

BARTOSZ SOŁOWIEJ

## WPLYW PROCESU HOMOGENIZACJI NA WŁAŚCIWOŚCI TEKSTURY I TOPLIWOŚĆ ANALOGÓW SERÓW TOPIONYCH

### Streszczenie

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu procesu homogenizacji na właściwości tekstury i topliwość analogów serów topionych, w których zastąpiono częściowo kazeinę kwasową przez preparaty białek serwatkowych. 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) określono następujące cechy: twardość, przylegalność, spójność, sprężystość i żujność analogów serowych. Pomiarów topliwości dokonano przy użyciu zmodyfikowanego testu Schreibera.

Zmiana prędkości homogenizacji, jak również dodatek białek serwatkowych, spowodował zmiany właściwości tekstury analogów serów topionych z dodatkiem wszystkich preparatów serwatkowych.

Zwiększenie prędkości homogenizacji spowodowało znaczny wzrost twardości, przylegalności, spójności sprężystości i żujności analogów serów topionych z dodatkiem WPC 35 oraz zmniejszenie sprężystości analogów wzorcowych otrzymanych z samej kazeiny. Topliwość analogów serów topionych nie obniżyła się znacząco wraz ze wzrostem prędkości homogenizacji. Produkcja analogów serowych pozwala na zastąpienie tradycyjnego produktu nowym, który oferuje takie same lub lepsze właściwości żywieniowe i teksturalne.

**Słowa kluczowe:** analogi serów topionych, preparaty serwatkowe, homogenizacja, tekstura, topliwość

### Wprowadzenie

W Polsce sprzedaż serów topionych od grudnia 2007 roku do listopada 2008 roku wyniosła 33,3 tys. ton. Wzrost ten był większy w porównaniu z analogicznym okresem o 2,1 %. Za rozwojem rynku w dużym stopniu przemawiają argumenty zdrowotne, bowiem sery zawierają niezbędne dla prawidłowego rozwoju i funkcjonowania składniki odżywcze [10]. Różnorodność produkowanych serów topionych jest konsekwencją dotychczas opracowanych i wciąż poszukiwanych nowych receptur, ze względu na wysoką wartość odżywczą, przyswajalność, strawność oraz trwałość serów topionych [15].

Z kolei produkcja analogów serowych umożliwia zastąpienia tradycyjnego produktu nowym, który oferuje takie same lub lepsze właściwości żywieniowe i teksturalne. Otrzymuje się je przez zastosowanie kazeinianów jako źródeł białka i użycie wielonienasyconych tłuszczów roślinnych, w wyniku czego uzyskuje się produkt wolny od cholesterolu [9]. Białka serwatkowe, oprócz wysokiej wartości odżywczej, będącej wynikiem m.in. wyjątkowo dużej zawartości aminokwasów siarkowych, lizyny i tryptofanu, wykazują, z powodu łatwego wiązania wody, dobre zdolności emulgujące, pianotwórcze i żelujące, wpływając na właściwości reologiczne i jakość końcowych produktów [13].

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu procesu homogenizacji na właściwości tekstury i topliwość analogów serów topionych, w których zastąpiono częściowo kazeinę kwasową przez preparaty białek serwatkowych.

### **Material i metody badań**

Do badań użyto koncentratu białek serwatkowych: serwatki zdemineralizowanej (SD 50) o zawartości białka 12,75 % (Lacma sp. z o. o., Nadarzyn), koncentratu białek serwatkowych WPC 35 o zawartości białka 33,86 % (Laktopol sp. z o. o., Warszawa), kazeiny kwasowej KK (ZPK, Murowana Goślina), bezwodnego tłuszczu mlecznego (SM Mlekovita, Wysokie Mazowieckie), bezwodnego kwaśnego fosforanu dwusodowego i kwasu cytrynowego produkcji P.P.H. POCH w Gliwicach. Zawartość białka oznaczano metodą Kjeldahla [1]. Zawartość wody i popiołu oznaczano stosując metody AOAC [1], natomiast zawartość laktozy i tłuszczu została oznaczona przez producenta.

#### *Proces produkcji analogu sera topionego*

Sporządzono roztwory białek serwatkowych (SD 50, WPC 35) w wodzie destylowanej przez jednogodzinne mieszanie w temperaturze pokojowej, przy użyciu mieszadła magnetycznego Heidolph MR 3002S (Schwabach, Niemcy). Roztwory te miały takie stężenie, by otrzymany analog sera zawierał 1 % białek serwatkowych. Następnie dodawano roztopiony w temp. 45 °C bezwodny tłuszcz mleczny (30 %) i kazeinę (10 % - stała wartość stężenia dla każdego rodzaju wytwarzanego analogu sera). Całą mieszaninę umieszczano w pojemniku homogenizatora (H 500 Pol-Eko Aparatura, Polska). Mieszano przez 2 min przy 10000, 14000, 18000 lub 22000 obr./min. Następnie dodawano roztworu topnika (2 %), ustalano pH na poziomie 6,2 za pomocą kwasu cytrynowego przy użyciu pH-metru CP-315 firmy Elmetron i zanurzano w łaźni wodnej o temp. 80 °C. Całość homogenizowano przez 10 min przy 10000, 14000, 18000 lub 22000 obr./min. Gotowe analogi serowe wylewano do zlewki w ilości 40 ml. Produkt przechowywano w temp. pokojowej przez 30 min celem ostygnięcia, a następnie magazynowano przez 21 h w temp. 5 °C. Jako wzorca użyto analogów serów topio-

nych, do produkcji których wykorzystano te same surowce (30 % bezwodnego tłuszczu mlecznego, 10 % kazeiny, 2 % topnika, kwas cytrynowy i wodę), z tym że zamiast preparatów serwatkowych dodano 1 % kazeiny. Proces produkcji analogów wzorcowych przebiegał tak samo, jak analogów z dodatkiem preparatów serwatkowych.

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

Pomiary były dokonywane za pomocą teksturometru TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Wielka Brytania). Próbki sera badano za pomocą próbnika cylindrycznego o śr. 15 mm, przy prędkości przesuwu głowicy 1 mm/s. Uzyskane wyniki (z 6 powtórzeń) rejestrowane były przez program Texture Expert version 1.22. W profilowej analizie tekstury (TPA) określano następujące cechy: twardość, przylegalność, spójność, sprężystość i żujność analogów serowych.

#### *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 na 6 otrzymywano średnią topliwości [12]. Dokonano 6 pomiarów w przypadku każdego z 3 powtórzeń. Zakres skali testu Schreibera wynosi od 0 do 10 jednostek, przy czym powyżej 4 uzyskuje się dobrą topliwość, natomiast poniżej 4 to zła topliwość.

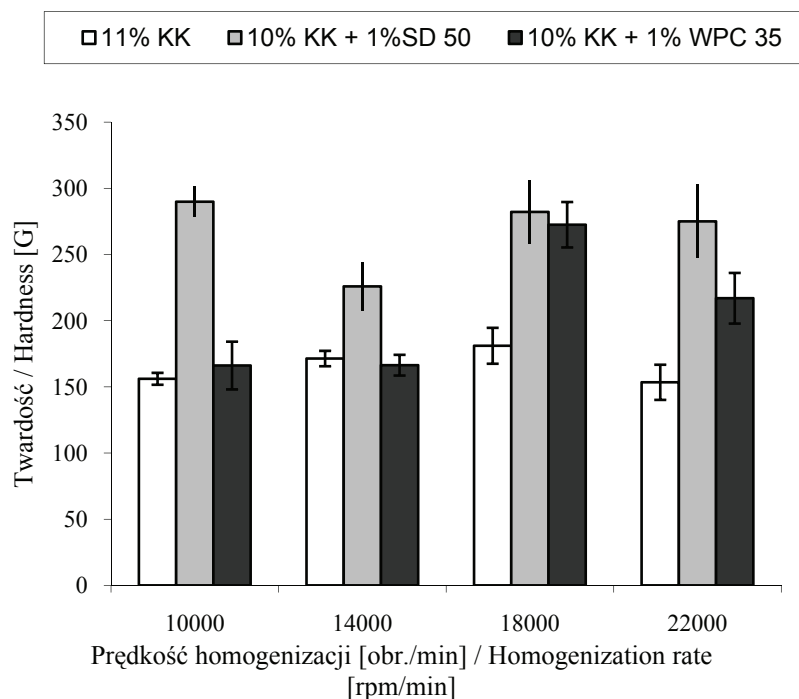
### **Wyniki i dyskusja**

Pierwszy etap badań miał na celu określenie właściwości tekstury analogów serów topionych za pomocą profilowej analizy tekstury (TPA), w której określano następujące cechy: twardość (siła niezbędna do osiągnięcia określonej deformacji produktu), spójność (siła wiązań wewnętrznych utrzymująca produkt jako całość), przylegalność (praca potrzebna do pokonania sił przyciągania pomiędzy powierzchnią produktu żywnościowego a innymi ciałami, z którymi wchodzi w kontakt), sprężystość (szybkość z jaką przyłożony materiał powraca do pierwotnej postaci po usunięciu siły deformacji) [21] i żujność (iloczyn twardości, spójności i sprężystości) [3].

Na rys. 1. zobrazowano wpływ procesu homogenizacji oraz rodzaju dodanych preparatów serwatkowych (S D50, WPC 35) na twardość analogów serów topionych. Najwyższą twardością charakteryzowały się analogi serów topionych otrzymane z 1 % dodatkiem serwatki zdemineralizowanej (S D50) przy wszystkich prędkościach homogenizacji oraz analogi z 1 % dodatkiem koncentratu białek serwatkowych (WPC 35) przy prędkości homogenizacji 18000 (272,5 G) i 22000 (217 G) obr/min. Najmniejszą

twardością charakteryzowały się zaś analogi otrzymane z samej kazeiny kwasowej (KK).

Garimella Purna i wsp. [4] dowiedli, że zwiększenie prędkości homogenizacji podczas produkcji serów topionych powodowało wzrost ich twardości. Gupta i Reuter [6] zauważyli, że twardość sera topionego wzrosła wraz z zastąpieniem 10 lub 20 % substancji stałej sera przez koncentrat białek serwatkowych. Wzrost twardości sera z dodatkiem białek serwatkowych może być spowodowany tworzeniem się kompleksów pomiędzy białkami serwatki a micelami, szczególnie pomiędzy  $\beta$ -laktoglobuliną a  $\kappa$ -kazeiną. Potwierdzają to również badania Sołowieja i wsp. [19], którzy stwierdzili, że dodatek preparatów serwatkowych powodował wzrost twardości analogów serowych. Tunick i wsp. [24] stwierdzili, że tworzenie kompleksów przez micelle lub submicelle kazeinowe na powierzchni kuleczek tłuszczu mlecznego pozwalało otrzymać twardsze sery.

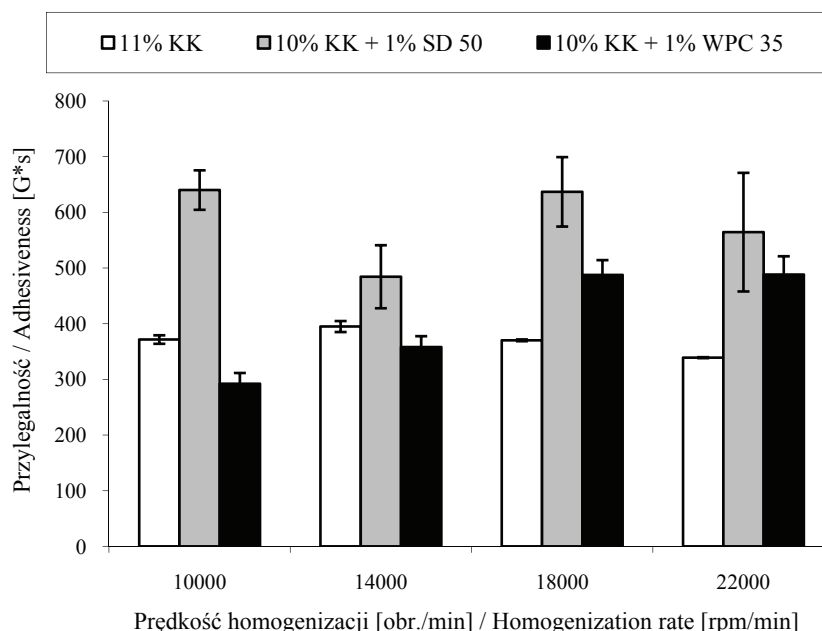


Rys. 1. Wpływ procesu homogenizacji oraz rodzaju dodanych preparatów serwatkowych na twardość analogów serów topionych.

Fig. 1. Effect of homogenization process and types of whey preparations added on hardness of processed cheese analogs.

Najwyższą przylegalnością charakteryzowały się analogi serów topionych z dodatkiem SD 50. Wraz ze wzrostem prędkości homogenizacji wzrastała przylegalność analogów z dodatkiem WPC 35. Natomiast zwiększenie prędkości homogenizacji podczas otrzymywania analogów serowych z samej kazeiny (KK) nie wpłynęło znacząco na ich przylegalność (rys. 2).

Awad i wsp. [2] stwierdzili, że natura sieci białkowej i stopień zdyspergowania tłuszczu jest przyczyną zlepienia się sera. Również wysoka przylegalność serów i analogów serów topionych jest jednym z parametrów ograniczających ich spożycie. Konsumenty nie preferują kupowania produktów, od których trudno oddzielić opakowanie [20]. Badania Thapy i Gupty [23] wykazały, że zastąpienie kazeiny przez białka serwatkowe powodowało istotny wzrost przylegalności analogów serowych.



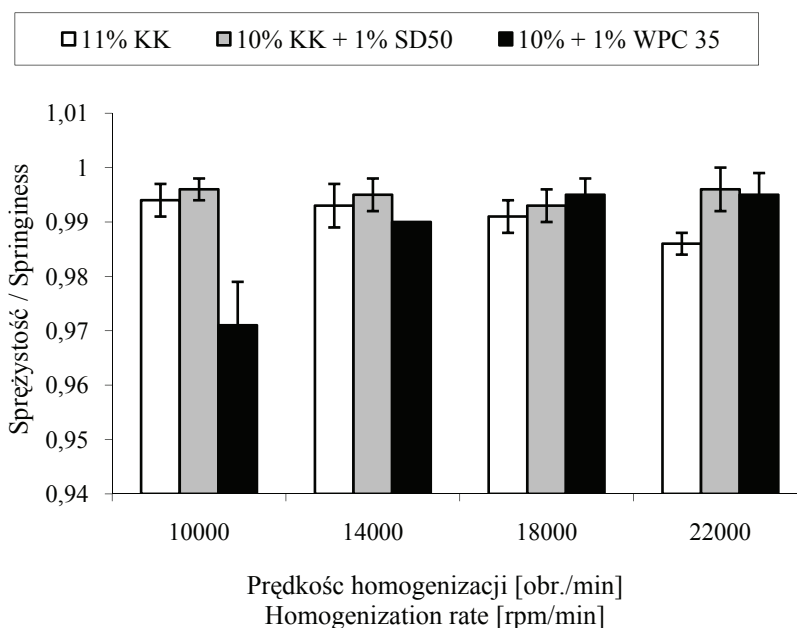
Rys. 2. Wpływ procesu homogenizacji oraz rodzaju dodanych preparatów serwatkowych na przylegalność analogów serów topionych.

Fig. 2. Effect of homogenization process and types of whey preparations added on adhesiveness of processed cheese analogs.

Na rys. 3. przedstawiono sprężystość analogów serów topionych. Najniższą sprężystością charakteryzowały się analogi z dodatkiem WPC 35, otrzymane przy prędkości homogenizacji 10000 obr./min. (0,971), jednakże ich sprężystość zwiększała się w miarę wzrostu prędkości homogenizacji. Odnośnie wzorcowych analogów serowych otrzymanych z samej kazeiny (KK) ich sprężystość obniżała się w miarę wzrostu prędkości

kości homogenizacji. Jedynie w przypadku analogów z dodatkiem SD 50 zmiana prędkości homogenizacji nie wpłynęła na ich sprężystość, która utrzymywała się na bardzo wysokim poziomie.

Zmiana sprężystości analogów sera topionego może być spowodowana poprzez różnice w stopniu adsorpcji białka na powierzchni tłuszczu, w zależności od stopnia jego nienasylenia [14].

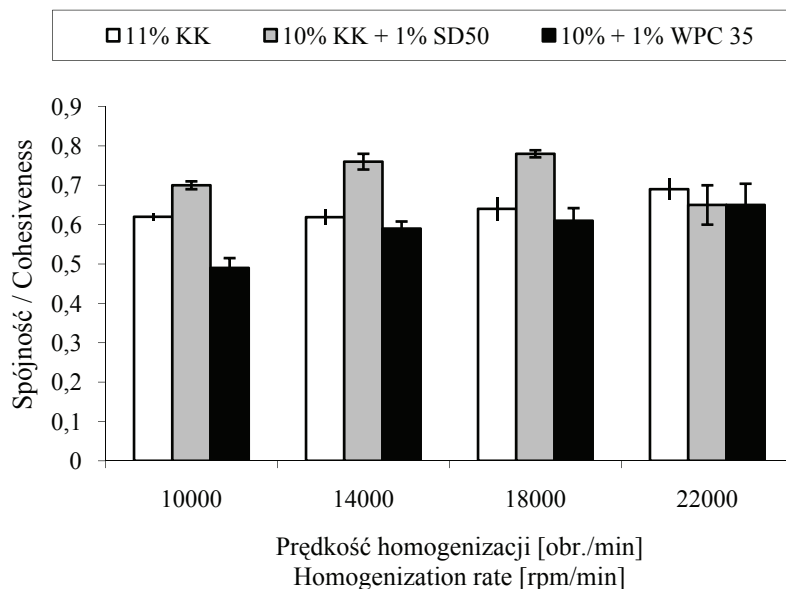


Rys. 3. Wpływ procesu homogenizacji oraz rodzaju dodanych preparatów serwatkowych na sprężystość analogów serów topionych.

Fig. 3. Effect of homogenization process and types of whey preparations added on springiness of processed cheese analogs.

Zwiększenie prędkości homogenizacji w trakcie otrzymywania wszystkich analogów serów topionych wpłynęło na wzrost spójności produktu końcowego, jednak tylko w przypadku analogów z dodatkiem SD 50 ich spójność uległa zmniejszeniu przy największej prędkości homogenizacji (0,65) (rys. 4).

Gupta i Reuter [7] dowiedli, że dodatek koncentratów białek serwatkowych o różnej zawartości białka powodował spadek spójności analogów serów topionych.



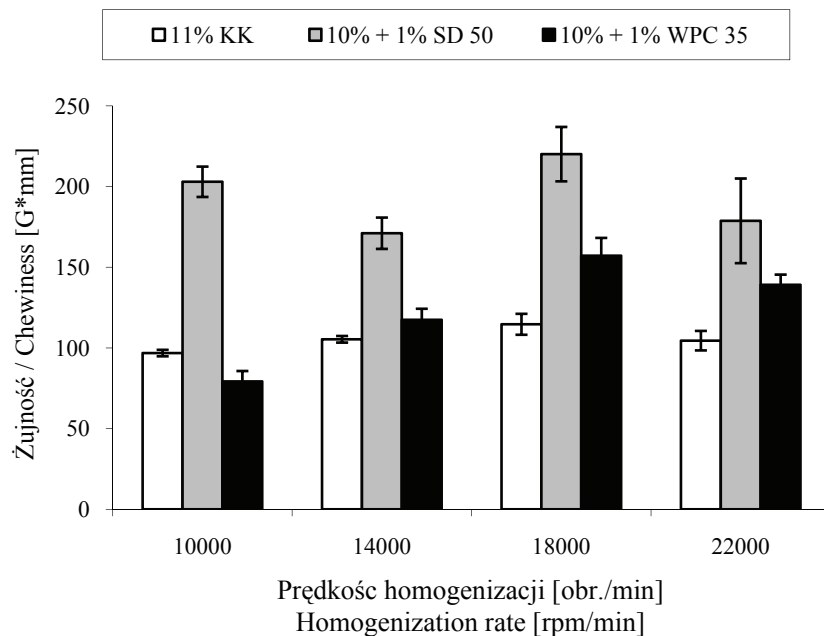
Rys. 4. Wpływ procesu homogenizacji oraz rodzaju dodanych preparatów serwatkowych na spójność analogów serów topionych.

Fig. 4. Effect of homogenization process and types of whey preparations added on cohesiveness of processed cheese analogs.

Na rys. 5. przedstawiono wpływ prędkości homogenizacji oraz rodzaju dodanych preparatów serwatkowych (S D50, WPC 35) na żujność analogów serów topionych. Największą żujnością charakteryzowały się analogi serowe z dodatkiem SD 50. Natomiast w przypadku analogów serów topionych otrzymanych z samej kazeiny oraz analogów z dodatkiem WPC 35 wraz ze wzrostem prędkości homogenizacji nastąpił wzrost ich żujności, jednak ich żujność uległa obniżeniu przy największej prędkości homogenizacji (odpowiednio 104,5 G·mm i 139,1 G·mm).

Metoda otrzymywania serów topionych „na zimno” z dodatkiem serwatki o zmniejszonej zawartości laktozy, zastosowana w badaniach Mleko i Lucey’a [11] pozwoliła na otrzymanie serów topionych o większej żujności, lecz o niższej sprężystości. Z kolei Gupta i Reuter [7] wykazali, że żujność analogów wzrastała w miarę dodatku koncentratów białek serwatkowych.

Najwyższą topliwością charakteryzowały się analogi serów topionych z dodatkiem SD 50, natomiast najmniejszą analogi wzorcowe otrzymane z samej kazeiny (KK), chociaż wszystkie analogi serowe wykazywały bardzo dobrą topliwość (rys. 6). W przypadku wszystkich analogów otrzymanych przy największej prędkości homogenizacji (22000 obr./min.) ich topliwość nieznacznie się zmniejszyła.

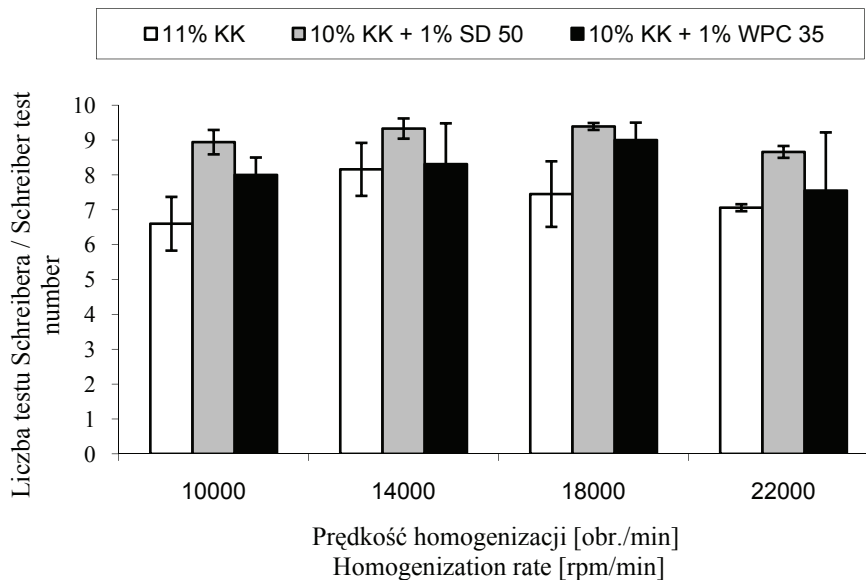


Rys. 5. Wpływ procesu homogenizacji oraz rodzaju dodanych preparatów serwatkowych na żujność analogów serów topionych.

Fig. 5. Effect of homogenization process and types of whey preparations added on chewiness of processed cheese analogs.

Topliwość serów i ich analogów jest jedną z najważniejszych fizycznych właściwości, która pozwala zastosować je jako komponent tostów i pizzy [18]. Glenn i wsp. [5] oraz Garimella i wsp. [4] stwierdzili, że wzrost prędkości homogenizacji w produkcji serów topionych i ich analogów wpłynął na zmniejszenie topliwości końcowego produktu. Według Hokesa [8] ścisłe wzajemne oddziaływania pomiędzy tłuszczem i hydrofobowymi strefami białek mogą zmniejszać topliwość analogów. Jednakże Rudan i wsp. [17] stwierdzili, że zmiana parametrów procesu homogenizacji nie wpłynęła na topliwość sera Mozzarella o obniżonej zawartości tłuszczu. Natomiast w przypadku tradycyjnych serów topionych zaobserwowano spadek topliwości po dodaniu hydrokolidów [22], chociaż zastąpienie białek sera nawet w 80 % mieszaniną kazeiny i  $\beta$ -laktoglobuliny nie spowodowało znaczących różnic topliwości badanych serów [16].





Rys. 6. Wpływ procesu homogenizacji oraz rodzaju dodanych preparatów serwatkowych na topliwść analogów serów topionych.

Fig. 6. Effect of homogenization process and types of whey preparations added on meltability of processed cheese analogs.

### Wnioski

1. Zmiana prędkości homogenizacji, jak również dodatek białek serwatkowych spowodowały zmiany właściwości tekstury analogów serów topionych z dodatkiem wszystkich preparatów serwatkowych.
2. Zwiększenie prędkości homogenizacji spowodowało znaczny wzrost twardości, przylegalności, spójności sprężystości i żujności analogów serów topionych z dodatkiem WPC 35 oraz zmniejszenie sprężystości analogów wzorcowych otrzymanych z samej kazeiny.
3. Topliwość analogów serów topionych nie obniżyła się znacząco wraz ze wzrostem prędkości homogenizacji.
4. Produkcja analogów serowych umożliwia zastąpienie tradycyjnego produktu nowym, który oferuje takie same lub lepsze właściwości żywieniowe i teksturalne.

### Literatura

- [1] Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Methods of Analysis (14<sup>th</sup> Ed.). 1984, Arlington, VA.

- [2] Awad S., Hassan A.N., Muthukumarappan K.A.: Application of exopolysaccharide-producing cultures in reduced-fat Cheddar cheese: texture and melting properties. *J. Dairy Sci.* 2005, **88** (12), 4204-4213.
- [3] Bourne M.C.: Texture profile analysis. *Food Technol.* 1978, **32** (7), 62-66.
- [4] Garimella Purna S.K., Pollard A., Metzger L.E.: Effect of formulation and manufacturing parameters on process cheese food functionality: I. Trisodium citrate. *J. Dairy Sci.* 2006, **89**, 2386-2396.
- [5] Glenn T.A., III, Daubert C.R., Farkas B.E., Stefanski L.A.: A statistical analysis of creaming variables impacting processed cheese melt quality. *J. Food Qual.*, 2003, **26**, 299-321.
- [6] Gupta V.K., Reuter W.: Firmness and melting quality of processed cheese foods with added whey protein concentrates. *Lait*, 1993, **73**, 381-388.
- [7] Gupta V.K., Reuter H.: Processed cheese foods with added whey protein concentrates. *Lait*, 1992, **72**, 201-212.
- [8] Hokes J.C., Hansen P.M.Z., Mangino M.E.: Functional properties of commercial calcium caseinates for use in imitation cheese. *Food Hydrocoll.*, 1989, **31**, 19.
- [9] Kneifel W., Seiler A.: Water holding properties of milk protein products - A review. *Food Struct.*, 1993, **12**, 297-308.
- [10] Masal T.: Serowy rynek. *Hurt & Detal*, 2009, **2** (36).
- [11] Mleko S., Lucey J.A.: Production and properties of processed cheese with reduced lactose whey, *Milchwissenschaft*, 2003, **58**, 9-10.
- [12] Mleko S., Foegeding E.A.: Physical properties of rennet casein gels and processed cheese analogs containing whey proteins. *Milchwissenschaft*, 2000, **55**, 513-516.
- [13] Leman J., Dołgań T.: Frakcjonowanie białek serwatkowych, *Przem. Spoż.*, 2001, **12**, 41-45.
- [14] Lobato-Calleros C., Vernon-Carter E.J., Guerrero-Legarreta I., Soriano-Santos J., Escalona-Beundia H.: Use of fat blends in cheese analogs: Influence on sensory and instrumental textural characteristics. *J. Texture Stud.*, 1997, **28**, 619-632.
- [15] Pluta A., Ziarno M., Smolińska A.: Możliwości zastosowania hydrokoloidów w produkcji serów topionych. *Przem. Spoż.*, 2000, **(5)**, 42-44.
- [16] Popplewell L.M., Rosenau J.R.: Incorporation of milk protein harvested by direct acidification into process cheese products. *J. Food Proc. Engng.*, 1989, **11**, 203-220.
- [17] Rudan M.A., Barbano D.M., Guo M.R., Kindstedt P.S.: Effect of modification of fat particle size by homogenization on composition, proteolysis, functionality, and appearance of reduced-fat Mozzarella cheese. *J. Dairy Sci.*, 1998, **81**, 2065-2076.
- [18] Ruegg M., Eberhard P., Popplewell L. M., Peleg M.: Melting properties of cheese. In *FIL-IDF. Rheological and fracture properties of cheese. Bulletin of the International Dairy Federation*, 1990, **268**, 6-43.
- [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] Thapa T.B., Gupta V.K.: Rheology of processed cheese foods with added whey protein concentrates. *Indian J. Dairy Sci.*, 1992, **45**, 88-92.
- [24] 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.

---

## EFFECT OF HOMOGENIZATION PROCESS ON TEXTURAL PROPERTIES AND MELTABILITY OF PROCESSED CHEESE ANALOGS

### S u m m a r y

The objective of this study was to determine the effect of homogenization process on textural properties and meltability of processed cheese analogs, in which the acid casein was partially replaced by whey protein preparations. The textural properties were examined using a TA-XT2i Texture Analyser and a cylindrical probe of 15 mm in diameter (its penetration rate was 1 mm/s, the temperature was constant and amounted to 21oC). The texture profile analysis (TPA) comprised the following parameters of the processed cheese analogs: hardness, adhesiveness, cohesiveness, springiness, and chewiness. The meltability of the processed cheese analogs was measured using a modified Schreiber test.

The change in the homogenization rate and, also, the addition of whey protein preparations resulted in changes in textural properties of the processed cheese analogs with the addition of all the whey preparations. The increase in the homogenization rate caused a significant increase in the hardness, adhesiveness, cohesiveness, and chewiness of the processed cheese analogs with WPC 35 added, and a decrease in the springiness of the model samples produced from casein without any additions. The meltability of cheese analogs did not significantly decreased when the homogenization rate increased. The production of processed cheese analogs makes it possible to replace the traditional product by a new one showing either the same or better dietary and textural properties.

**Key words:** processed cheese analogs, whey protein preparations, homogenization, texture, meltability ☒