. Stanowią cenny komponent wzbogacający m.in. w produkcji makaronów oraz płatków śniadaniowych [Giese 1994]. Przy produkcji pieczywa dodatek kazeinianu sodu w ilości 2-4% zwiększa wodochłonność mąki i objętość bochenków [Constandache 2005], skraca czas produkcji oraz korzystnie wpływa na teksturę wyrobów, wzmacniając glutenową sieć ciasta [Kenny i in. 2001]. Białka mleka dzięki dobrym właściwościom adhezyjnym ułatwiają uzyskiwanie produktów o jednolitej strukturze [Lawson 1994]. Z żywieniowego punktu widzenia białka zbóż nie są pełnowartościowe, gdyż występują w nich znaczne niedobory lizyny, a dodatek kazeinianu bardzo dobrze uzupełnia jej braki, podnosząc wartość biologiczną białka produktów na bazie zbóż [Gawęcki (red.) 2003; Jabłoński 2000; Jakubczyk, Bartnik 1988].

Kazeiniany znajdują również zastosowanie w branży cukierniczej. Ze względu na właściwości emulgujące i pianotwórcze są wykorzystywane w produkcji deserów, kremów, polew i wyrobów ciastkarskich [Rutkowski, Gwiazda, Dąbrowski 2003]. W produkcji karmelków i toffi kazeiniany stosuje się w celu wiązania wody oraz zapobiegania krystalizacji cukru. Dodatek kazeinianów wpływa korzystnie na zapach i kolor karmelków oraz krówek [Giese 1994]. Kazeinian sodu stosowany przy produkcji pączków poprawia strukturę ciasta oraz zapobiega nadmiernemu wchłanianiu tłuszczu w czasie smażenia [Jakubczyk, Bartnik 1988].

W mleczarstwie kazeiniany znajdują zastosowanie w produkcji tradycyjnych produktów mleczarskich, ale również ich substytutów i analogów. Kazeiniany są wykorzystywane m.in. przy otrzymywaniu niskotłuszczowych produktów do smarowania, napojów mlecznych fermentowanych i niefermentowanych, serka ziarnistego, serów topionych, imitacji sera, śmietanki do ubijania, śmietanki i zabielaaczy do kawy, lodów i deserów [Giese 1994; Lawson 1994; Rutkowski, Gwiazda, Dąbrowski 2003; Świdorski (red.) 2003]. Dodatek kazeinianu w produkcji jogurtu wpływa korzystnie na jego strukturę i konsystencję oraz zapobiega synerezie. Imitacje serów

z udziałem kazeinianów wykorzystywane są głównie w produkcji żywności typu fast food. Przydatność kazeinianów w otrzymywaniu imitacji serów wynika z ich dobrej zdolności emulgowania oraz wiązania tłuszczu i wody, ale również właściwości teksturotwórczych i smakowych. Rolą białek mleka w deserach mrożonych jest zapewnienie pożądanego smaku oraz utrzymywanie wody. Udział kazeinianu sodu w zabielaaczach do kawy może wynosić do 1,8%, a o jego zastosowaniu decydują właściwości emulgujące, dobra rozpuszczalność oraz stabilność w warunkach pH i temperatury podawania kawy [Giese 1994].

Preparaty białkowe znajdują również zastosowanie w produkcji napojów. Kazeinian wapnia może być wykorzystywany przy produkcji soków wzbogaconych w białko [Lawson 1994; Świdorski (red.) 2003]. Kazeiniany to pożądanym komponentem w produkcji likierów alkoholowych. Według D.D. Muira i D.G. Dalgleisha [1987] kazeinian sodu wpływa korzystnie na stabilność likierów, zwiększając ich lepkość.

W branży koncentratów spożywczych kazeiniany są wykorzystywane jako komponent przy produkcji m.in. sproszkowanych zup, napojów i deserów [Lawson 1994; Rutkowski, Gwiazda, Dąbrowski 2003].

Znaczna wartość odżywcza kazeinianów sprawia, że znajdują one zastosowanie przy produkcji żywności o specjalnym przeznaczeniu. Do tego typu żywności zalicza się produkty o składzie specjalnie projektowanym na podstawie potrzeb określonej grupy konsumentów. Przykładem są odżywki dla niemowląt i dzieci, produkty dla sportowców, rekonwalescentów i osób w podeszłym wieku. Szczególnie przydatny jest tu kazeinian wapnia, który obok wzbogacania w białko jest również źródłem znacznych ilości wapnia [Giese 1994; Rutkowski, Gwiazda, Dąbrowski 2003; Świdorski (red.) 2003].

5. Podsumowanie

Kazeiniany stanowią ważny element asortymentu w licznych zakładach mleczarskich na świecie. W wielu przypadkach zakłady wyspecjalizowały się w przetwórstwie mleka na kazeinę i kazeiniany oraz dążą do doskonalenia ich produkcji. Największe znaczenie spośród kazeinianów w przetwórstwie spożywczym ma kazeinian sodu i wapnia. W chwili obecnej przemysł spożywczy może wykorzystywać liczne komponenty o różnych właściwościach użytkowych. Producenci żywności ze względów czysto ekonomicznych bardzo często decydują się na stosowanie znacznie tańszych niż kazeiniany preparatów białkowych i polisacharydowych pochodzenia roślinnego. Takie działanie bardzo często nie idzie w parze ani z obniżaniem ceny produktów, ani z zapewnieniem ich odpowiedniej jakości, w tym wartości odżywczej. Produkty żywnościowe docierające do rąk konsumenta powinny spełniać swą fundamentalną funkcję, a więc w jak najlepszy sposób pokrywać potrzeby odżywcze organizmu. Produkcja żywności przy wykorzystaniu m.in. takich komponentów jak kazeiniany zapewnia spełnienie tej funkcji.

Literatura

- Barraquio V.L., van de Voort F.R., *Sodium caseinate from skim milk powder by extrusion processing: physicochemical and functional properties*, „Journal of Food Science” 1991, 56, 6, s. 1552-1561.
- Britten M., Bastrash S., Fortin J., Fichtali J., *Emulsifying and foaming properties of sodium caseinate obtained from extrusion process*, „Milchwissenschaft” 1993, 48, 6, s. 303-306.
- Bylund G., *Dairy processing handbook*, Tetra Pak Processing Systems AB, Lund, Sweden 1995.
- Carrera Sánchez C., Rodríguez Patino J.M., *Interfacial, foaming and emulsifying characteristics of sodium caseinate as influenced by protein concentration in solution*, „Food Hydrocolloids” 2005, 19, 3, s. 407-416.
- Cavallieri A.L.F., Fialho N.A.V., Cunha R.L., *Sodium caseinate and κ -carrageenan interactions in acid gels: effect of polysaccharide dissolution temperature and sucrose addition*, „International Journal of Food Properties” 2011, 14, 2, s. 251-263.
- Constandache M., *Influences of sodium caseinate and whey protein to the rheology and banking properties of dough*, „Scientific Researches. Agroalimentary Processes and Technologies” 2005, 11, 1, s. 85-90.
- Czajka J., Kardasz-Wasilewska M., Zalewski S., *Próby zastosowania kazeinianu i białczanu sodu z mleka oraz mąki sojowej jako substytutów mięsa w wyrobach garmazeryjnych*, „Przemysł Spożywczy” 1975, 8-9, s. 353-355.
- Darewicz M., Dziuba J., *Struktura a właściwości funkcjonalne białek mleka*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość” 2005, 2(43), s. 47-60.
- Dickinson E., *Casein in emulsions: interfacial properties and interactions*, „International Dairy Journal” 1999, 9, 3-6, s. 305-312.
- Fichtali J., van de Voort F.R., *Pilot plant production of casein using extrusion processing. II. Sodium caseinate production*, „Milchwissenschaft” 1991, 46, 8, s. 479-483.
- Fichtali J., van de Voort F.R., Diosady L.L., *Performance evaluation of acid casein neutralization process by twin-screw extrusion*, „Journal of Food Engineering” 1995, 26, 3, s. 301-318.
- Fox P.F., Mulvihill D.M., *Functional Properties of Casein, Caseinates and Casein Co-Precipitates*, [w:] *Physico-chemical Aspects of Dehydrated Protein-Rich Milk Products*, Proceedings of IDF Symposium, Helsingør, Denmark 1983.
- Gawęcki J. (red.), *Białka w żywności i żywieniu*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, Poznań 2003.
- Giese J., *Proteins as ingredients: types, functions, applications*, „Food Technology” 1994, 48, 10, s. 50-60.
- Gilani G.S., Xiao Ch.W., Cockell K.A., *Impact of antinutritional factors in food proteins on the digestibility of protein and the bioavailability of amino acids and protein quality*, „British Journal of Nutrition” 2012, 108, s. S315-S332.
- Guo M.R., Fox P.F., Flynn A., Kindstedt P.S., *Heat-induced modification of the functional properties of sodium caseinate*, „International Dairy Journal” 1996, 6, 5, s. 473-483.
- Jabłoński E., *Czynniki determinujące i modyfikujące wartość odżywczą białka*, „Pediatria Współczesna. Gastroenterologia, Hepatologia i Żywienie Dziecka” 2000, 2, s. 83-87.
- Jabłoński E., *Mleko i jego przetwory niezastąpionym źródłem wapnia w racjonalnym żywieniu*, „Przegląd Mleczarski” 2001, 2, s. 62-64.
- Jakubczyk T., Bartnik M., *Wykorzystanie produktów mleczarskich w przetwórstwie zbożowym*, „Przemysł Spożywczy” 1988, 8-9, s. 255-258.
- Kenny S., Wehrle K., Auty M., Arendt E.K., *Influence of sodium caseinate and whey protein on baking properties and rheology of frozen dough*, „Cereal Chemistry” 2001, 78, 4, s. 458-463.
- Kneifel W., Seiler A., *Water – holding properties of milk protein products – a review*, „Food Structure” 1993, 12, 3, s. 297-308.

- Konstance R.P., Strange E.D., *Solubility and viscous properties of casein and caseinates*, „Journal of Food Science” 1991, 56, 2, s. 556-559.
- Korzeniowski W., Dajnowiec Z., Jaroń E., Szczepański Sz., *Możliwości wykorzystania białek mleka w produkcji przetworów mięsnych*, „Gospodarka Mięsna” 1999, 5, s. 22-25.
- Kusiuk A., Grembecka M., Szefer P., *Wzajemne relacje stężeń Ca i P w serach źródłem prawidłowo zbilansowanej diety*, „Bromatologia i Chemia Toksykologiczna” 2009, 3, s. 798-802.
- Lawson M.A., *Milk proteins as food ingredients*, „Food Technology” 1994, 48, 10, s. 101.
- Lieske B., Konrad G., *Thermal modification of sodium-caseinate. 1. Influence of temperature and pH on selected physico-chemical and functional properties*, „Milchwissenschaft” 1994, 49, 1, s. 16-20.
- Makala H., *Charakterystyka białek mięsniowych i niemięsniowych stosowanych w przetwórstwie mięsa*, „Gospodarka Mięsna” 1998, 10, s. 24-28.
- Mleko S., Achremowicz B., *Żelowanie koncentratów białek serwatkowych*, „Przemysł Spożywczy” 1993, 10, s. 272-274.
- Morr C.V., *Functionality of heated milk proteins in dairy and related foods*, „Journal of Dairy Science” 1985, 68, 10, s. 2773-2781.
- Muir D.D., Dalgleish D.G., *Differences in behaviour of sodium caseinates in alcoholic media*, „Milchwissenschaft” 1987, 42, 12, s. 770-772.
- Panfil-Kuncewicz H., Kuncewicz A., *Emulsifying and foaming properties of milk concentrates*, „Polish Journal of Food and Nutrition Science” 1995, 4/45, 1, s. 62-69.
- Pisula A., *Możliwości stosowania preparatów białek mleka w przetwórstwie mięsnym w Polsce*, „Przemysł Spożywczy” 1988, 8-9, s. 259-261.
- Pisulewski P.M., Kamiński J., Kowalski M.Z., *Mleko w żywieniu człowieka i modyfikowanie jego składu pod kątem współczesnych zaleceń żywieniowych*, „Żywnienie Człowieka i Metabolizm” 1997, 2, s. 103-120.
- Pyrcz J., Kowalski R., *Rola substancji dodatkowych w przemyśle mięsnym, Cz. 2*, „Gospodarka Mięsna” 2005, 12, s. 26-34.
- Richert S.H., *Current milk protein manufacturing processes*, „Journal of Dairy Science” 1975, 58, 7, s. 985-993.
- Rutkowski A., Gwiazda S., Dąbrowski K., *Kompendium dodatków do żywności*, Hortimex, Konin 2003.
- Surówka K., Maciejaszek I., *Oddziaływania białkowo-polisacharydowe i ich praktyczne wykorzystanie*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość” 2007, 4(53), s. 17-35.
- Srinivasan M., Singh H., Munro P.A., *Formation and stability of sodium caseinate emulsion: influence of retorting (121°C for 15 min) before or after emulsification*, „Food Hydrocolloids” 2002, 16, 2, s. 153-160.
- Srinivasan M., Singh H., Munro P.A., *Influence of retorting (121°C for 15 min), before or after emulsification, on the properties of calcium caseinate oil-in-water emulsions*, „Food Chemistry” 2003, 80, 1, s. 61-69.
- Srinivasan M., Singh H., Munro P.A., *The effect of sodium chloride on the formation and stability of sodium caseinate emulsions*, „Food Hydrocolloids” 2000, 14, 5, s. 497-507.
- Szpendowski J., *Modyfikacje kazeiny metodą ekstruzji*, „Acta Academie Agriculturae Technica Olstenensis” 1991, 23(399), s. 1-43.
- Szpendowski J., Cierach M., Śmietana Z., Wilczewska J., *Physico-chemical and functional properties of caseinates obtained by extrusion-cooking*, „Polish Journal of Food and Nutrition Science” 2001, 10/51, 4, s. 13-18.
- Szpendowski J., Panfil-Kuncewicz H., Staniewski B., *Changes in some physicochemical and functional properties of whey protein concentrate and sodium caseinate during storage*, „Natural Sciences” 2001, 9, s. 437-448.
- Szpendowski J., Szymański E., Staniewski B., Bohdziewicz K., *Właściwości fizykochemiczne i funkcjonalne kazeinianów otrzymanywanych metodą zbiornikową oraz ekstruzji*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość” 2010, 2(69), s. 62-75.

- Szpendowski J., Śmietana Z., *Otrzymywanie kazeinianów metodą ekstruzji*, „Przegląd Mleczarski” 1991 3, s. 16-17.
- Szpendowski J., Śmietana Z., *Analiza zawartości makro- i mikropierwiastków w wybranych preparatach białkowych z mleka*, „Przegląd Mleczarski” 1996, 10, s. 308-310.
- Szpendowski J., Śmietana Z., Panfil-Kuncewicz H., *Wpływ neutralizacji kazeiny kwasowej na jakość ekstrudowanego kazeinianu sodowego*, „Przemysł Spożywczy” 1994, 6, s. 175-177.
- Szpendowski J., Śmietana Z., Świgoń J., *The effect of extrusion on the biological value of caseinates*, „Milchwissenschaft” 1994, 49, 5, s. 260-263.
- Szpendowski J., Śmietana Z., Świgoń J., *Effect of lactose content on some properties of sodium caseinate obtained by extrusion*, „Acta Academie Agricultura ac Technica Olstenensis” 1998, 30, s. 83-89.
- Szpendowski J., Świgoń J., Śmietana Z., Cierach M., *Wyróżniki chemiczne wartości odżywczej kazeinianów otrzymanych metodą ekstruzji*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość” 2000, 4(25), s. 82-89.
- Świdzki F. (red.). *Żywność wygodna i żywność funkcjonalna*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2003.
- Takeuchi K.P., Cunha R.L., *Influence of ageing time on sodium caseinate gelation induced by glucono- δ -lactone at different temperatures*, „Dairy Science & Technology” 2008, vol. 88, no. 6, s. 667-681.
- Tossavainen O., Hakulin S., Kerwinen R., Myllymaki O., Linko, *Neutralization of acid casein in a twin-screw cooking extruder*, „Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie” 1986, 19, 6, s. 443-447.
- Towler C., *The manufacture and reconstitution characteristics of granular sodium caseinate*, „New Zealand Journal of Dairy Science and Technology” 1978, 13, 2, s. 71-76.
- Walstra P., de Roos A.L., *Proteins at air-water and oil-water interfaces: static and dynamic aspects*, „Food Reviews International” 1993, 9, 4, s. 503-525.
- Ye A., Srinivasan M., Singh H., *Influence of NaCl addition on the properties of emulsions formed with commercial calcium*, „Food Chemistry” 2000, 69, 3, s. 237-244.
- Ziajka S. (red.), *Mleczarstwo – zagadnienia wybrane. T. 2*, Wydawnictwo Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie, Olsztyn 1997.

NUTRITIONAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES AND THE APPLICATION OF CASEINATES IN THE FOOD PROCESSING INDUSTRY

Summary: Caseinates are protein preparations obtained through neutralisation of acid casein using alkali agents. From a nutritional point of view, caseinates are a rich source of proteins with considerable biological value and some mineral nutrients. The most important functional properties of these compounds include solubility, water absorbability, viscosity, gelation, fat binding, emulsification and foaming. Sodium and calcium caseinates present the greatest importance in the food processing industry. These preparations have found application in the meat processing, the production of ready-to-serve products, cereal products, bakery, confectionary, dairy, beverages production, food concentrates and the production of special nutritional products.

Keywords: caseinates, nutritional value, functional properties, application.