

BARTOSZ SOŁOWIEJ

## WPLYW $\kappa$ -KARAGENU NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE ANALOGÓW SERÓW TOPIONYCH

### Streszczenie

Celem niniejszej pracy było otrzymanie oraz ocena właściwości teksturalnych i topliwości analogów serów topionych z dodatkiem  $\kappa$ -karagenu. Twardość otrzymanych analogów serów topionych badano przy użyciu analizatora tekstury TA-XT2i próbnikiem cylindrycznym o średnicy 10 mm (prędkość przesuwu 1 mm/s, stała temperatura 21°C). W teście przebijania (puncture test) określano siłę potrzebną do zagłębienia próbki na 20 mm. Teksturę otrzymanych analogów serów topionych badano przy użyciu analizatora tekstury TA-XT2i próbnikiem cylindrycznym o średnicy 15 mm (prędkość przesuwu 1 mm/s, stała temperatura 21 °C). W profilowej analizie tekstury (TPA) określano następujące cechy: przylegalność, sprężystość i żujność 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 Schreibera. Zwiększanie zawartości  $\kappa$ -karagenu w przedziale 0,05 - 0,3 % powodowało zwiększenie twardości i żujności, a zmniejszenie przylegalności oraz topliwości analogów serów topionych. Dodatek  $\kappa$ -karagenu w ilości 0,05 - 0,3 % nie wpłynął na zmniejszenie sprężystości analogów serów topionych. Zwiększanie zawartości  $\kappa$ -karagenu w przedziale 0,05 - 0,3 % powodowało zwiększenie lepkości badanych próbek na bazie 11 i 12 % kazeiny kwasowej, natomiast zmniejszenie lepkości w przypadku 13 % kazeiny kwasowej, w porównaniu z analogami wzorcowymi.

**Słowa kluczowe:** analogi serów topionych, kazeina kwasowa,  $\kappa$ -karagen, tekstura, topliwość

### Wprowadzenie

Hydrokoloidy są wysokocząsteczkowymi hydrofilowymi biopolimerami powszechnie stosowanymi w przemyśle spożywczym, służącymi jako funkcjonalne dodatki kształtujące strukturę oraz zapewniające stabilność produktów żywnościowych. Są to substancje o charakterze polisacharydowym (gumy) lub białkowym, które rozpuszczają się lub pęcznieją w zimnej lub gorącej wodzie, tworząc roztwory lepkie lub układy dyspersyjne [7]. Hydrokoloidy mogą pełnić funkcje stabilizatorów pian, emulsji i układów dyspersyjnych, emulgatorów, zagęstników, substancji żelujących. Są doda-

wane do wyrobów cukierniczych i ciastkarskich, mięsnych i garmażeryjnych, przetworów mlecznych oraz koncentratów spożywczych. Dodaje się je także do produktów tradycyjnych, jak również z ich udziałem wytwarzane są produkty niskokaloryczne o zmniejszonej zawartości tłuszczu. Hydrokoloidy polisacharydowe, np. karageny, galaktomannany, pektyny pełnią dodatkowo funkcję błonnika pokarmowego, dlatego często są składnikiem dietetycznych środków spożywczych wspomagających odchudzanie [27]. Ponadto szybko stwarzają odczucie sytości, jak również wydłużają czas pasażu żywności przez jelita [24]. Podobnie jak preparaty białkowe mogą pełnić funkcję zarówno substancji wzbogacających przy produkcji żywności funkcjonalnej i dietetycznej, jak i substancji wiążących wodę, emulgujących tłuszcz zastępujących mięso w przetworach mięsnych, w żywności wegetariańskiej oraz żywności o obniżonej wartości energetycznej [16].

Rynek analogów serowych rozwinął się szczególnie w Stanach Zjednoczonych. Bodźcem rozwoju tych produktów był niższy koszt wyprodukowania analogu sera niż jego naturalnego odpowiednika [17]. Do produkcji analogów serowych mogą być stosowane substancje dodatkowe tj. błonnik, hydrokoloidy, przyprawy oraz środki wiążące. Można je dodawać oddzielnie lub w mieszaninie [12]. Analogi serów topionych są przykładem produktu, w którym zastąpienie jednego lub kilku składników innymi nie spowoduje technicznych ani technologicznych problemów. Taka zmiana receptury pozwala więc w prosty sposób obniżyć koszty produkcji i otrzymać produkt o wysokich właściwościach odżywczych, w pełni zaspokajający oczekiwania konsumentów. Obserwowane w opracowywaniu nowych receptur tendencje są związane ze zmieniającymi się nawykami żywieniowymi [4].

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu  $\kappa$ -karagenu na właściwości teksturalne i topliwość analogów serów topionych otrzymanych z kazeiny kwasowej.

### **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 Mazowieckie),  $\kappa$ -karagenu (KAR) (SIGMA Chemical, St. Louis, USA), bezwodnego kwasnego fosforanu dwusodowego, kwasu cytrynowego i wodorotlenku sodu (P.P.H. POCH, Gliwice). Zawartość białka oznaczano metodą Kjeldahla [1].

#### *Proces produkcji analogu sera topionego*

Mieszano z wodą destylowaną  $\kappa$ -karagen w ilości: 0,05; 0,1; 0,2 lub 0,3 %, przy użyciu mieszadła magnetycznego (MR 3002S Heidolph, Niemcy). Następnie dodawano roztopiony w temp. 45 °C bezwodny tłuszcz mleczny (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 roztworu topnika (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 serowe wylewano do zlewek w ilości 40 ml. Produkt przechowywano w temperaturze  $20 \pm 2$  °C przez 30 min celem ostygnięcia, a następnie przechowywano przez 24 h w temp. 5 °C.

#### *Test przebijania (puncture test)*

Pomiarów dokonywano za pomocą teksturometru TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Wielka Brytania). Próbki sera badano za pomocą próbnika cylindrycznego  $\varnothing$  10 mm, przy prędkości przesuwu głowicy 1 mm/s. Uzyskane wyniki (z 3 pomiarów w każdym z 3 powtórzeń) rejestrowane były przez program Texture Expert version 1.22. W punktowym badaniu tekstury określano siłę potrzebną do zagłębienia próbnika na 20 mm.

#### *Profilowa analiza tekstury (TPA)*

Pomiarów dokonywano za pomocą teksturometru TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Wielka Brytania). Próbki sera badano za pomocą próbnika cylindrycznego o  $\varnothing$  15 mm, przy prędkości przesuwu głowicy 1 mm/s. Uzyskane wyniki (z 6 pomiarów w każdym z 3 powtórzeń) rejestrowane były przez program Texture Expert version 1.22. W profilowej analizie tekstury (TPA) określano następujące cechy: przylegalność, sprężystość i żujność 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 zanurzone w badanej próbce. Próbki sera badano w stałej temp. 20 °C, przy stałej prędkości wrzeczona  $V = 0,5$  obr./min. Wyniki (z 3 pomiarów w każdym z 3 powtórzeń) rejestrowano komputerowo w programie 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 o mocy 300 W. Roztopioną próbkę porównywano ze wzorcem, zliczano punkty w 6 miejscach, a następnie wyliczano z nich średnią topliwości [14]. Wykonano po 3 pomiary w każdym z 3 powtórzeń. Zakres skali w teście Schreibera wynosi od 0 do 10 jednostek i oznacza, że powyżej 4 uzyskuje się dobrą topliwość; natomiast poniżej 4 nieodpowiednią.

### *Analiza statystyczna*

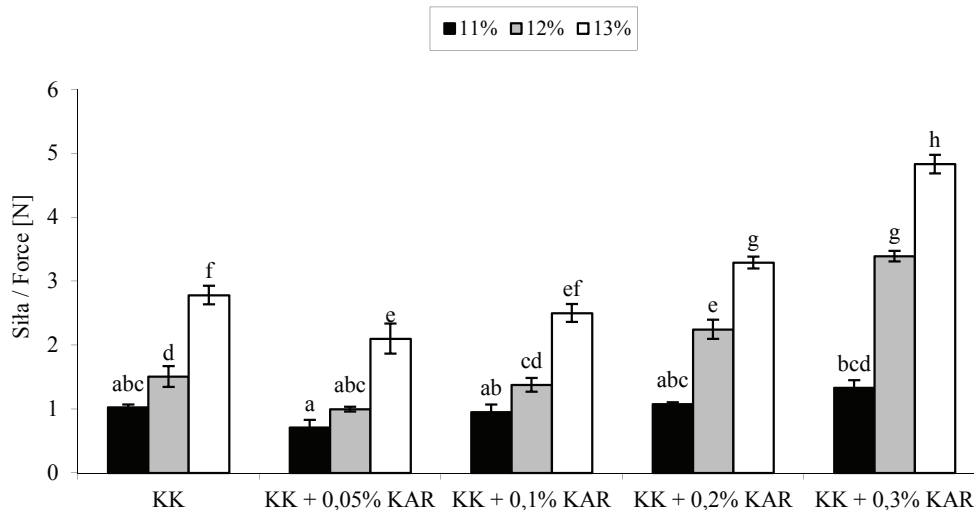
Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu programu Statistica 7.0 PL. W celu określenia wpływu  $\kappa$ -karagenu oraz kazeiny kwasowej na właściwości teksturalne i topliwość analogów serów topionych zastosowano dwuczynnikową analizę wariancji (ANOVA), wykorzystując test post-hoc Tukey'a 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 żujność analogów serów topionych.

Twardość jest siłą niezbędną do osiągnięcia określonej deformacji produktu [21]. Według kryterium twardości produkty żywnościowe można podzielić na miękkie, zwarte i twarde [23]. Na rys. 1. przedstawiono wpływ stężenia kazeiny kwasowej (KK) i  $\kappa$ -karagenu (KAR) na twardość analogów serów topionych. W przypadku badanych analogów wraz ze zwiększającą się zawartością kazeiny zwiększała się ich twardość. Dodatek  $\kappa$ -karagenu w ilości 0,2 i 0,3 % powodował dalsze zwiększenie twardości badanych próbek na bazie 12 i 13 % kazeiny kwasowej w porównaniu z próbkami kontrolnymi o tym samym stężeniu. Niższe stężenie karagenu (0,05 i 0,1 %) pozwoliło otrzymać analogi o mniejszej lub takiej samej twardości jak próbki wzorcowe (KK). Największą twardością charakteryzowały się analogi serów topionych otrzymane z 13 % KK + 0,3 % KAR (4,83 N), natomiast najmniejszą analogi otrzymane z 11 % KK + 0,05 % KAR (0,71 N). Oznacza to, że do ich przebicia potrzebna była siła odpowiednio 4,83 N i 0,71 N.

Podobne wyniki osiągnęli Cernikova i wsp. [3], badając wpływ wybranych hydrokolidów jako zamienników topników w produkcji serów topionych. Badacze zaobserwowali, że dodatek  $\kappa$ - i  $\iota$ -karagenu w stężeniu 0,2 - 1 % powodował zwiększenie twardości serów topionych. Również w pracy Lee i Brummela [13] zastosowanie hydrokolidów jako zamiennika tłuszczu spowodowało zwiększenie twardości serów topionych. Potwierdzają to także badania Kiziloza i wsp. [11], dotyczące wpływu skrobi kukurydzianej oraz  $\kappa$ -karagenu (0,5 - 3 %) na strukturę niskobiałkowych analogów serowych na bazie kazeiny podpuszczkowej. Natomiast Tunick i wsp. [26] stwierdzili, że tworzenie kompleksów przez micelle lub submicelle kazeinowe na powierzchni kuleczek tłuszczu mlecznego zwiększało twardość sera.



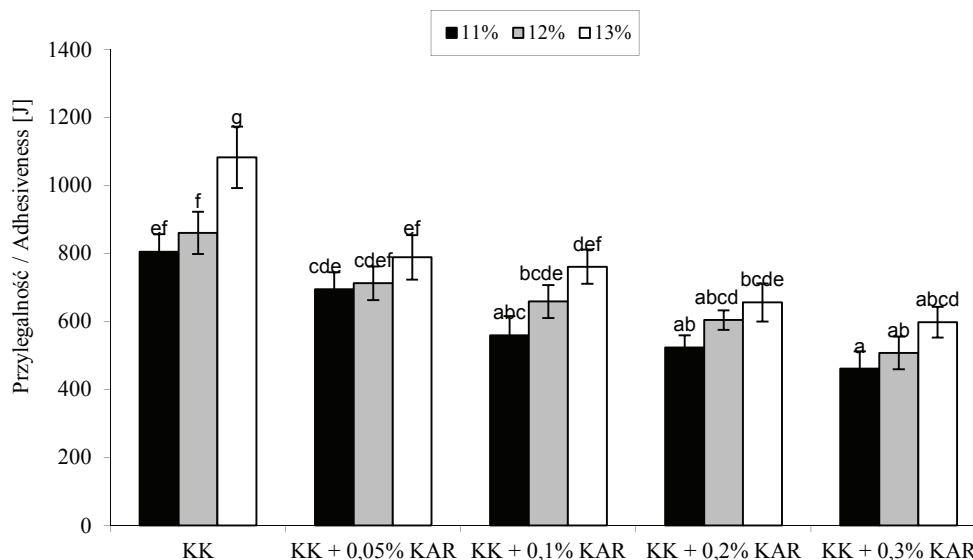
a - h – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ) / differences among mean values denoted using different letters are statistically significant ( $p < 0.05$ ).

Rys. 1. Wpływ stężenia kazeiny i  $\kappa$ -karagenu na twardość analogów serów topionych.

Fig. 1. Effect of casein and  $\kappa$ -carrageenan concentration on hardness of processed cheese analogues.

Duża przylegalność serów, w przypadku serów pakowanych, zwłaszcza topionych, jest jednym z parametrów ograniczających ich spożycie. Konsumenci nie preferują produktów, od których trudno oddzielić się opakowanie [20]. Ponadto przylegalność jest cechą, która wpływa na plasterkowanie serów topionych [2]. Ze względów teksturalnych przylegalność jest siłą potrzebną do pokonania sił przyciągania pomiędzy produktem a powierzchnią styku maszyny testującej próbkę. W znaczeniu sensorycznym jest to siła potrzebna do usunięcia materiału, który przylega do podniebienia, podczas procesu jedzenia [21]. Według kryterium przylegalności produkty żywnościowe można podzielić na kleiste, klejące oraz zlepiające [23].

Wpływ stężenia kazeiny kwasowej (KK) i  $\kappa$ -karagenu (KAR) na przylegalność analogów serów topionych przedstawiono na rys. 2. W przypadku badanych analogów wraz ze zwiększeniem zawartości kazeiny zwiększała się ich przylegalność, jednakże przylegalność analogów serów topionych w miarę zwiększania stężenia  $\kappa$ -karagenu była mniejsza w porównaniu z próbkami kontrolnymi (KK). Największą przylegalnością cechowały się analogi serów topionych otrzymane z 13 % KK (1082,58 J), natomiast najmniejszą analogi otrzymane z 11 % KK + 0,3 % KAR (461,24 J).



a - g – 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 stężenia kazeiny i  $\kappa$ -karagenu na przylegalność analogów serów topionych.

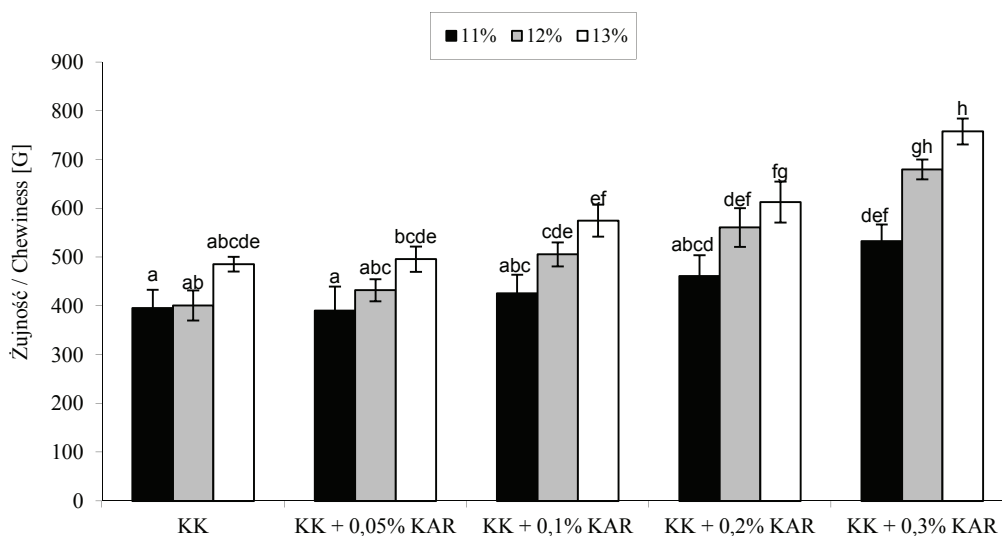
Fig. 2. Effect of casein and  $\kappa$ -carrageenan concentration on adhesiveness of processed cheese analogues.

W pracy Gustawa i Mleko [9], dotyczącej analogów serów topionych z dodatkiem izolatu białek serwatkowych, zastosowanie hydrokoloidów spowodowało również zmniejszenie przylegalności badanych analogów. W innej pracy Gustawa i wsp. [10], dotyczącej otrzymywania deserów mlecznych z białek serwatkowych z dodatkiem skrobi i karagenu sugerowano, że specyficzne oddziaływania pomiędzy polisacharydem a micelami kazeiny spowodowane są elektrostatycznym przyciąganiem, występującym pomiędzy łańcuchami karagenu a  $\kappa$ -kazeiną. Natomiast Thapa i Gupta [25] wykazali, że zmniejszenie zawartości wody i zwiększenie poziomu emulgatora w serach topionych wpłynęło na zwiększenie ich przylegalności.

Sprężystość jest miarą powrotu do pierwotnego stanu po tym, jak pierwsza siła zostaje usunięta. W ujęciu sensorycznym jest to stan, do którego powraca produkt po procesie ściskania między zębami [21]. Według kryterium sprężystości produkty żywnościowe dzieli się na: sprężyste i elastyczne [23]. Wszystkie badane analogi osiągnęły bardzo podobne wartości (0,95 - 0,99), co świadczyło o bardzo wysokiej sprężystości próbek (dane nie zamieszczone). Podobne wnioski uzyskano w pracy własnej [20],

gdzie stwierdzono, że sprężystość nie zależy od stężenia białka i jest cechą niezależną od twardości czy innych cech tekstury.

Żujność jest miarą energii potrzebnej do zmiążdżenia produktu do jednolitego stanu przed połknięciem [21]. Według kryterium żujności produkty żywnościowe można podzielić na: kruche, ciągliwe lub twarde [23]. Dodatek  $\kappa$ -karagenu w ilości 0,1 - 0,3 % powodował zwiększenie żujności badanych próbek w porównaniu z próbkami kontrolnymi (KK) (rys. 3). Mniejsze stężenie  $\kappa$ -karagenu (0,05 %) pozwoliło otrzymać analogi o żujności bardzo podobnej do żujności próbek wzorcowych. Największą żujnością charakteryzowały się analogi serów topionych otrzymane z 13 % KK + 0,3 % KAR (757,89 G), natomiast najmniejszą analogi otrzymane z 11 % KK + 0,05 % KAR (390,52 G) oraz 11 % KK (395,96 G).



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

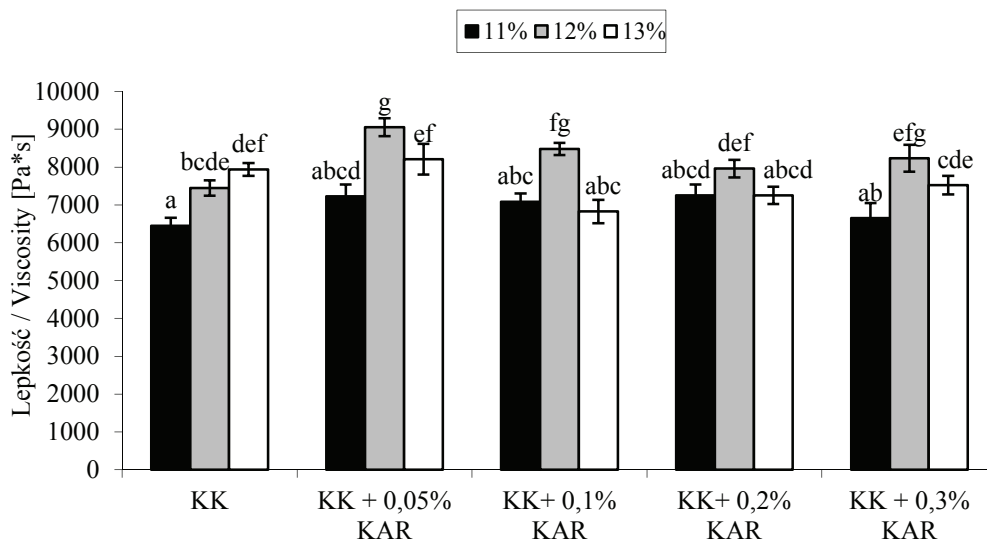
Rys. 3. Wpływ stężenia kazeiny i  $\kappa$ -karagenu na żujność analogów serów topionych.

Fig. 3. Effect of casein and  $\kappa$ -carrageenan concentration on chewiness of processed cheese analogues.

Gupta i Reuter [8] w badaniach dotyczących analogów serów topionych na bazie kazeiny podpuszczkowej z dodatkiem koncentratów białek serwatkowych stwierdzili, że żujność wzrastała w miarę dodatku białka i wraz ze zmniejszaniem zawartości wody. Potwierdzają to badania własne [20], dotyczące wpływu sproszkowanych preparatów serwatkowych na teksturę analogów serów topionych na bazie kazeiny kwasowej.

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

Na rys. 4. przedstawiono wpływ stężenia kazeiny kwasowej (KK) i  $\kappa$ -karagenu (KAR) na lepkość analogów serów topionych. W przypadku analogów wzorcowych wraz ze zwiększeniem zawartości kazeiny zwiększała się ich lepkość. Dodatek  $\kappa$ -karagenu powodował zwiększenie lepkości badanych próbek na bazie 11 i 12 % kazeiny kwasowej, natomiast zmniejszenie lepkości w przypadku 13 % kazeiny kwasowej, w porównaniu z próbkami wzorcowymi (KK). Największą lepkością charakteryzowały się analogi serów topionych otrzymane z 12 % KK + 0,05 % KAR (9053,33 Pa·s), natomiast najmniejszą analogi wzorcowe otrzymane z 11 % KK (6446,67 Pa·s).



a - g – 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 stężenia kazeiny i  $\kappa$ -karagenu na lepkość analogów serów topionych.

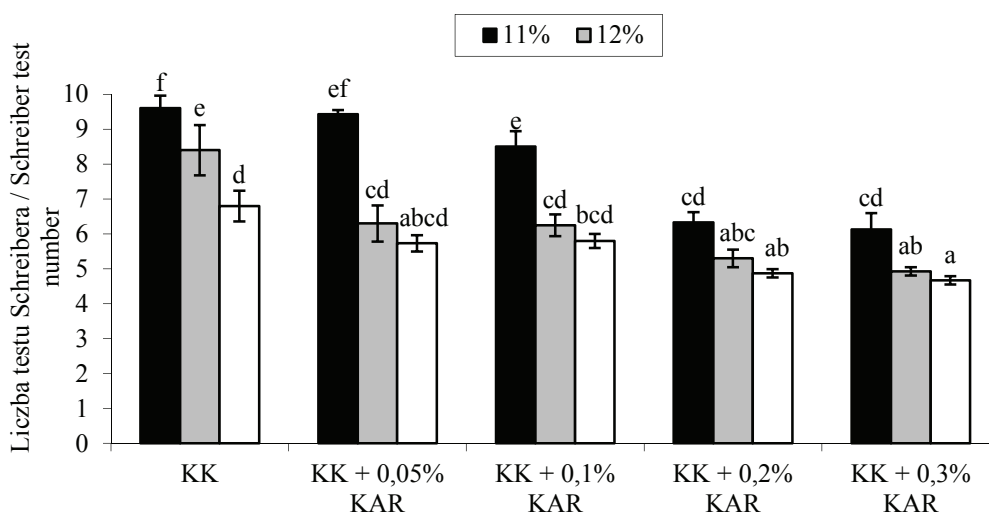
Fig. 4. Effect of casein and  $\kappa$ -carrageenan concentration on viscosity of processed cheese analogues.

W badaniach przeprowadzonych przez Plutę i wsp. [15], w przypadku serów topionych z dodatkiem hydrokoloidów, dodatek mączki chleba świętojańskiego powodował zwiększenie lepkości w porównaniu z próbkami kontrolnymi. Dimitreli i Thomareis [6] stwierdzili, że wzrost lepkości serów topionych podczas przetwarzania spowodowany jest przez fazę ciągłą (woda + białko), a nie przez fazę zdyspergowaną (ciekły tłuszcz). Corredig i Dalgleish [5], badając wzajemne oddziaływania



$\alpha$ -laktoalbuminy,  $\beta$ -laktoglobuliny i kazeiny dowiedli, że białka te łączą się podczas obróbki termicznej. Przyłączanie białek serwatkowych do kazeiny powoduje zwiększenie masy molowej powstałych agregatów, a tym samym wzrost lepkości. W miarę koncentracji białka lepkość roztworów wzrastała, co może świadczyć o interakcji uwodnionych cząsteczek białka. Potwierdzają to również badania własne [18, 19], dotyczące wpływu preparatów serwatkowych na właściwości fizykochemiczne analogów serów topionych na bazie kazeiny kwasowej.

Wpływ stężenia kazeiny kwasowej (KK) i  $\kappa$ -karagenu (KAR) na topliwość analogów serów topionych przedstawiono na rys. 5. W przypadku badanych analogów wraz ze zwiększaniem się zawartości kazeiny zmniejszała się ich topliwość. Dodatek  $\kappa$ -karagenu, jak również zwiększenie jego stężenia w gotowym produkcie powodowało dalsze zmniejszanie się ich topliwości w porównaniu z próbkami kontrolnymi (KK). Największą topliwością charakteryzowały się analogi serów topionych otrzymane z 11 % KK (9,6), natomiast najmniejszą analogi otrzymane z 13 % KK + 0,3 % KAR (4,67). Jednak wszystkie badane próbki cechowały się akceptowaną topliwością (powyżej 4).



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 stężenia kazeiny i  $\kappa$ -karagenu na topliwość analogów serów topionych.

Fig. 5. Effect of casein and  $\kappa$ -carrageenan concentration on meltability of processed cheese analogues.

Badania Kiziloza i wsp. [11], dotyczące wpływu skrobi kukurydzianej oraz  $\kappa$ -karagenu na strukturę niskobiałkowych analogów serowych na bazie kazeiny podpuszczkowej dowiodły, że dodatek karagenu w ilości 0,5 - 3 % powodował znaczne zmniejszenie ich topliwości. W przypadku tradycyjnych serów topionych również obserwowano mniejszą topliwość po dodaniu hydrokoloidów [22], chociaż zastąpienie białek sera nawet w 80 % mieszaniną kazeiny i  $\beta$ -laktoglobuliny nie spowodowało znaczących różnic w topliwości badanych serów. Cernikova i wsp. [3], badając wpływ wybranych hydrokoloidów jako zamienników topników w produkcji serów topionych, stwierdzili że dodatek  $\kappa$ - i  $\iota$ -karagenu do produktu powodował zmniejszenie jego topliwości. Mleko i Foegeding [14] zaobserwowali, że analogi serów topionych otrzymane ze wszystkich białek mleka, częściowo zastąpione przez kazeinę podpuszczkową charakteryzowały się mniejszą topliwością w porównaniu z próbkami wzorcowymi. W kontekście topliwości sery topione mogą być rozpatrywane jako dwuskładnikowy układ złożony z topliwej sieci kazeinowej i nietopliwej sieci utworzonej z białek serwatkowych. Prawdopodobnie w wyższej temperaturze jest możliwa agregacja białek serwatkowych lub interakcja pomiędzy białkami serwatkowymi i kazeiną, która powoduje wzrost sprężystości serów topionych. Zhan [28] stwierdził, że uwodnienie otoczki białka pełni ważną rolę w kontrolowaniu topliwości analogów serów topionych.

### Wnioski

1. Zwiększanie zawartości  $\kappa$ -karagenu w przedziale 0,05 - 0,3 % powodowało zwiększenie twardości i żujności, a zmniejszenie przylegalności oraz topliwości analogów serów topionych.
2. Dodatek  $\kappa$ -karagenu w ilości 0,05 - 0,3 % nie wpłynął na zmniejszenie sprężystości analogów serów topionych.
3. Zwiększanie zawartości  $\kappa$ -karagenu w przedziale 0,05-0,3 % powodowało zwiększenie lepkości badanych próbek na bazie 11 i 12 % kazeiny kwasowej, natomiast zmniejszenie lepkości w przypadku 13 % kazeiny kwasowej, w porównaniu z analogami wzorcowymi.

### Literatura

- [1] Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Methods of Analysis (14<sup>th</sup> Ed.), Arlington, VA, 1984.
- [2] Awad S., Hassan A., Mistry V.: Impact of exopolysaccharide-containing base Cheddar cheese on reduced fat process cheese. *Milchwissenschaft – Milk Sci. Int.*, 2010, **65** (2), 173-176.
- [3] Cernikova M., Bunka F., Pospiech M., Tremlova B., Hladka K., Pavlinek V., Brezina P.: Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *Int. Dairy J.*, 2010, **20**, 336-343.
- [4] Cichosz G.: *Technologia serów topionych*. Oficyna Wyd. „Hoża”, Warszawa 2000.

- [5] 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.
- [6] Dimitreli G., Thomareis A.S.: Effect of temperature and chemical composition on processed cheese apparent viscosity. *J. Food Eng.*, 2004, **64**, 265-271.
- [7] Djagny V.B., Wang Z., Xu S.: Gelatin: A valuable protein for food and pharmaceutical industries: review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2001, **41** (6), 481-492.
- [8] Gupta V.K., Reuter H.: Processed cheese foods with added whey protein concentrates. *Lait*, 1992, **72**, 201-212.
- [9] Gustaw W., Mleko S.: The effect of polysaccharides and sodium chloride on physical properties of processed cheese analogs containing whey proteins. *Milchwissenschaft - Milk Sci. Int.*, 2007, **62** (1), 59-62.
- [10] Gustaw W., Sołowiej B., Mleko S.: Otrzymywanie deserów z białek serwatkowych z dodatkiem skrobi i karagenu. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, **4** (45) Supl., 100-109.
- [11] Kiziloz M.B., Cumhur O., Kilic M.: Development of the structure of an imitation cheese with low protein content. *Food Hydroll.*, 2009, **23**, 1596-1601.
- [12] Kratochvil J.F.: Imitation cheese product. United Kingdom Patent Application, 2165134 A, 1986, p.1-8.
- [13] Lee K., Brummel S.E.: Fat reduction in processed cheese by added hydrocolloids (soluble fiber). XXIII International Dairy Congress, Montreal, Canada, 1990, October 8-12, Vol. II. p. 402 (762).
- [14] Mleko S., Foegeding E.A.: Incorporation of polymerized whey proteins into processed cheese analogs. *Milchwissenschaft - Milk Sci. Int.*, 2001, **56**, 612.
- [15] Pluta A., Ziarno M., Smolińska A.: Możliwości hydrokoloidów w produkcji serów topionych. *Przem. Spoż.*, 2000, (5), 42-44
- [16] Rutkowski A., Kozłowska H.: Preparaty żywnościowe z białka roślinnego. WNT, Warszawa 1981.
- [17] Shaw M.: Cheese substitutes: threat or opportunity? *J. Society Dairy Tech.*, 1984, **37**, 27-31.
- [18] Sołowiej B., Mleko S., Gustaw W.: Physicochemical properties of acid casein processed cheese analogs obtained with different whey products. *Milchwissenschaft - Milk Sci. Int.*, 2008, **63**, 299-302.
- [19] 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.
- [20] Sołowiej B.: Analiza tekstury analogów serów topionych z dodatkiem preparatów serwatkowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **5** (54), 292-300.
- [21] Surówka K.: Tekstura żywności i metody jej badania. *Przem. Spoż.* 2002, **10**, 12-17.
- [22] 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.
- [23] Szcześniak A.S.: Texture is a sensory property. *Food Qual. Prefer.*, 2002, **13**, 215-225.
- [24] Świdzki F., Waszkiewicz-Robak B.: Hydrokoloidy - substancje dodatkowe i składniki żywności specjalnego przeznaczenia. *Przem. Spoż.*, 2001, **3**, 12-16.
- [25] Thapa T.B., Gupta V.K.: Rheology of processed cheese foods with added whey protein concentrates. *Indian J. Dairy Sci.*, 1992, **45**, 88-92.
- [26] Tunick M.H., Malin E.L., Smith P.W., Shieh J.J., Sullivan B.C, Mackey K.L.: Proteolysis and rheology of low-fat and full-fat mozzarella cheeses prepared from homogenized milk. *J. Dairy Sci.*, 1993, **76**, 3621-3628.
- [27] Waszkiewicz-Robak B., Świdzki F.: Hydrokoloidy w produkcji żywności funkcjonalnej. W: *Hydrokoloidy w produkcji żywności*. Red. A. Rutkowski. Polska Izba Dodatków do Żywności, Trans-Druk, Konin 2001, ss. 7-18.

- [28] Zhan N.: The effect of milk fat, the ratio of casein to water and temperature and the viscoelastic properties of rennet casein gels. *J. Dairy Sci.*, 1998, **81**, 2561-2571.

### **EFFECT OF $\kappa$ -CARRAGEENAN ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF PROCESSED CHEESE ANALOGUES**

#### **S u m m a r y**

The objective of this study was to manufacture processed cheese analogues with added  $\kappa$ -carrageenan and to evaluate their textural properties and meltability. The hardness of processed cheese analogues manufactured was measured using a TA-XT2i Texture Analyser and a 10 mm diameter cylindrical sampler (penetration rate: 1 mm/s; constant temperature: 21 °C). Using a puncture test, the force was determined that allowed the sampler to sink 20 mm deep in the cheese. The texture of the processed cheese analogues was examined using a TA-XT2i Texture Analyser and a 15 mm diameter cylindrical sampler (penetration rate: 1 mm/s; constant temperature: 21 °C). Using a texture profile analysis (TPA) determined were the parameters: adhesiveness, springiness, and chewiness of processed cheese analogues. The viscosity of processed cheese analogues was measured using a Brookfield DV II+ rotational viscometer with a Heli-path Stand (F). The meltability of processed cheese analogues was analysed using a modified Schreiber test. An increase in the  $\kappa$ -carrageenan content ranging from 0.05 to 0.3 % caused the hardness and chewiness of the processed cheese analogues to increase, and their adhesiveness and meltability to decrease. The addition of  $\kappa$ -carrageenan in the amount from 0.05 to 0.3 % did not cause the springiness of processed cheese analogues to decrease. Along with the increasing content of  $\kappa$ -carrageenan in the range between 0.05 and 0.3 %, the viscosity of 11 % and 12 % acid casein-based samples increased, whereas the viscosity of 13 % acid casein-based samples decreased as compared to the model analogues.

**Key words:** processed cheese analogues, acid casein,  $\kappa$ -carrageenan, texture, meltability ☒