

BARTOSZ SOŁOWIEJ, MACIEJ NASTAJ, WALDEMAR GUSTAW

## OCENA WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNYCH ANALOGÓW SERÓW TOPIONYCH Z DODATKIEM MĄCZKI CHLEBA ŚWIĘTOJAŃSKIEGO

### Streszczenie

Celem niniejszej pracy było otrzymanie w skali laboratoryjnej analogów serów topionych z kazeiny kwasowej z dodatkiem mączki chleba świętojańskiego oraz analiza ich tekstury i topliwości. Twardość otrzymanych analogów serów topionych badano przy użyciu analizatora tekstury TA-XT2i próbnikiem cylindrycznym o średnicy 10 mm. W teście przebijania (*puncture test*) określano siłę potrzebną do zagłębienia się próbki na 20 mm w próbkę analogu sera. Teksturę otrzymanych analogów serów topionych badano przy użyciu analizatora tekstury TA-XT2i próbnikiem cylindrycznym o średnicy 15 mm. W profilowej analizie tekstury (TPA) określano: przyległość, spójność i sprężystość analogów serowych. Za pomocą reometru rotacyjnego Brookfield DV II+ przy użyciu przystawki Helipath (F) dokonywano badań lepkości analogów serów topionych. Pomiarów topliwości dokonywano zmodyfikowanym testem Schreiberna. Zastosowanie mączki chleba świętojańskiego miało zróżnicowany wpływ na właściwości fizykochemiczne analogów serów topionych otrzymanych na bazie kazeiny kwasowej i tłuszczu mlecznego. Wraz ze zwiększaniem zawartości kazeiny w analogach serów topionych zwiększała się ich twardość, przyległość i lepkość, natomiast zmniejszeniu ulegała ich spójność oraz topliwość. Dodatek 0,05 % mączki chleba świętojańskiego wpłynął na zmniejszenie twardości, a zarazem zwiększenie spójności analogów serów topionych otrzymanych z 11-procentowej kazeiny kwasowej. Natomiast przyległość wszystkich badanych analogów zmniejszała się wraz ze zwiększaniem zawartości hydrokoloidu w produkcie. Sprężystość analogów serowych nie zależała od zawartości kazeiny kwasowej oraz mączki chleba świętojańskiego i była cechą niezależną od innych właściwości tekstury. Z kolei lepkość nie zależała jedynie od zawartości hydrokoloidu w produkcie (z wyjątkiem analogu 12 % KK + 0,05 % MČS). Dodatek mączki chleba świętojańskiego w ilości 0,05 % wpłynął na istotne zmniejszenie topliwości wszystkich analogów w porównaniu z próbkami kontrolnymi, jednak wszystkie badane analogi serowe cechowały się dobrą topliwością.

**Słowa kluczowe:** analog sera topionego, kazeina kwasowa, mączka chleba świętojańskiego, tekstura, topliwość

---

*Dr inż. B. Sołowiej, dr inż. M. Nastaj, Katedra Biotechnologii, Żywności Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, prof. 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. Kontakt: bartosz.solowiej@up.lublin.pl*

## Wprowadzenie

Rozwój asortymentu serów topionych następuje w kilku kierunkach. Obejmują one proces technologiczny i nowe receptury, a także modyfikację opakowań pod względem ich funkcjonalności (wyższej klasy materiały opakowaniowe, opcje zamykania i otwierania), jak i atrakcyjności (szata graficzna, rozwój marek) [15]. Sery topione plasują się na trzecim miejscu pod względem wielkości sprzedaży (po serach podpuszczkowych i twarogowych) na rynku serów w Polsce [8]. Mimo zalet serów topionych obserwuje się rozwój rynku analogów serowych [1], w których głównymi źródłami białka są: kazeiniany, kazeina (podpuszczkowa lub kwasowa) oraz preparaty białek serwatkowych [10, 17, 25, 26]. Parametry produktu końcowego muszą się charakteryzować akceptowalną jakością sensoryczną, która zależy od użytych składników i ich proporcji oraz technologii produkcyjnej. Niezwykle istotny jest dodatek stabilizatorów zapobiegających rozdzieleniu się emulsji na fazy [1].

Hydrokoloidy, tj. mączka chleba świętojańskiego, guma guar, pektyna czy guma ksantanowa są często dodawane do produktów mleczarskich w celu stabilizacji ich struktury oraz poprawy tekstury [23], jak również ograniczenia zjawiska synerezy, np. w jogurtach (mączka chleba świętojańskiego) [19]. W przypadku jogurtów dodawanie stabilizatorów ma również uzasadnienie zdrowotne: zmniejszenie kaloryczności jogurtu dzięki wyeliminowaniu części tłuszczu, a także ekonomiczne, gdyż pozwala zmniejszyć zużycie odtłuszczonego proszku mlecznego [11]. Stosowanie tych dodatków poprawia jakość i trwałość produktów, zmniejsza koszty produkcji, ułatwia przygotowanie potraw oraz urozmaica dietę. Dodatek hydrokoloidów w układach wodnych powoduje zwiększenie lepkości roztworu, a przy większej koncentracji zretencjonowanie wody i utworzenie żelu [28]. W celu udoskonalenia struktury i smarowności serów topionych wykorzystuje się różne hydrokoloidy stabilizujące strukturę i konsystencję [31]. Mączka chleba świętojańskiego nazywana również gumą karobową należy do galaktomannanów. Jest ekstraktem z nasion drzewa świętojańskiego (*Ceratonia siliqua*), pochodzącego głównie z regionu śródziemnomorskiego [4]. Guma ta jest stosowana w przemyśle spożywczym jako zagęstnik, jak również do kształtowania lepkości, regulowania zawartości wody i konsystencji [9]. Mączka chleba świętojańskiego ma także właściwości bioadhezyjne i poprawia rozpuszczalność [7, 20].

Celem niniejszej pracy było otrzymanie w skali laboratoryjnej analogów serów topionych z kazeiny kwasowej z dodatkiem mączki chleba świętojańskiego oraz analiza ich tekstury i topliwości.

## Material i metody badań

Do badań użyto kazeiny kwasowej (KK) (85,68 %) (Polsero Sp. z o.o., Sokółów Podlaski), bezwodnego tłuszczu mlecznego (BTM) (SM Mlekovita, Wysokie Mazo-

wieckie), mączki chleba świętojańskiego (MCŚ) (SIGMA Chemical, St. Louis, USA), bezwodnego kwaśnego fosforanu dwusodowego (topnik), kwasu cytrynowego i wodorotlenku sodu (P.P.H. POCH, Gliwice).

Zawartość białka w preparacie kazeiny kwasowej oznaczano metodą Kjeldahla [2].

Mączkę chleba świętojańskiego w ilości: 0,05, 0,1, 0,2 lub 0,3 % mieszano z wodą destylowaną przy użyciu mieszadła magnetycznego (MR 3002S Heidolph, Niemcy). Następnie dodawano roztopiony w temp. 45 °C bezwodny tłuszcz mleczny w ilości 30 % i kazeinę kwasową w ilości odpowiadającej 11, 12 lub 13 %. Całą mieszaninę umieszczano w pojemniku homogenizatora (H 500, Pol-Eko Aparatura, Wodzisław Śląski). Mieszano przez 2 min przy 10000 obr./min. Następnie dodawano roztwór bezwodnego kwaśnego fosforanu dwusodowego jako topnika w ilości 2 %, ustalano pH na poziomie 6,2 za pomocą kwasu cytrynowego lub 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 sera topionego wylewano do zlewki o pojemności 50 ml w ilości 40 ml oraz na płytki Petriego na wysokość 4,8 mm. Produkt przechowywano w temperaturze  $20 \pm 2$  °C przez 30 min celem ostygnięcia, a następnie magazynowano przez 24 h w temp. 5 °C. Po tym czasie próbki wyjmowano z chłodziarki na 1 h przed pomiarem, celem doprowadzenia analogu sera topionego do temp. 20 °C. Z uwagi na konsystencję próbek pomiarów tekstury dokonywano w zlewkach.

W analogiczny sposób otrzymywano próbki wzorcowe z samej kazeiny kwasowej o stężeniu 11, 12 i 13 %.

Pomiarów przebijania (*puncture test*) dokonywano za pomocą teksturometru TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Wielka Brytania). Otrzymane próbki (kształt cylindryczny, wymiary 40 × 40 mm) badano za pomocą próbnika cylindrycznego o  $\varnothing$  10 mm, przy prędkości przesuwu głowicy 1 mm/s (okres przerw pomiędzy ruchami próbnika: 5 s), w temp. 20 °C. Uzyskane wyniki (z 3 pomiarów dla każdego z 3 powtórzeń) rejestrowano komputerowo z wykorzystaniem programu Texture Expert version 1.22. W punktowym badaniu tekstury określano siłę potrzebną do zagłębienia się próbnika na 20 mm w próbkę analogu sera.

Profilową analizę tekstury (TPA) wykonywano za pomocą teksturometru TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Wielka Brytania). Otrzymane próbki (kształt cylindryczny, wymiary 40 × 40 mm) badano za pomocą próbnika cylindrycznego o  $\varnothing$  15 mm, przy prędkości przesuwu głowicy 1 mm/s (stopień zanurzenia próbnika; 20 mm, okres przerw pomiędzy ruchami próbnika: 5 s), w temp. 20 °C. Uzyskane wyniki (z 6 pomiarów dla każdego z 3 powtórzeń) rejestrowano komputerowo w programie Texture Expert version 1.22. W profilowej analizie tekstury (TPA) określano przylegalność, spójność i sprężystość analogów serów topionych.

Lepkość analogów serów topionych mierzono za pomocą reometru rotacyjnego Brookfield DV II+ (Stoughton, MA, USA) przy użyciu przystawki Helipath (F). Podczas pomiaru wrzeczono było zanurzane w badanej próbce. Próbkę analogu sera badano w stałej temp. 20 °C, przy stałej prędkości wrzeciona  $V = 0,5$  obr./min. Wyniki (z 3 pomiarów dla każdego z 3 powtórzeń) rejestrowano komputerowo w programie Win Gather V 1,0.

Topliwość analizowano zmodyfikowanym testem 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 o mocy 300 W, w ciągu 30 s. Roztopioną próbkę przykładano do wzorca, zliczano punkty w 6 miejscach (A-F) oznaczonych na teście Schreibera, sumowano je i po podzieleniu przez 6 otrzymywano średnią topliwość [17]. Wykonywano 3 pomiary dla każdego z 3 powtórzeń. Zakres skali testu Schreibera wynosi od 0 do 10 jednostek, przy czym powyżej 4 to dobra topliwość, natomiast poniżej 4 to topliwość nieodpowiednia.

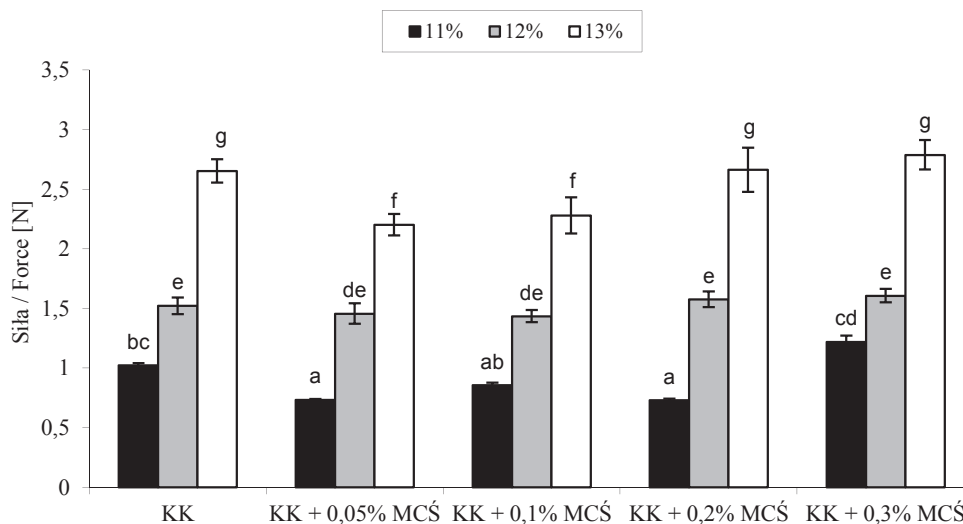
Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu programu Statistica 7.0 (StatSoft Polska Sp z o. o., Kraków). W celu określenia wpływu stężenia mączki chleba świętojańskiego oraz kazeiny kwasowej na właściwości tekstury i topliwość analogów serów topionych zastosowano dwuczynnikową analizę wariancji (ANOVA), wykorzystując test post-hoc Tukeya na poziomie istotności  $p < 0,05$ .

## Wyniki i dyskusja

Pierwszy etap badań miał na celu określenie właściwości tekstury 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, spójność i sprężystość analogów serów topionych.

Na rys. 1. przedstawiono wpływ stężenia kazeiny kwasowej (KK) i mączki chleba świętojańskiego (MCS) na twardość analogów serów topionych. W przypadku badanych analogów wraz ze zwiększającą się zawartością kazeiny zwiększała się ich twardość. Dodatek mączki chleba świętojańskiego do analogów serowych w ilości 0,05 i 0,1 % oraz 0,2 % powodował zmniejszenie twardości badanych próbek na bazie 13- i 11-procentowej kazeiny kwasowej w porównaniu z próbkami kontrolnymi o tym samym stężeniu, natomiast większe stężenie MCS w produkcie spowodowało zwiększenie twardości analogów do wartości początkowych. W przypadku zastosowania 12-procentowej kazeiny kwasowej dodatek mączki chleba świętojańskiego nie wpłynął istotnie na twardość badanych próbek. Największą twardością charakteryzowały się analogi serów topionych otrzymane z 13 % KK + 0,3 % MCS (2,79 N), 13 % KK + 0,2 % MCS (2,66 N) oraz 13 % KK (2,65 N), natomiast najmniejszą – analogi otrzymane z 11 % KK + 0,05 % MCS, 11 % KK + 0,2 % MCS oraz 11 % KK + 0,1 %

MCŚ. Oznacza to, że do ich przebicia potrzebna była siła [N] odpowiednio: 0,73, 0,74 i 0,86.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

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

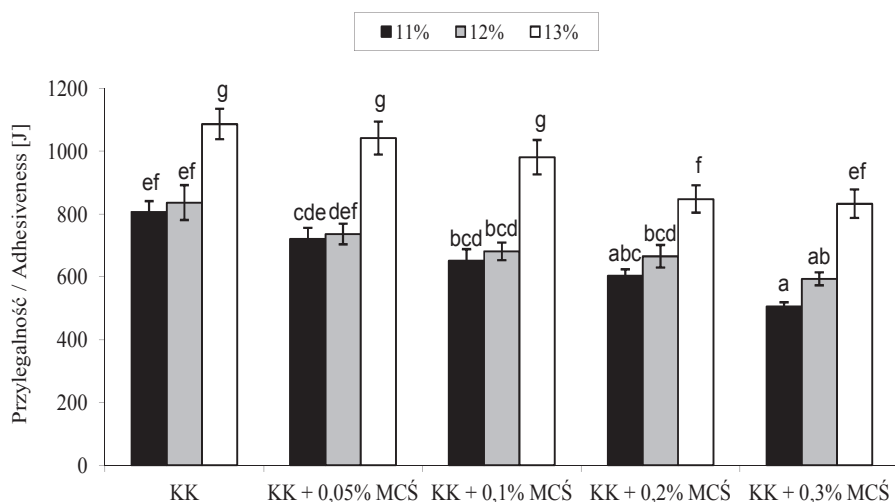
Rys. 1. Wpływ stężenia kazeiny i mączki chleba świętojańskiego na twardość analogów serów topionych.

Fig. 1. Effect of concentration of casein and locust bean gum on hardness of processed cheese analogues.

W pracy własnej [24] dotyczącej wpływu  $\kappa$ -karagenu na właściwości fizykochemiczne analogów serów topionych stwierdzono, że dodatek  $\kappa$ -karagenu w ilości 0,2 i 0,3 % powodował zwiększenie twardości badanych próbek na bazie 12- i 13-procentowej kazeiny kwasowej w porównaniu z próbkami kontrolnymi o tym samym stężeniu. Hanakova i wsp. [12], po zbadaniu wpływu wybranych hydrokoloidów na właściwości reologiczne analogów serów topionych otrzymanych na bazie kazeiny podpuszczkowej i różnych tłuszczów roślinnych (kokosowego i palmowego), obserwowali, że 1-procentowy dodatek mączki chleba świętojańskiego spowodował zwiększenie twardości badanych próbek w stosunku do próbek kontrolnych sporządzonych bez dodatku tego hydrokoloidu. Jednak badane analogi z dodatkiem mączki chleba świętojańskiego charakteryzowały się, podobnie do próbek z gumą arabską, najmniejszą twardością spośród badanych analogów. Z kolei Lu i wsp. [16] analizowa-

li właściwości fizykochemiczne komercyjnych serów topionych i stwierdzili, że większą twardością charakteryzowały się próbki otrzymane z pełnego mleka i śmietanki bez dodatku hydrokoloidów niż próbki otrzymane z odtłuszczonego mleka i serwatki z dodatkiem mieszanki hydrokoloidów, tj. gumy ksantanowej, mączki chleba świętojańskiego i gumy guar.

Przylegalność (adhezyjność) jest cechą, która umożliwia plasterkowanie serów topionych. Im jest większa, tym ser bardziej przykleja się do noża [3]. Ponadto, w przypadku serów pakowanych, zwłaszcza topionych, przylegalność jest jednym z parametrów ograniczających ich spożycie, ponieważ konsumenci nie preferują produktów, od których trudno oddzieli się opakowanie [27].



Objaśnienia: / Explanatory notes:

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

Rys. 2. Wpływ stężenia kazeiny i mączki chleba świętojańskiego na przylegalność analogów serów topionych.

Fig. 2. Effect of concentration of casein and locust bean gum on adhesiveness of processed cheese analogues.

Wpływ stężenia kazeiny kwasowej (KK) i mączki chleba świętojańskiego (MCS) na przylegalność analogów serów topionych przedstawiono na rys. 2. W przypadku badanych analogów wraz ze zwiększaniem zawartości kazeiny zwiększała się ich przylegalność. Dodatek mączki chleba świętojańskiego spowodował jednak zmniejszenie

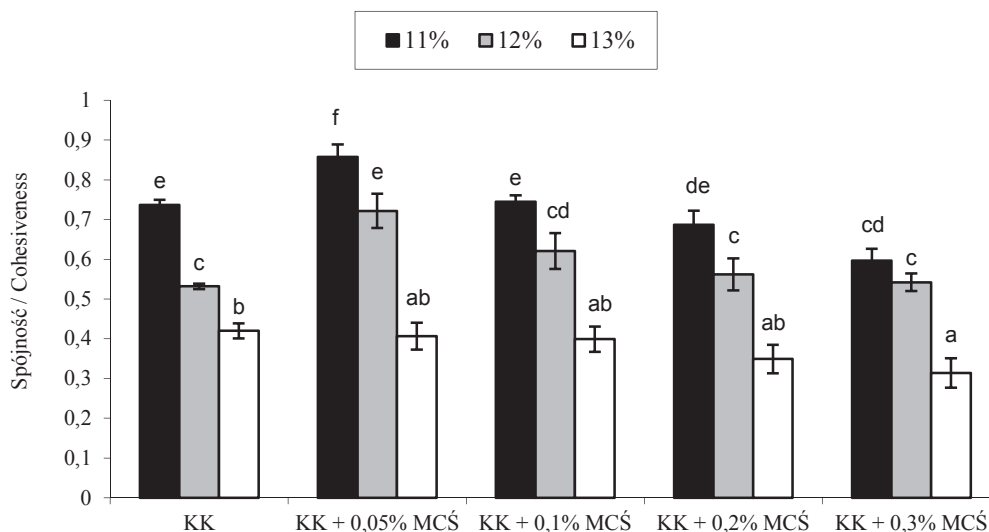
przylegalności analogów w porównaniu z próbkami kontrolnymi. Największą przylegalnością cechowały się analogi serów topionych otrzymane z 13-procentowej KK (1086,2 J), następnie – 13 % KK + 0,05 % MCS (1041,5 J), 13 % KK + 0,1 % MCS (980,5 J), natomiast najmniejszą – analogi 11 % KK + 0,3 % MCS (505,7 J).

Interakcje białko – hydrokoloid mają charakter głównie elektrostatyczny. Występują pomiędzy grupami anionowymi hydrokoloidu i dodatnio naładowanymi grupami białka, które są zależne od stężenia i rodzaju użytego hydrokoloidu [30]. W badaniach własnych [24] stwierdzono również, że dodatek  $\kappa$ -karagenu spowodował zmniejszenie przylegalności analogów serów topionych w porównaniu z próbkami kontrolnymi otrzymanymi z samej kazeiny kwasowej. Natomiast Montero i wsp. [18] badali żele białkowe z dodatkiem różnych hydrokoloidów i stwierdzili, że 1-procentowy dodatek mączki chleba świętojańskiego nie wpłynął w istotny sposób na ich przylegalność.

Na rys. 3. przedstawiono wpływ stężenia kazeiny kwasowej (KK) i mączki chleba świętojańskiego (MCS) na spójność analogów serów topionych. Dodatek mączki chleba świętojańskiego w ilości 0,05 % spowodował zwiększenie spójności badanych próbek w porównaniu z próbkami kontrolnymi jedynie w przypadku analogów serów topionych na bazie 11- i 12-procentowej kazeiny kwasowej. Większe stężenie mączki chleba świętojańskiego (0,1 i 0,2 %) pozwoliło otrzymać analogi o spójności bardzo podobnej do spójności próbek kontrolnych, natomiast 0,3-procentowe stężenie MCS spowodowało zmniejszenie spójności próbek otrzymanych na bazie 11- i 13-procentowej kazeiny kwasowej w stosunku do analogów wzorcowych. Największą spójnością charakteryzowały się analogi serów topionych otrzymane z 11 % KK + 0,05 % MCS (0,86), natomiast najmniejszą – analogi otrzymane z 13 % KK + 0,3 % MCS (0,31).

Kiziloz i wsp. [14], w badaniach dotyczących wpływu skrobi kukurydzianej oraz  $\kappa$ -karagenu (0,5 ÷ 3 %) na strukturę niskobiałkowych analogów serowych na bazie kazeiny podpuszczkowej stwierdzili, że dodatek  $\kappa$ -karagenu wpłynął na zwiększenie spójności produktu końcowego. Sanchez i wsp. [22] stwierdzili, że dodatki mączki chleba świętojańskiego oraz gumy ksantanowej do jogurtu spowodowały zmiany w strukturze sieci żelu kazeinowego. Struktura ta była bardziej zwarta, a wielkość porów uległa redukcji. Większa spójność produktu końcowego chroni jego strukturę przed zbyt łatwym rozpadnięciem się. Jest to związane z wytrzymałością wiązań wewnętrznych w strukturze sera [14]. Twarde analogi serowe są zazwyczaj bardziej przylegalne oraz mniej spójne, co potwierdzają niniejsze badania.





Objaśnienia: / Explanatory notes:

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

Rys. 3. Wpływ stężenia kazeiny i mączki chleba świętojańskiego na spójność analogów serów topionych.

Fig. 3. Effect of concentration of casein and locust bean gum on cohesiveness of processed cheese analogues.

W przypadku sprężystości wszystkie badane analogi osiągnęły bardzo podobne wartości ( $0,94 \div 0,99$ ), co świadczyło o bardzo wysokiej sprężystości próbek (dane niezamieszczone). Podobne wnioski uzyskano w pracy własnej [24], gdzie stwierdzono, że sprężystość nie zależała od stężenia kazeiny kwasowej oraz  $\kappa$ -karagenu i była cechą niezależną od innych właściwości tekstury.

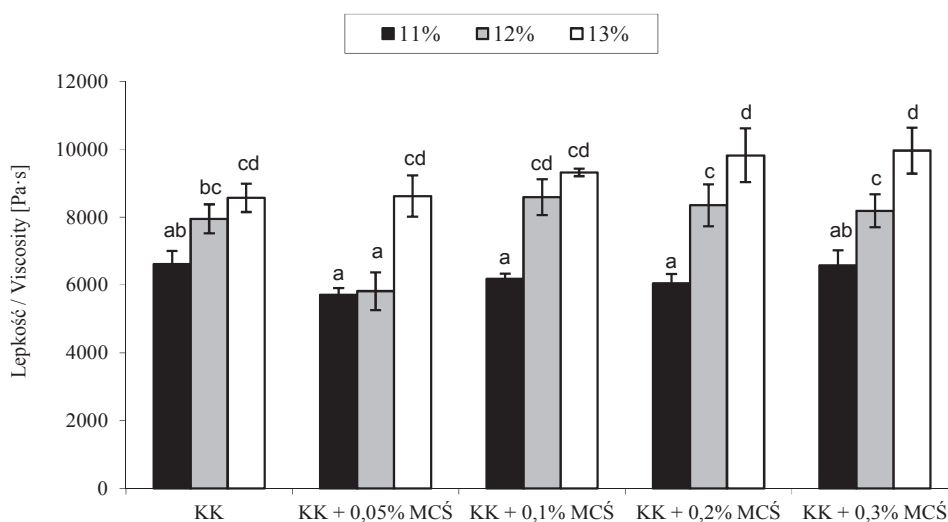
Drugi etap badań miał na celu określenie lepkości i topliwości analogów serów topionych za pomocą reometrii rotacyjnej oraz zmodyfikowanego testu Schreibera.

Lepkość jest jednym z czynników, który wpływa na właściwości funkcjonalne serów topionych i ich analogów. Ponadto, analiza lepkości również pozwala scharakteryzować topliwość produktu końcowego [7]. Na rys. 4. przedstawiono wpływ stężenia kazeiny kwasowej (KK) i mączki chleba świętojańskiego (MCS) na lepkość analogów serów topionych. W przypadku badanych analogów wraz ze zwiększającą się zawartością kazeiny zwiększała się ich lepkość. Dodatek mączki chleba świętojańskiego nie wpłynął istotnie na lepkość badanych próbek. Jedynie w przypadku analogów



z 12-procentowej kazeiny kwasowej, 0,05-procentowy dodatek MCS spowodował zmniejszenie ich lepkości w porównaniu z próbkami kontrolnymi (5813,33 Pa·s).

We wcześniejszych badaniach [24] stwierdzono, że dodatek  $\kappa$ -karagenu powodował zwiększenie lepkości analogów serów topionych na bazie 11- i 12-procentowej kazeiny kwasowej, natomiast zmniejszenie lepkości w przypadku 13-procentowej kazeiny kwasowej, w porównaniu z próbkami wzorcowymi (KK) [24]. Pluta i wsp. [21], w badaniach dotyczących wpływu hydrokoloidów na otrzymywanie serów topionych dowiedli, że zastosowanie większego dodatku mączki chleba świętojańskiego (0,5 ÷ 0,8 %) spowodowało znaczne zwiększenie lepkości w porównaniu z próbkami kontrolnymi sporządzonymi bez dodatku tego hydrokoloidu. Z kolei Kailasapathy [13] stwierdził, że mniejsza zawartość białka wpływa na zmniejszenie lepkości produktu końcowego, co znajduje potwierdzenie w niniejszej pracy. Damodaran i Paraf [5] tłumaczą tę zależność zmniejszeniem liczby interakcji pomiędzy peptydami.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

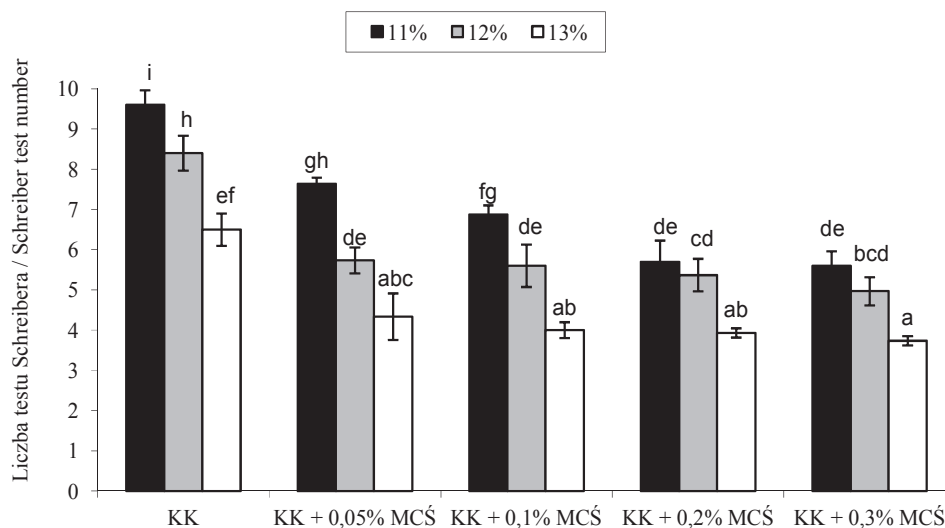
a – d – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ) / differences among mean values denoted by different letters are statistically significant ( $p < 0,05$ ).

Rys. 4. Wpływ stężenia kazeiny i mączki chleba świętojańskiego na lepkość analogów serów topionych.

Fig. 4. Effect of concentration of casein and locust bean gum on viscosity of processed cheese analogues.

Wpływ stężenia kazeiny kwasowej (KK) i mączki chleba świętojańskiego (MCS) na topliwość analogów serów topionych przedstawiono na rys. 5. W przypadku bada-

nych analogów wraz ze zwiększaniem się zawartości kazeiny zmniejszała się ich topliwość. Dodatek mączki chleba świętojańskiego w ilości 0,05 % (również 0,2 % MCŚ w przypadku 11 % KK) spowodował zmniejszenie topliwości wszystkich analogów w porównaniu z próbkami kontrolnymi, jednak zwiększenie jej stężenia w gotowym produkcie nie powodowało dalszego zmniejszenia ich topliwości. Pomimo tej tendencji wszystkie badane próbki cechowały się akceptowaną topliwością (liczba testu Schreibera > 4). Największą topliwością charakteryzowały się analogi serów topionych otrzymane z 11-procentowej KK (9,6), natomiast najmniejszą – analogi otrzymane z 13 % KK + 0,05-0,3 % MCŚ.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

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

Rys. 5. Wpływ stężenia kazeiny i mączki chleba świętojańskiego na topliwość analogów serów topionych.

Fig. 5. Effect of concentration of casein and locust bean gum on meltability of processed cheese analogues.

Podobne wyniki otrzymano w pracy własnej [24] dotyczącej wpływu  $\kappa$ -karagenu na właściwości fizykochemiczne analogów serów topionych, jednak tę tendencję stwierdzono przy większej zawartości karagenu w końcowym produkcie. Kiziloz i wsp. [14], badając wpływ skrobi kukurydzianej oraz  $\kappa$ -karagenu na strukturę nisko-białkowych analogów serowych na bazie kazeiny podpuszczkowej stwierdzili, że do-

datek karagenu w ilości 0,5 ÷ 3 % spowodował znaczne zmniejszenie się ich topliwości. Wymienieni autorzy zauważyli, że większe stężenie hydrokoloidu prawdopodobnie wpłynęło na wzmocnienie wiązań w sieci utworzonej przez kazeinę podpuszczkową i skrobię, a w konsekwencji zmniejszyło topliwość analogów serowych. Potwierdzają to również badania Swensona i wsp. [29], którzy badali wpływ różnych hydrokoloidów, w tym mączki chleba świętojańskiego, na właściwości funkcjonalne beztłuszczowych serów topionych. Badacze stwierdzili, że 2-procentowy dodatek wymienionego hydrokoloidu znacznie zmniejszył topliwość końcowego produktu.

### Wnioski

1. Zastosowanie mączki chleba świętojańskiego miało zróżnicowany wpływ na właściwości fizykochemiczne analogów serów topionych otrzymanych na bazie kazeiny kwasowej i tłuszczu mlecznego.
2. Wraz ze zwiększaniem zawartości kazeiny w analogach serów topionych zwiększała się ich twardość, przylegalność i lepkość, natomiast zmniejszeniu uległa ich spójność oraz topliwość.
3. Zastosowanie mączki chleba świętojańskiego w ilości 0,05 % wpłynęło na zmniejszenie twardości, a zarazem zwiększenie spójności analogów serów topionych otrzymanych z 11-procentowej kazeiny kwasowej. Natomiast przylegalność wszystkich badanych analogów zmniejszała się wraz ze zwiększaniem zawartości hydrokoloidu w produkcie.
4. Sprężystość analogów serowych nie zależała od zawartości kazeiny kwasowej oraz mączki chleba świętojańskiego i była cechą niezależną od innych właściwości tekstury. Z kolei lepkość nie zależała jedynie od zawartości hydrokoloidu w produkcie (z wyjątkiem analogu 12 % KK + 0,05 % MCS).
5. Dodatek mączki chleba świętojańskiego w ilości 0,05 % spowodował istotne ( $p < 0,05$ ) zmniejszenie topliwości wszystkich analogów w porównaniu z próbkami kontrolnymi, jednak wszystkie badane analogi serowe cechowały się dobrą topliwością.

### Literatura

- [1] Aljewicz M., Kowalska M., Cichosz G.: Wartość odżywcza i biologiczna wyrobów seropodobnych oraz analogów sera. *Przegl. Mlecz.*, 2010, **12**, 4-10.
- [2] Association of Official Analytical Chemists (AOAC). *Official Methods of Analysis* (16th Ed.). Gaithersburg, Maryland, 1997.
- [3] Awad S., Hassan A., Mistry V.: Impact of exopolysaccharide-containing base Cheddar cheese on reduced fat process cheese. *Milchwissenschaft*, 2010, **65** (2), 173-176.
- [4] Cheng H.: Xanthan gum and locust bean gum in confectionery use. United States Patent 4,219,582.
- [5] Damodaran S.: Food proteins: an overview. In: *Food proteins and their applications*. Eds. S. Damodaran i A. Paraf. Marcel Dekker Inc., New York 1997, pp. 1-24.

- [6] Deshmukh V.N., Jadhav J.K., Sakarkar D.M.: Formulation and *in vitro* evaluation of theophylline anhydrous bioadhesive tablets. *Asian J. Pharm.*, 2009, **3** (1), 54-58.
- [7] Dimitreli G., Thomareis A.S.: Effect of temperature and chemical composition on processed cheese apparent viscosity. *J. Food Eng.*, 2004, **64**, 265-271.
- [8] Garczewska-Murzyn A., Lorkiewicz B.: Sery topione w Polsce. *Przeł. Mlecz.*, 2011, **55** (7), 22-24.
- [9] Glibowski P., Bochyńska R.: Wpływ inuliny na właściwości reologiczne roztworów białek serwatkowych. *Acta Agroph.*, 2006, **8** (2), 337-345.
- [10] Gustaw W., Sołowiej B., Jabłońska-Ryś E., Zalewska-Korona M.: Wybrane właściwości reologiczne wodnych dyspersji kazeinowo-polisacharydowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2013, **2** (87), 92-105.
- [11] Gustaw W., Nastaj M., Sołowiej B.: Wpływ wybranych hydrokoloidów na właściwości reologiczne jogurtu stałego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **5** (54), 274-282.
- [12] Hanakova Z., Bunka F., Pavlinek V., Hudeckova L., Janis R.: The effect of selected hydrocolloids on the rheological properties of processed cheese analogues made with vegetable fats during the cooling phase. *Int. J. Dairy Technol.*, 2013, **66** (4), 484-489.
- [13] Kailasapathy K.: Chemical composition, physical and functional properties of milk and milk ingredients. In: *Dairy processing & quality assurance*. Eds. R.C. Chandan. John Wiley & Sons Inc., Ames 2008, pp. 75-103.
- [14] Kiziloz M.B., Cumhur O., Kilic M.: Development of the structure of an imitation cheese with low protein content. *Food Hydrocoll.*, 2009, **23**, 1596-1601.
- [15] Lesińska A.: Na każdą półkę cenową. *Forum Mleczarskie Handel*, 2008, **3**, 40.
- [16] Lu Y., Shirashoji N., Lucey J.A.: Rheological, textural and melting properties of commercial samples of the different types of pasteurized processed cheese. *Int. J. Dairy Technol.*, 2007, **60** (2), 74-80.
- [17] Mleko S., Foegeding E.A.: Incorporation of polymerized whey proteins into processed cheese analogs. *Milchwissenschaft*, 2001, **56**, 612-615.
- [18] Montero M., Hurtado P., Peres-Mateos M.: Microstructural behaviour and gelling characteristics of myosin protein gels interacting with hydrocolloids. *Food Hydrocoll.*, 2000, **14**, 455-461.
- [19] Nastaj M., Gustaw W.: Wpływ wybranych prebiotyków na właściwości reologiczne jogurtu stałego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, **5** (60), 217-225.
- [20] Patel M., Tekade A., Gattani S., Surana S.: Solubility enhancement of lovastatin by modified locust bean gum using solid dispersion techniques. *AAPS Pharm. Sci. Technol.*, 2008, **9** (4), 1262-1269.
- [21] Pluta A., Ziarno M., Smolińska A.: Możliwości zastosowania hydrokoloidów w produkcji serów topionych. *Przem. Spoż.*, 2000, **5**, 42-44.
- [22] Sanchez C., Zuniga-Lopez R., Schmitt C., Despond S., Hardy J.: Microstructure of acid-induced skim milk-locust bean gum-xanthan gels. *Int. Dairy J.*, 2000, **10**, 199-212.
- [23] Simeone M., Alfani A., Guido S.: Phase diagram, rheology and interfacial tension of aqueous mixtures of Na-caseinate and Na-alginate. *Food Hydrocoll.*, 2004, **18**, 463-470.
- [24] Sołowiej B.: Wpływ  $\kappa$ -karagenu na właściwości fizykochemiczne analogów serów topionych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **2** (81), 107-118.
- [25] Sołowiej B.: Ocena właściwości reologicznych analogów serów topionych o zmniejszonej zawartości tłuszczu. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **1** (80), 60-71.
- [26] Sołowiej B.: Wpływ procesu homogenizacji na właściwości tekstury i topliwość analogów serów topionych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, **6** (67), 16-26.
- [27] Sołowiej B., Gustaw W., Nastaj M.: Wpływ dodatku koncentratów białek serwatkowych na właściwości reologiczne analogów serów topionych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, **5** (60), 226-234.

- [28] Sołowiej B., Gustaw W., Mleko S., Andruszczak S.: Właściwości reologiczne gumy ksantanowej i różnych rodzajów skrobi. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, **3 (40)** Supl., 184-195.
- [29] Swenson B.J., Wendorff W.L., Lindsay R.C.: Effects of ingredients on the functionality of fat-free process cheese spreads. *J. Food Sci.*, 2000, **65**, 822-825.
- [30] Tolstoguzov V.B.: Functional properties of protein-polysaccharide mixtures. In: *Functional properties of food macromolecules*. Eds. J.R. Mitchell, D.A. Ledward. Elsevier Applied Science, London 1986, pp. 385-415.
- [31] Ziarno M., Zaręba D.: Substancje dodatkowe stosowane w serowarstwie. *Przem. Spoż.*, 2007, **61 (10)**, 34-38.

### EVALUATION OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF PROCESSED CHEESE ANALOGUES WITH LOCUST BEAN GUM ADDED

#### Summary

The objective of the research study was to produce, on a laboratory scale, processed cheese analogues from acid casein with a locust bean gum added and to analyse their texture and meltability. The hardness of processed cheese analogues produced was measured using a TA-XT2i Texture Analyser and a 10 mm diameter cylindrical sampler. A puncture test was used to determine the force necessary for the sampler to be drilled into a cheese sample to a depth of 20 mm. The texture of the processed cheese analogues was analyzed using a TA-XT2i Texture Analyser and a 15 mm diameter cylindrical sampler. A texture profile analysis (TPA) was applied to determine the following: adhesiveness, cohesiveness, and springiness of cheese analogues. The viscosity of processed cheese analogues was measured using a Brookfield DV II+ rotational viscometer with a Helipath Stand (F). The meltability of processed cheese analogues was analyzed using a modified Schreiber test. The addition of locust bean gum had varying effects on the physicochemical properties of processed cheese analogues produced on the basis of acid casein and milk fat. Along with the increase in the casein content in processed cheese analogues, their hardness, adhesiveness, and viscosity increased; however, their cohesiveness and meltability decreased. The application of 0.05 % locust bean gum caused the hardness to decrease, and, at the same time, the cohesiveness of processed cheese analogues produced from 11 % acid casein to increase. On the other hand, the adhesiveness of all the analogues tested decreased with the increasing content of hydrocolloid in the product. The springiness of cheese analogues did not depend on the content of acid casein and locust bean gum and was a characteristic independent of other textural properties. Then, the viscosity did not depend solely on the content of hydrocolloid in the product (except for 12 % KK + 0.05 % MCS analogue). The locust bean gum added in an amount of 0.05 % resulted in a significant reduction in meltability of all the analogues compared to the control samples; however, all the tested cheese analogues were characterized by good meltability.

**Key words:** processed cheese analogue, acid casein, locust bean gum, texture, meltability 