

BARTOSZ SOŁOWIEJ, WALDEMAR GUSTAW

WPLYW CHLORKU WAPNIA NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE ANALOGÓW SERÓW TOPIONYCH NA BAZIE BIAŁEK MLEKA I TŁUSZCZU MLECZNEGO

Streszczenie

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu chlorku wapnia na właściwości teksturalne i topliwość analogów serów topionych otrzymanych na bazie kazeiny kwasowej, preparatów białek serwatkowych (serwatki zdemineralizowanej w 50 % - DWP 50, koncentratu białek serwatkowych - WPC 35 oraz izolatu białek serwatkowych - WPI) i tłuszczu mlecznego. Teksturę otrzymanych analogów serów topionych badano przy użyciu analizatora tekstury TA-XT2i próbnikiem cylindrycznym o średnicy 15 mm. W profilowej analizie tekstury (TPA) określano następujące cechy: przylegalność, sprężystość i spójność analogów serowych. Test przebijania analogów serów topionych wykonywano przy użyciu analizatora tekstury TA-XT2i próbnikiem cylindrycznym o średnicy 10 mm. Pomiary lepkości analogów wykonywano za pomocą reometru rotacyjnego Brookfield DV II+ przy użyciu przystawki Helipath (F). Pomiarów topliwości dokonywano za pomocą zmodyfikowanego testu Schreibera. Zastosowanie chlorku wapnia wpłynęło na właściwości reologiczne i topliwość analogów serów topionych. Największą twardością i przylegalnością charakteryzowały się analogi serów topionych z dodatkiem WPI, natomiast najmniejszą analogi z dodatkiem WPC 35. Wszystkie badane próbki charakteryzowały się wysoką sprężystością. Większy dodatek soli wapniowej zwiększał sprężystość analogów, lecz nie powodował istotnych zmian w sprężystości pomiędzy kolejnymi stężeniami, z wyjątkiem próbek z dodatkiem WPC 35. Wraz ze zwiększaniem stężenia soli wapniowej zwiększała się spójność analogów z dodatkiem WPC 35 i DWP 50, natomiast w próbkach z dodatkiem WPI zwiększenie stężenia chlorku wapnia nie wpłynęło istotnie na ich spójność. Wraz ze zwiększaniem stężenia chlorku wapnia lepkość analogów serów topionych z dodatkiem WPI zwiększała się, natomiast w przypadku próbek z dodatkiem WPC 35 i DWP 50 zaobserwowano zależność odwrotną. Wszystkie badane próbki charakteryzowały się dobrą topliwością. Jednak w miarę wzrostu stężenia CaCl_2 topliwość analogów z WPC 35 i DWP 50 zmniejszała się, natomiast w przypadku analogów z dodatkiem WPI stwierdzono poprawę ich topliwości (0,5 - 1,5 %). Znajomość wpływu poszczególnych składników na właściwości fizykochemiczne analogów serów topionych pozwala na sterowanie teksturą gotowego wyrobu przez odpowiedni zestaw receptur i dobór technologicznych parametrów procesu.

Słowa kluczowe: analogi serów topionych, kazeina kwasowa, preparaty serwatkowe, chlorek wapnia, tekstura, topliwość

Dr inż. B. Sołowiej, Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, dr hab. inż. W. Gustaw, Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydz. Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin

Wprowadzenie

Sery topione należą do produktów mleczarskich charakteryzujących się różnorodnością form (plasterki, bloki, pasty do smarowania), licznymi zastosowaniami oraz możliwością modyfikacji ich właściwości funkcjonalnych. Wdrożenie nowszych technologii pozwoliło na modyfikacje składu, poprawiające wartość odżywczą serów i na wprowadzenie na rynek innowacyjnych produktów, jakimi są analogi serów topionych [11, 29]. Poprzez zmiany składu i parametrów procesu produkcyjnego analogów można kształtować produkt o pożądanych cechach teksturalnych i sensorycznych, atrakcyjnych dla konsumenta. Produkcja analogów serowych polega na substytucji naturalnych serów preparatami białkowymi i tłuszczami pochodzącymi z mleka lub innych źródeł z zachowaniem smaku produktu oryginalnego. Alternatywne źródła białka stanowią: kazeiniany, kazeina kwasowa oraz podpuszczkowa, a także preparaty białek serwatkowych [3, 13, 20, 21, 22, 24, 25, 26]. Kazeina jest białkiem cechującym się bardzo dobrze zbilansowanym składem aminokwasowym, szczególnie pod względem aminokwasów egzogennych oraz kwasu glutaminowego [17]. W aspekcie prozdrowotnym szczególnie ważna jest zawartość w mleku funkcjonalnych białek serwatkowych, a przede wszystkim: β -laktoglobuliny, α -laktoalbuminy oraz laktoferyny [2, 12]. Laktoferyna jest bioaktywnym białkiem mlecznym o wszechstronnym działaniu. Mimo że wciąż jeszcze nie zbadano wszystkich mechanizmów jej działania, to jednak szerokie spektrum jej właściwości zostało potwierdzone w badaniach naukowych. Pełni ona wiele funkcji fizjologicznych, tj. ma działanie przeciwrzybiczne, przeciwwirusowe, przeciwbakteryjne, przeciwnowotworowe, przeciwzapalne, ponadto wykazuje pozytywny wpływ na układ nerwowy oraz wiąże żelazo [23]. Z kolei tłuszcz mlekowy zawiera kompleks bioaktywnych składników intensyfikujących metabolizm cholesterolu (kwas oleinowy n-9, WNK1 n-6 i n-3 oraz fosfolipidy) i jednocześnie hamujących syntezę cholesterolu endogennego w wątrobie człowieka. Dlatego nie może być traktowany jako główny i najważniejszy czynnik powstawania zmian miażdżycowych oraz przyczyna chorób sercowo-naczyniowych [6]. Spośród kwasów tłuszczowych w mleku najcenniejsze są wyższe nienasycone kwasy tłuszczowe i kwas masłowy. Wykazują one właściwości prozdrowotne [14].

Tekstura jest jednym z głównych wyznaczników jakości serów topionych i ich akceptacji przez konsumentów [8]. Na teksturę serów topionych oraz ich analogów mają wpływ: skład, pH, interakcje pomiędzy białkami, proteoliza, zawartość jonów Ca^{2+} , siła jonowa, zawartość soli czy technologia produkcji [15].

Z uwagi na mniejszą zawartość składników mineralnych, w tym wapnia, w kazeinie kwasowej w porównaniu z kazeiną podpuszczkową [5] zasadne jest wzbogacanie w ten makroskładnik serów topionych i ich analogów produkowanych na bazie kazeiny kwasowej.

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu chlorku wapnia na właściwości teksturalne i topliwość analogów serów topionych otrzymanych na bazie kazeiny kwasowej, preparatów białek serwatkowych i tłuszczu mlecznego.

Material i metody badań

W badaniach zastosowano:

- kazeinę kwasową (KK) o zawartości białka 85,68 % (Polsero Sp. z o.o., Sokołów Podlaski),
- sproszkowaną serwatkę zdemineralizowaną w 50 % (DWP 50) o zawartości białka 12,75 % (Lacma Sp. z o. o., Nadarzyn),
- koncentrat białek serwatkowych (WPC 35) o zawartości białka 33,86 % (Laktopol, Warszawa),
- izolat białek serwatkowych (WPI) o zawartości białka 91,87 % (DAVISCO Foods International, Le Sueur, MN, USA),
- bezwodny tłuszcz mleczny (BTM) (SM Mlekovita, Wysokie Mazowieckie),
- chlorek wapnia, bezwodny kwaśny fosforan dwusodowy, kwas cytrynowy, wodorotlenek sodu (P.P.H. POCH, Gliwice).

Zawartość białka oznaczano metodą Kjeldahla, stosując metody AOAC [1].

Proces produkcji analogu sera topionego

Sporządzano roztwory białek serwatkowych (DWP 50, WPC 35 i WPI) w wodzie destylowanej, przy użyciu mieszadła magnetycznego Heidolph MR 3002S (Schwabach, Niemcy). Roztwory te miały takie stężenie, by otrzymany analog sera zawierał 2 % białek serwatkowych. W przypadku izolatu białek serwatkowych (WPI) roztwór dodatkowo poddawano polimeryzacji, którą prowadzono przez 1-stopniowe ogrzewanie w temp. 80 °C przez 50 min. Następnie dodawano roztopiony w temp. 45 °C bezwodny tłuszcz mleczny (30 %), kazeinę (10 % – stała wartość stężenia w przypadku każdego rodzaju wytwarzanego analogu sera) i chlorek wapnia (0,5, 1, 1,5 lub 2 %). Całą mieszaninę umieszczano w pojemniku homogenizatora H 500 (Pol-Eko Aparatura, Wodzisław Śląski). Mieszano przez 2 min przy 10000 obr./min. Następnie dodawano roztworu topnika (2 %), ustalano pH na poziomie 6,2 za pomocą kwasu cytrynowego i wodorotlenku sodu przy użyciu pH-metru CP-315 (Elmetron, Zabrze) i zanurzano w łaźni wodnej o temp. 80 °C. Całość homogenizowano przez 10 min przy 10000 obr./min. Gotowe analogi serowe wylewano do zlewek w ilości 40 ml. Produkt pozostawiano w temp. otoczenia przez 30 min celem ostygnięcia, a następnie magazynowano przez 24 h w temp. 5 °C.

Test przebijania (puncture test)

Pomiarów dokonywano za pomocą teksturometru TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Wielka Brytania). Otrzymane próbki badano za pomocą próbnika cylindrycznego \varnothing 10 mm, przy prędkości przesuwu głowicy 1 mm/s. Uzyskane wyniki (3 pomiary w 3 powtórzeniach) rejestrowano komputerowo z wykorzystaniem programu Texture Expert version 1.22. W punktowym badaniu tekstury określano siłę potrzebną do zagłębienia się próbnika na 20 mm.

Profilowa analiza tekstury (TPA)

Pomiarów dokonywano za pomocą teksturometru TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Wielka Brytania). Otrzymane próbki badano za pomocą próbnika cylindrycznego \varnothing 15 mm, przy prędkości przesuwu głowicy 1 mm/s. Uzyskane wyniki (3 pomiary w 3 powtórzeniach) rejestrowano komputerowo z wykorzystaniem programu Texture Expert version 1.22. W profilowej analizie tekstury (TPA) określano przyległość, sprężystość i spójność analogów serów topionych.

Reometria rotacyjna

Pomiarów dokonywano za pomocą reometru rotacyjnego Brookfield DV II+ (Stoughton, MA, USA) przy użyciu przystawki Helipath (F). Podczas pomiaru wrzeczono było zanurzane w badanej próbce. Próbki sera badano w stałej temp. 20 °C, przy stałej prędkości wrzeciona $V = 0,5$ obr./min. Wyniki (3 pomiary w 3 powtórzeniach) rejestrował komputer o oprogramowaniu Win Gather V1,0. W badaniach tych określano lepkość otrzymanych analogów serów topionych.

Pomiar topliwości (zmodyfikowany test Schreibera)

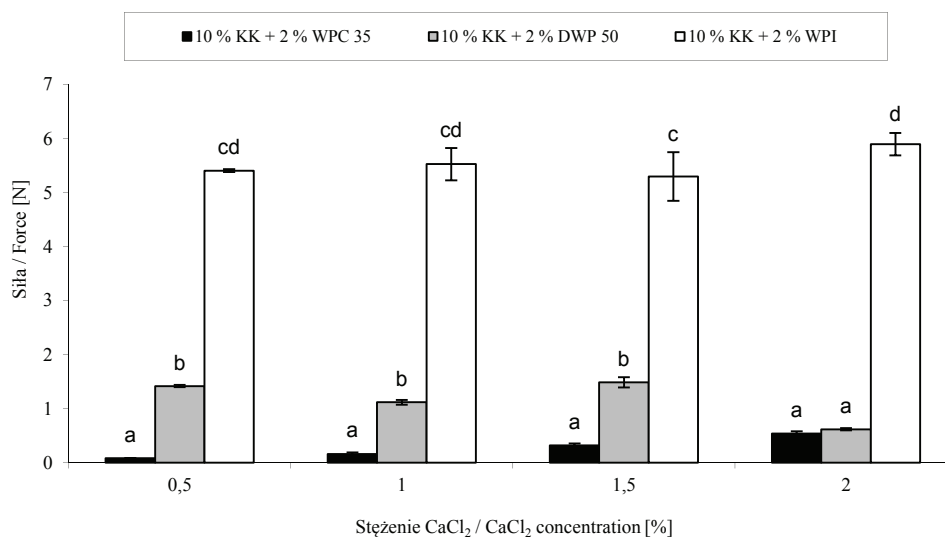
Metoda polega na roztopieniu próbki analogu sera topionego w postaci krążka o średnicy 41 mm i wysokości 4,8 mm na płytce Petriego w kuchence mikrofalowej poprzez 30-sekundowe ogrzewanie przy mocy 300 W. Roztopioną próbkę przykładano do wzorca, zliczano punkty w 6 miejscach, sumowano je i dzieląc przez 6 otrzymywano średnią topliwości [16]. Dokonywano 3 pomiarów każdego z 3 powtórzeń. Zakres skali testu Schreibera wynosi od 0 do 10 jednostek, gdzie powyżej 4 to dobra topliwość, natomiast poniżej 4 to zła topliwość.

Analiza statystyczna

Otrzymane wyniki poddawano analizie statystycznej przy użyciu programu Statistica 7.0 PL. W celu określenia wpływu chlorku wapnia oraz typu preparatu serwatkowego na właściwości reologiczne i topliwość analogów serów topionych zastosowano dwuczynnikową analizę wariancji (ANOVA) oraz test post-hoc Tukeya na poziomie istotności $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Pierwszy etap badań miał na celu określenie właściwości teksturalnych analogów serów topionych za pomocą testu przebijania (puncture test), w którym określano twardość badanych próbek oraz analizy profilowej tekstury (TPA), za pomocą której określano przylegalność, sprężystość i spójność analogów serów topionych.



Objaśnienie: / Explanatory note:

a - d – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ($p < 0,05$) / differences among mean values denoted using different letters are statistically significant ($p < 0,05$).

Rys 1. Wpływ chlorku wapnia (CaCl₂) na twardość analogów serów topionych z dodatkiem preparatów serwatkowych.

Fig. 1. Effect of calcium chloride (CaCl₂) on hardness of processed cheese analogues with whey preparations added.

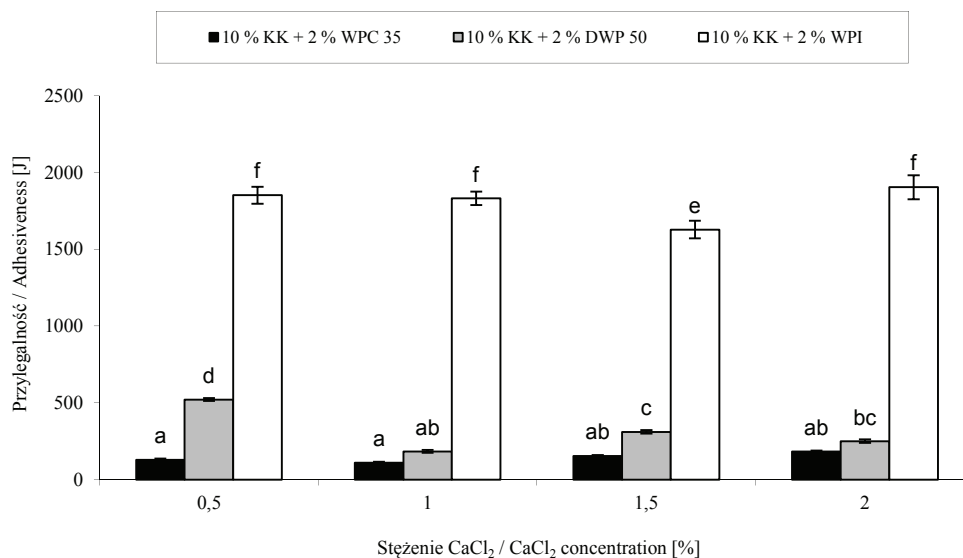
Twardość jest siłą niezbędną do osiągnięcia określonej deformacji produktu [27]. Według kryterium twardości produkty żywnościowe można podzielić na miękkie, zwięzłe i twarde [28]. Na rys. 1. przedstawiono wpływ chlorku wapnia na twardość analogów serów topionych z dodatkiem preparatów serwatkowych (WPC 35, DWP 50 i WPI). Zwiększanie stężenia chlorku wapnia wpłynęło w nieznaczny sposób na twardość badanych próbek z dodatkiem izolatu białek serwatkowych oraz serwatki zdemineralizowanej, natomiast w przypadku dodatku koncentratu białek serwatkowych nie stwierdzono istotnej zmiany twardości analogów. Warto podkreślić, że twardość próbek z dodatkiem WPI była kilkukrotnie większa w porównaniu z dodatkiem pozosta-

łych preparatów serwatkowych. Największą twardością charakteryzowały się analogi serów topionych otrzymane z 2-procentowym dodatkiem izolatu białek serwatkowych (WPI) i 2 % chlorku wapnia, natomiast najmniejszą twardością charakteryzowały się analogi otrzymane z dodatkiem koncentratu białek serwatkowych (WPC 35) i 0,5 % chlorku wapnia ($p < 0,05$). Oznacza to, że do ich przebicia potrzebna była siła odpowiednio 5,9 N i 0,08 N.

Wapń w serze topionym bierze udział w kształtowaniu jego właściwości podczas procesu produkcji, ale również wpływa na finalne właściwości funkcjonalne [11]. Cavalier-Salou i Cheftel [3], badając właściwości analogów serowych otrzymanych na bazie kazeinianu wapniowego, stwierdzili, że w miarę zwiększania zawartości jonów wapnia w produkcie zwiększała się jego twardość. W badaniach Zehrena i Nusbauma [31] stwierdzono, że zastosowanie sera dojrzewającego, bogatego w wapń w produkcji sera topionego, skutkuje również zwiększeniem twardości produktu końcowego.

Przylegalność jest pracą potrzebną do pokonania siły przyciągania pomiędzy produktami a powierzchnią styku z uniwersalną maszyną do testowania. W znaczeniu sensorycznym jest to siła potrzebna do usunięcia materiału, który przylega do ust, a szczególnie do podniebienia, podczas spożywania żywności [27]. Według kryterium przylegalności materiały żywnościowe można podzielić na kleiste, klejące i zlepiające [28]. Cecha ta wpływa również na smarowność, czyli zdolność produktu do przylegania do noża i pieczywa oraz łatwość jego rozsmarowania [9]. W przypadku serów topionych i ich analogów przylegalność jest cechą niepożądaną, gdyż konsumenci preferują wyroby, które łatwo oddzielają się od opakowania [26].

Na podstawie przeprowadzonych analiz wykazano, że analogi z dodatkiem WPI charakteryzowały się o wiele większą przylegalnością (J) niż analogi otrzymane z dodatkiem WPC 35 i DWP 50, które wykazywały bardzo małą przylegalność (rys. 2). Jednak zwiększenie stężenia chlorku wapnia nie spowodowało zwiększenia przylegalności próbek z dodatkiem WPI (zmniejszenie adhezji przy 1,5 % dodatku CaCl_2 z 1853,6 J do 1628,8 J ($p < 0,05$)). W przypadku analogów z dodatkiem DWP 50 największą przylegalnością (J) charakteryzowały się próbki o stężeniu CaCl_2 0,5 % (521,5 J), a najmniejszą próbki o stężeniu CaCl_2 1 % (183,8 J) ($p < 0,05$). Tak więc zwiększenie stężenia chlorku wapnia ($>0,5$ %) zmniejszyło przylegalność próbek. Natomiast w przypadku próbek z dodatkiem WPC 35 ich przylegalność nieznacznie zwiększyła się, chociaż w stosunku do pozostałych serów cechowała się najniższymi wartościami adhezji. Spośród analogów z dodatkiem WPC 35 największą przylegalnością (J) charakteryzowały się analogi o stężeniu CaCl_2 2 % (182,4 J) oraz 1,5 % (154,2 J) ($p < 0,05$).



Objaśnienie: / Explanatory note:

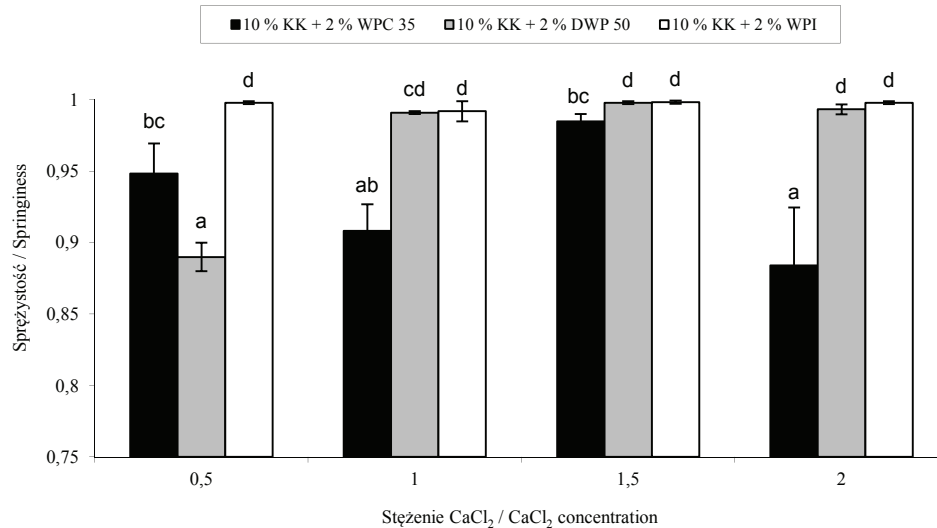
a - f – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ($p < 0,05$) / differences among mean values denoted using different letters are statistically significant ($p < 0,05$).

Rys. 2. Wpływ chlorku wapnia (CaCl₂) na przyległość analogów serów topionych z dodatkiem preparatów serwatkowych.

Fig. 2. Effect of calcium chloride (CaCl₂) on adhesiveness of processed cheese analogues with whey preparations added.

Thapa i Gupta [30] dowiedli, że dodatek koncentratu białek serwatkowych do analogów serów topionych otrzymanych na bazie kazeiny podpuszczkowej zwiększał ich przyległość. W badaniach własnych [26] stwierdzono, że częściowa substytucja kazeiny kwasowej niskobiałkowymi preparatami serwatkowymi prowadzi również do zwiększenia przyległości analogów serów topionych.

Na rys. 3. przedstawiono wpływ chlorku wapnia na sprężystość analogów serów topionych z dodatkiem preparatów serwatkowych (WPC 35, DWP 50 i WPI). Wykazano, że najniższą sprężystością charakteryzowały się analogi z dodatkiem WPC 35 o 2-procentowym stężeniu chlorku wapnia i DWP 50 o 0,5-procentowym stężeniu CaCl₂, odpowiednio 0,88 i 0,89, ($p < 0,05$). W przypadku zastosowania serwatki zdeminiarowanej większy dodatek soli zwiększał sprężystość analogów, lecz nie powodował istotnych zmian w sprężystości pomiędzy kolejnymi stężeniami. W przypadku analogów z dodatkiem WPI nie ujawniono istotnych różnic pomiędzy grupami ($p > 0,05$). Analogi z ww. dodatkiem charakteryzowały się bardzo wysoką sprężystością.



Objaśnienie: / Explanatory note:

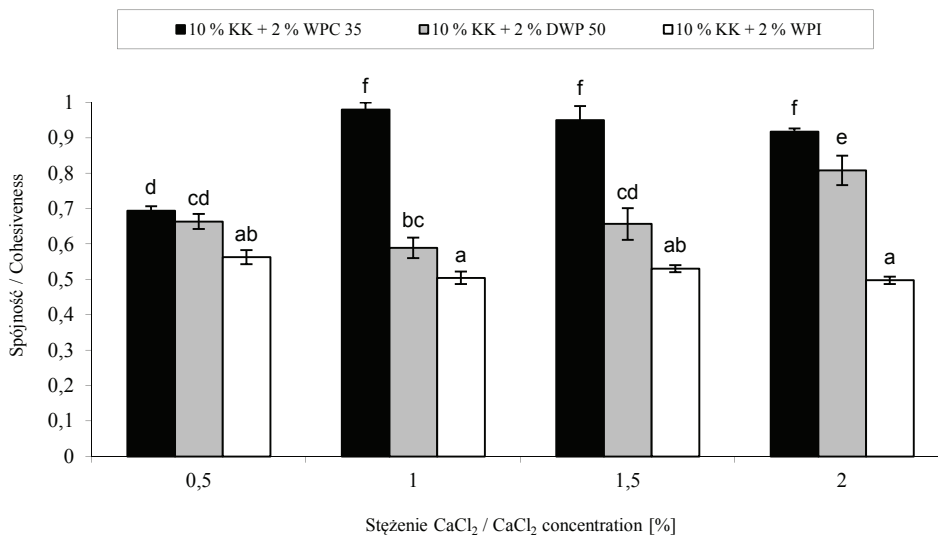
a - d – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ($p < 0,05$) / differences among mean values denoted using different letters are statistically significant ($p < 0.05$).

Rys. 3. Wpływ chlorku wapnia (CaCl_2) na sprężystość analogów serów topionych z dodatkiem preparatów serwatkowych.

Fig. 3. Effect of calcium chloride (CaCl_2) on springiness of processed cheese analogues with whey preparations added.

Na podstawie przeprowadzonych analiz wykazano, że analogi z dodatkiem WPC 35 charakteryzowały się największą spójnością (przy stężeniu chlorku wapnia 1 - 2 %), natomiast najmniejszą: analogi otrzymane z dodatkiem WPI (rys. 4). W przypadku dodatku koncentratu białek serwatkowych (WPC 35) większy dodatek soli zwiększał spójność analogów, lecz nie powodował istotnych zmian w spójności pomiędzy kolejnymi stężeniami. W przypadku zastosowania serwatki zdemineralizowanej zaobserwowano istotny wzrost spójności analogów przy 2-procentowym stężeniu chlorku wapnia (0,81), ($p < 0,05$).

Chevanan i wsp. [4] stwierdzili, że dodatek chlorku wapnia do sera cheddar powodował zwiększenie jego sprężystości i spójności. Natomiast Pastorino i wsp. [19] w pracy dotyczącej wpływu chlorku wapnia na teksturę sera dojrzewającego dowiedli, że wstrzyknięcie 40-procentowego roztworu chlorku wapnia do gotowego produktu spowodowało zmniejszenie jego spójności podczas przechowywania.



Objaśnienie: / Explanatory note:

a - f – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ($p < 0,05$) / differences among mean values denoted using different letters are statistically significant ($p < 0.05$).

Rys. 4. Wpływ chlorku wapnia (CaCl_2) na spójność analogów serów topionych z dodatkiem preparatów serwatkowych.

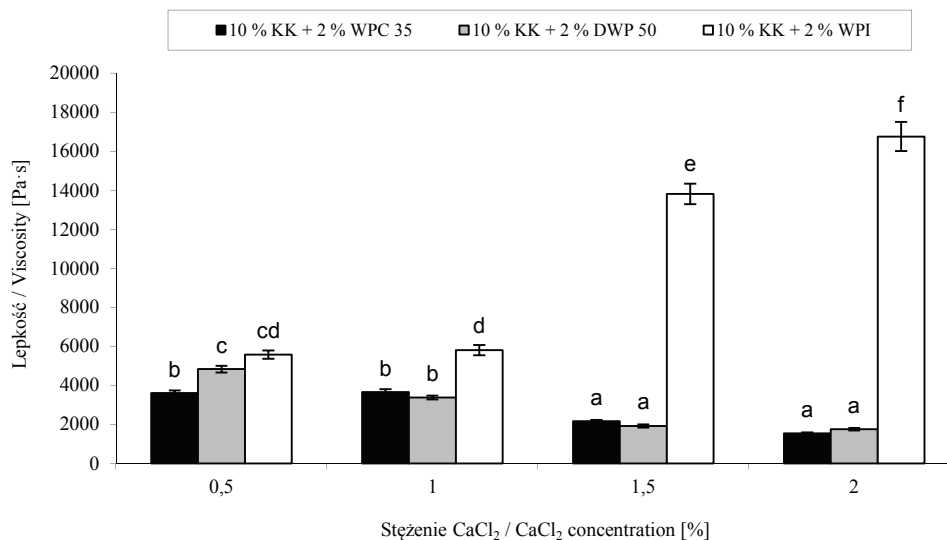
Fig. 4. Effect of calcium chloride (CaCl_2) on cohesiveness of processed cheese analogues with whey preparations added.

Drugi etap badań miał na celu określenie lepkości i topliwości analogów serów topionych za pomocą reometrii rotacyjnej oraz zmodyfikowanego testu Schreibera.

Na rys. 5. przedstawiono wpływ chlorku wapnia na lepkość analogów serów topionych z dodatkiem preparatów serwatkowych (WPC 35, DWP 50 i WPI). W przypadku udziału CaCl_2 w produkcie najwyższą lepkością ($\text{Pa}\cdot\text{s}$), spośród wszystkich analogów, charakteryzowały się próbki otrzymane z dodatkiem WPI, a w szczególności preparaty o stężeniu CaCl_2 2 % (16755 $\text{Pa}\cdot\text{s}$) i 1,5 % (13820 $\text{Pa}\cdot\text{s}$), ($p < 0,05$). Odnosnie pozostałych próbek z dodatkiem DWP 50 i WPC 35, ich lepkość zmniejszała się w miarę zwiększania zawartości chlorku wapnia w produkcie ($p < 0,05$).

Jony wapnia wraz z pH środowiska mają duży wpływ na zakres procesu uwadniania i agregację parakazeiny, co wpływa na zdolność skrzepu kazeinowego do wiązania wody, jego syntezę, właściwości reologiczne oraz właściwości podczas obróbki cieplnej [10]. Białka serwatkowe prawdopodobnie współdziałają z matrycą białkową kazeiny, działając jako aktywny wypełniacz albo tworząc razem z nią mieszany żół o większej lepkości [16]. Corredig i Dalgleish [7] w wyniku badań wzajemnego oddziaływania α -laktoalbuminy, β -laktoglobuliny i kazeiny dowiedli, że białka te łączą

się podczas obróbki termicznej, powodując wzrost lepkości gotowego produktu, co może świadczyć o interakcji uwodnionych cząsteczek białka i znacznie większej lepkości analogów serów topionych z dodatkiem izolatu białek serwatkowych (WPI).



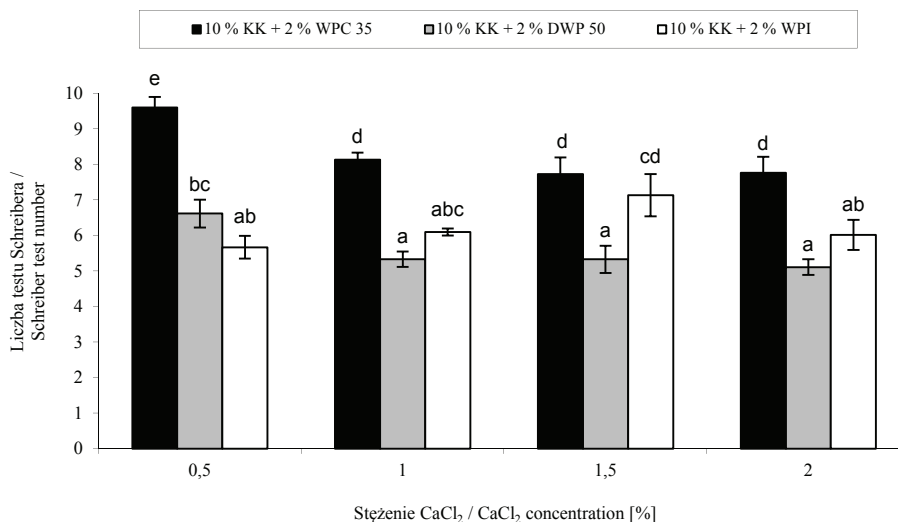
Objaśnienie: / Explanatory note:

a - f – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ($p < 0,05$) / differences among mean values denoted using different letters are statistically significant ($p < 0,05$).

Rys. 5. Wpływ chlorku wapnia (CaCl₂) na lepkość analogów serów topionych z dodatkiem preparatów serwatkowych.

Fig. 5. Effect of calcium chloride (CaCl₂) on viscosity of processed cheese analogues with whey preparations added.

Badane analogi serów topionych charakteryzowały się dobrą topliwością (> 4), (rys. 6). Spośród wszystkich próbek największą topliwością charakteryzowały się analogi otrzymane z dodatkiem WPC 35, a w szczególności próbki o stężeniu CaCl₂ 0,5 % (9,6), ($p < 0,05$). Również analogi z dodatkiem DWP 50 o takim samym stężeniu CaCl₂ wykazywały największy stopień topliwości spośród swojej grupy (6,61), ($p < 0,05$). W próbkach z dodatkiem koncentratu białek serwatkowych (WPC 35) oraz serwatki zdemineralizowanej (DWP 50) większy dodatek soli zmniejszał topliwość analogów, lecz nie powodował istotnych zmian topliwości pomiędzy kolejnymi stężeniami. Natomiast w przypadku próbek z dodatkiem izolatu białek serwatkowych (WPI) zaobserwowano zwiększanie się ich topliwości w miarę zwiększania stężenia chlorku wapnia w przedziale 0,5 - 1,5 %.



Objaśnienie: / Explanatory note:

a - e – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ($p < 0,05$) / differences among mean values denoted using different letters are statistically significant ($p < 0.05$).

Rys. 6. Wpływ chlorku wapnia (CaCl_2) na topliwość analogów serów topionych z dodatkiem preparatów serwatkowych.

Fig. 6. Effect of calcium chloride (CaCl_2) on meltability of processed cheese analogues with whey preparations added.

Cavalier-Salou i Cheftel [3] stwierdzili, że w miarę zwiększania zawartości jonów wapnia w produkcie zmniejszała się topliwość analogów serowych otrzymanych na bazie kazeinianu wapniowego. Zehren i Nusbaum [31] wykazali, że zastosowanie sera dojrzewającego, bogatego w wapń, do produkcji sera topionego skutkuje również zmniejszeniem topliwości produktu końcowego. O'Mahony i wsp. [18] dowiedli, że wraz ze wzrostem stężenia fosforanu wapnia nastąpiło zmniejszenie topliwości sera. Z kolei Chevanan i wsp. [4] stwierdzili, że topliwość sera jest odwrotnie proporcjonalna do jego twardości. Ser o mniejszej twardości charakteryzował się wyższą topliwością, co potwierdzają przeprowadzone badania (rys. 1 i rys. 6).

Wnioski

1. Zastosowanie chlorku wapnia wpłynęło na właściwości reologiczne i topliwość analogów serów topionych.
2. Największą twardością i przylegalnością charakteryzowały się analogi serów topionych z dodatkiem WPI, natomiast najmniejszą – analogi z dodatkiem WPC 35.

3. Wszystkie badane próbki charakteryzowały się bardzo wysoką sprężystością. Większy dodatek soli wapniowej zwiększał sprężystość analogów, lecz nie powodował istotnych zmian w sprężystości pomiędzy kolejnymi stężeniami, z wyjątkiem próbek z dodatkiem WPC 35.
4. Wraz ze zwiększaniem stężenia soli wapniowej zwiększała się spójność analogów z dodatkiem WPC 35 i DWP 50, natomiast w przypadku próbek z dodatkiem WPI zwiększenie stężenia chlorku wapnia nie wpłynęło istotnie na ich spójność.
5. Wraz ze zwiększaniem stężenia chlorku wapnia lepkość analogów serów topionych z dodatkiem WPI zwiększała się, natomiast w przypadku próbek z dodatkiem WPC 35 i DWP 50 zaobserwowano zależność odwrotną.
6. Wszystkie badane próbki charakteryzowały się dobrą topliwością. Jednak w miarę wzrostu stężenia CaCl_2 topliwość analogów z WPC 35 i DWP 50 zmniejszała się, natomiast w odniesieniu do analogów z dodatkiem WPI zaobserwowano poprawę ich topliwości (0,5 -1,5 %).
7. Znajomość wpływu poszczególnych składników na właściwości fizykochemiczne analogów serów topionych pozwala na sterowanie teksturą gotowego wyrobu przez odpowiedni zestaw receptur i dobór technologicznych parametrów procesu.

Literatura

- [1] Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Methods of Analysis (14th Ed.). Arlington, VA, 1984.
- [2] Brodziak A., Król J., Litwińczuk Z.: Białka serwatkowe – właściwości funkcjonalne i zastosowanie. Przem. Spoż., 2012, **66**, 35-37.
- [3] Cavalier-Salou C., Cheftel J.C.: Emulsifying salts influence on characteristics of cheese analogs from calcium caseinate. J. Food Sci., 1991, **56** (6), 1542-1551.
- [4] Chevanan N., Muthukumarappan K., Upreti P., Metzger L.E.: Effect of calcium and phosphorus, residual lactose and salt-to-moisture ratio on textural properties of Cheddar cheese during ripening. J. Texture Stud., 2006, **37**, 711-730.
- [5] Chick J., Ustunol Z.: Mechanical and barrier properties of lactic acid and rennet precipitated casein-based edible films. J. Food Sci., 1998, **63** (6), 1024-1027.
- [6] Cichosz G., Czeczot H.: Rzekomo niezdrowe tłuszcze zwierzęce. Pol. Merk. Lek., 2011, **31** (185), 318-322.
- [7] Corredig M., Dalgleish D.G.: The mechanisms of heat-induced interaction of whey proteins with casein micelles in milk. Int. Dairy J., 1999, **9**, 233-236.
- [8] Foegeding E.A., Drake M.A.: Invited review: Sensory and mechanical properties of cheese texture. J. Dairy Sci., 2007, **90** (4), 1611-1624.
- [9] Glibowski P.: Wpływ olejów roślinnych na teksturę bezwodnego tłuszczu mlecznego. Acta Agrophysica, 2007, **9** (3), 603-612.
- [10] Guinee T.P.: Salting and the role of salt in cheese. Int. J Dairy Technol., 2004, **57** (2/3), 99-109.
- [11] Kapoor R., Metzger L.E.: Process cheese: Technological aspects – a review. Compreh. Rev. Food Sci. Food Safety, 2008, **7** (2), 194-214.

- [12] Król J., Brodziak A., Litwińczuk A.: Podstawowy skład chemiczny i zawartość wybranych białek serwatkowych w mleku krów różnych ras i w serwatce podpuszczkowej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, **4 (77)**, 74-83.
- [13] Lee S.K., Anema S., Klostermeyer H.: The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads. *Inter. J. Food Sci. Technol.*, 2004, **39 (7)**, 763-771.
- [14] Lipiński K., Stasiewicz M., Rafałowski R., Kaliniewicz J., Purwin C.: Wpływ sezonu produkcji mleka na profil kwasów tłuszczowych tłuszczu mlekowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **1 (80)**, 72-80.
- [15] Lucey J.A., Johnson M.E., Horne D.S.: Invited Review: Perspectives on the basis of rheology. *J. Dairy Sci.*, 2003, **86**, 2725-2743.
- [16] Mleko S., Foegeding E.A.: Physical properties of rennet casein gels and processed cheese analogs containing whey proteins. *Milchwissenschaft*, 2000, **55 (9)**, 513-516.
- [17] Nastaj M.: Czym jest mleko? *Kulturystyka i Fitness*, 2009, **4**, 122-125.
- [18] O'Mahony J.A., McSweeney P.L.H., Lucey J.A.: A model system for studying the effects of colloidal calcium phosphate concentration on the rheological properties of Cheddar cheese. *J. Dairy Sci.*, 2006, **89**, 892-904.
- [19] Pastorino A.J., Ricks N.P., Hansen C.L., McMahon D.J.: Effect of calcium and water injection on structure-function relationships in cheese. *J. Dairy Sci.*, 2003, **86 (1)**, 105-113.
- [20] Sołowiej B.: Wpływ κ -karagenu na właściwości fizykochemiczne analogów serów topionych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **2 (81)**, 107-118.
- [21] Sołowiej B.: Ocena właściwości reologicznych analogów serów topionych o zmniejszonej zawartości tłuszczu. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **1 (80)**, 60-71.
- [22] Sołowiej B.: Textural, rheological and melting properties of acid casein reduced-fat processed cheese analogues. *Milchwissenschaft*, 2012, **67 (1)**, 9-13.
- [23] Sołowiej B.: Laktoferyna – białko XXI wieku. *Agro Industry*, 2011, **2**, 49-52.
- [24] Sołowiej B., Mleko S., Gustaw W., Udeh K.O.: Effect of whey protein concentrates on texture, meltability and microstructure of acid casein processed cheese analogs. *Milchwissenschaft*, 2010, **65 (2)**, 299-302.
- [25] Sołowiej B., Mleko S., Gustaw W.: Physicochemical properties of acid casein processed cheese analogs obtained with different whey products. *Milchwissenschaft*, 2008, **63 (3)**, 299-302.
- [26] Sołowiej B.: Analiza tekstury analogów serów topionych z dodatkiem preparatów serwatkowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **5 (54)**, 292-300.
- [27] Surówka K.: Tekstura żywności i metody jej badania. *Przem. Spoż.* 2002, **10**, 12-17.
- [28] Sześciński A.S.: Texture is a sensory property. *Food Qual. Prefer.*, 2002, **13**, 215-225.
- [29] Tamime A.Y.: Processed cheese and analogues: An overview. In: *Processed Cheese and Analogues*. Oxford, UK, 2011.
- [30] Thapa T.B., Gupta V.K.: Rheology of processed cheese foods with added whey protein concentrates. *Indian J. Dairy Sci.*, 1992, **45**, 88-92.
- [31] Zehren V.L., Nusbaum D.D.: *Processed cheese*. 2nd ed. Cheese Reporter Publishing Co. Inc., Madison, Wisconsin, USA, 2000.

EFFECT OF CALCIUM CHLORIDE ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF PROCESSED CHEESE ANALOGUES ON THE BASIS OF MILK PROTEINS AND MILK FAT

Summary

The objective of this study was to determine the effect of calcium chloride on textural properties and meltability of processed cheese analogues produced on the basis of acid casein, whey protein preparations (50 % demineralised whey powder – DWP 50; whey protein concentrate - WPC 35; whey protein isolate - WPI), and milk fat. The texture of cheese analogues produced was analysed using a TA-XT2i Texture Analyser, by a 15 mm dia cylindrical sampler. A Textural Profile Analysis (TPA) was carried out to determine the following properties: adhesiveness, springiness, and cohesiveness of processed cheese analogues. A puncture test of processed cheese analogues was performed with the use of a TA-XT2i Texture Analyser, by a 10 mm dia cylindrical sampler. The viscosity of the processed cheese analogues was measured using a Brookfield DV II+ rotational viscometer with a Helipath Stand (F). The meltability of the processed cheese analogues was measured using a modified Schreiber test. The application of calcium chloride affected the rheological properties and meltability of the processed cheese analogues. The processed cheese analogues with WPI added were characterized by the highest hardness and adhesiveness, whereas the processed cheese analogues with the addition of WPC 35 showed the lowest hardness and adhesiveness. All the samples analyzed were characterized by high springiness. A higher amount of calcium chloride caused the springiness of analogues to increase, but it did not cause any significant changes in the springiness between successive concentrations except for the samples with WPC 35 added. With the increase in the calcium chloride concentration, the cohesiveness of the analogues with DWP 50 and WPC 35 added increased, whereas in the samples with the addition of WPI, the increase in the calcium chloride concentration did not significantly impact their cohesiveness. With the increasing calcium chloride concentration, the viscosity of the processed cheese analogues with WPI added increased, too, whereas in the case of the samples with WPC 35 and DWP 50 added, an inverse relationship was reported. All the samples analyzed were characterized by good meltability. However, with the increasing CaCl_2 concentration, the meltability of the analogues with WPC 35 and DWP 50 added decreased, whereas in the case of the analogues with WPI added, it was found that their meltability improved (0.5 - 1.5 %). The understanding of the impact of individual components of the processed cheese analogues on their physicochemical properties allows for the monitoring of the texture of the final product by using an appropriate set of formulas as well as by selecting technological parameters of the process.

Key words: processed cheese analogues, acid casein, whey preparations, calcium chloride, texture, meltability 