

BARTOSZ SOŁOWIEJ

Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE I TOPLIWOŚĆ ANALOGÓW SERÓW TOPIONYCH Z DODATKIEM IZOLATU BIAŁEK SERWATKOWYCH

Streszczenie. Celem niniejszej pracy było otrzymanie i zbadanie właściwości reologicznych oraz topliwości analogów serów topionych, w których zastąpiono częściowo kazeinę kwasową przez spolimeryzowany izolat białek serwatkowych. Właściwości teksturalne otrzymanych analogów serów topionych badano z użyciem analizatora tekstury TA-XT2i. Analogi badano próbnikiem cylindrycznym o średnicy 10 mm przy prędkości przesuwu 1 mm/s w stałej temperaturze (21°C). Pomiary lepkości analogów w zależności od temperatury wykonywano reometrem dynamicznym RS 300. Badanie topliwości analogów przeprowadzano za pomocą zmodyfikowanego testu Schreibera. Wraz ze wzrostem udziału WPI w produkcie nastąpił wzrost twardości analogów. Wzrost lepkości analogów był spowodowany wzrostem stężenia białka w serze. Topliwość analogów serów topionych malała wraz ze wzrostem stężenia kazeiny oraz po dodaniu izolatu białek serwatkowych. Zastąpienie 1% kazeiny przez 1% białek serwatkowych może spowodować oszczędności dzięki zmniejszeniu ilości kazeiny w produkcie; poprawiają się przy tym właściwości reologiczne.

Słowa kluczowe: izolat białek serwatkowych, reologia, polimeryzacja, topliwość

Wstęp

W ostatnich latach obserwuje się coraz większe zainteresowanie wykorzystaniem białek serwatkowych w produkcji żywności. Spowodowane jest to niewątpliwie postępowaniem technologicznym w przetwarzaniu serwatki związanym z dynamicznym rozwojem chromatograficznych i membranowych metod jej frakcjonowania (LEMAN 1999, ŚWIDERSKI i WASZKIEWICZ-ROBAK 2000). Praktyczne zastosowanie białek serwatkowych wynika z ich bardzo dużej wartości odżywczej, znakomitych właściwości funkcjonalnych i z braku negatywnego smaku. Optymalne zagospodarowanie składników serwatki w istotny sposób wpływa na zmniejszenie kosztów produkcji serów, twarogów i kon-

centratów z mleka. Rozwiązanie takie przyczynia się do większej opłacalności produkcji i mniejszego zagrożenia ekologicznego (BEDNARSKI i REPS 2001). Białka serwatkowe, dzięki lepszemu poznaniu ich właściwości fizyczno-chemicznych i biologicznych, są obecnie stosowane jako składniki odżywcze w żywności dietetycznej, składniki fizjologicznie aktywne w żywności funkcjonalnej i strukturotwórcze w żywności tradycyjnej oraz w żywności nowej generacji (LEMAN 1999, LEMAN i DOŁGAŃ 2001). Wpływ dodatku białek serwatkowych do serów topionych lub ich analogów został szeroko omówiony w innych pracach (GUPTA i REUTER 1993, MLEKO i FOEGEDING 2000, SOŁOWIEJ i IN. 2008). Sery topione są otrzymywane poprzez zmieszanie ze sobą naturalnych serów, soli i wody za pomocą ogrzewania i środków emulgujących, natomiast analogi serów topionych są otrzymywane poprzez częściowe lub całkowite zastąpienie naturalnych serów białkami mleka lub innymi białkami (GUSTAW i MLEKO 2007). W produkcji analogów serów topionych najczęściej jest stosowana jako źródło białka kazeina podpuszczkowa, a w ostatnim czasie zaczęto też stosować kazeinę kwasową (GLIBOWSKI i IN. 2002, SOŁOWIEJ 2007).

Celem niniejszej pracy było otrzymanie analogów serów topionych, w których częściowo zastąpiono kwasową kazeinę przez spolimeryzowany izolat białek serwatkowych, a następnie zbadanie właściwości reologicznych z topliwości tych analogów.

Material i metody

Do badań użyto izolatu białek serwatkowych (WPI – *whey protein isolate*) o zawartości białka 91,87% produkcji DAVISCO Foods International (Le Sueur, MN, USA), kazeiny kwasowej (K) produkcji ZPK w Murowanej Goślinie, bezwodnego tłuszczu mlecznego produkcji SM Mlekovita w Wysokiem Mazowieckiem, bezwodnego kwasnego fosforanu dwusodowego i kwasu cytrynowego produkcji PPH POCH w Gliwicach. Zawartość białka oznaczano metodą Kjeldahla (OFFICIAL... 1984).

Proces polimeryzacji białek serwatkowych

Określoną ilość izolatu białek serwatkowych rozpuszczano w wodzie destylowanej. Otrzymywano roztwór białek o koncentracji kolejno 0,5% i 1% białka z WPI. Następnie roztwór poddawano polimeryzacji, którą prowadzono przez 1-stopniowe ogrzewanie w temperaturze 80°C przez 50 min. Po ochłodzeniu dodawano 2-procentowego kwasnego fosforanu dwusodowego i po dokładnym wymieszaniu ustalano pH roztworu spolimeryzowanych białek serwatkowych na poziomie 6,2 z użyciem 40-procentowego roztworu kwasu cytrynowego.

Proces produkcji analogu sera topionego

Odpowiednią ilość kazeiny (8-14%) mieszano za pomocą mieszadła (MR 3002S Heidolph, Niemcy) z określoną ilością wody destylowanej. Następnie dodawano roztopiony w temperaturze 45°C bezwodny tłuszcz mleczny (30%). Całą mieszaninę umieszczano w pojemniku homogenizatora (H 500 Pol-Eko Aparatura, Wodzisław Śląski) i mieszano przez 2 min. Następnie dodawano roztworu topnika (2-procentowego) bądź topnika z białkami serwatkowymi (0,5 lub 1% WPI), ustalano pH za pomocą pehametru

na poziomie 6,2 z użyciem kwasu cytrynowego i zanurzano całość w łaźni wodnej o temperaturze 80°C. Wszystko homogenizowano przez 10 min przy 10 000 obr/min. Gotowe analogi sera topionego wylewano do zlewki o pojemności 50 ml. Produkt przechowywano w temperaturze pokojowej przez 30 min, aby ostygł, a następnie przechowywano przez 24 h w temperaturze 5°C.

Badanie tekstury (test przebijania)

Do badań wykorzystano analogi serów topionych o stężeniu kazeiny 8-14% oraz analogi z 0,5-procentowym i 1-procentowym dodatkiem WPI. Pomiaru były dokonywane za pomocą teksturometru TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Anglia). Próbkę sera badano za pomocą próbnika cylindrycznego o średnicy 10 mm, przy prędkości przesuwu głowicy 1 mm/s. W punktowym badaniu tekstury określano siłę potrzebną do zagłębienia się próbnika na 20 mm. Uzyskane wyniki (z czterech powtórzeń) były rejestrowane przez program Texture Expert version 1.22.

Wyznaczanie zmian lepkości w zależności od temperatury

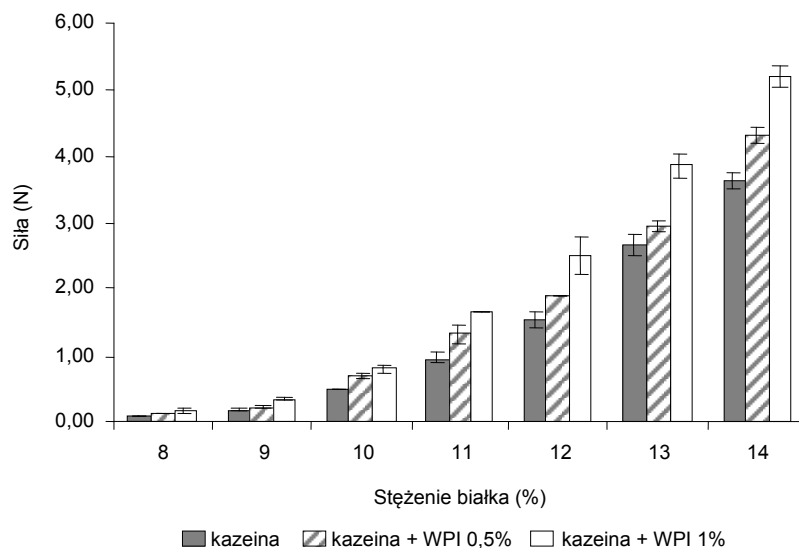
Do badań wykorzystano analogi sera topionego otrzymanego z kazeiny o stężeniu 8-10% oraz analogi o stężeniu 7-9% kazeiny przy stałym dodatku 1% WPI. Pomiaru dokonywano metodą rotacyjną reometrem RS 300 (Haake, Karlsruhe, Niemcy) za pomocą wrzeciona łopatkowego o średnicy rotora 31 mm i wysokości 110 mm w następujący sposób: cylinder pomiarowy reometru napełniano próbką produktu, którą przed dokonaniem pomiaru podgrzewano do temperatury 80°C. Po osiągnięciu tej wartości rozpoczynano pomiar, przy prędkości 10 1/s. Końcową temperaturą pomiaru było 20°C. Wpływ zmian temperatury na lepkość (wyniki uzyskane z trzech powtórzeń) rejestrował komputer.

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 60-sekundowe ogrzewanie przy mocy 300 W. Do badań wykorzystano analogi serów topionych o stężeniu kazeiny 8-14% oraz analogi z 0,5-procentowym i 1-procentowym dodatkiem WPI. Roztopioną próbkę przykładano do wzorca, zliczano punkty w sześciu miejscach, sumowano je i w wyniku podzielenia przez sześć otrzymywano średnią topliwości (MLEKO i FOEGEDING 2000). Dokonano sześciu pomiarów dla każdego z trzech powtórzeń. Zakres skali dla testu Schreibera wynosi od 0 do 10 jednostek; powyżej 4 – dobra topliwość, natomiast poniżej 4 – zła.

Wyniki

Na rysunku 1 zobrazowano wpływ stężenia dodatku izolatu białek serwatkowych (WPI) na twardość analogów serów topionych. W przypadku analogów serów topionych otrzymywanych z samej kazeiny, jak również z dodatkiem 0,5 i 1% WPI, największą twardością charakteryzowały się próbki o stężeniu 14% białka. Oznacza to, iż do

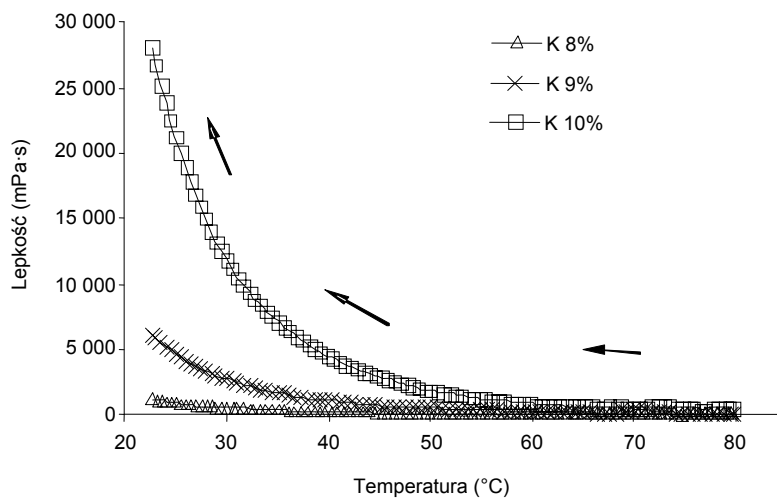


Rys. 1. Wpływ stężenia kazeiny i WPI na twardość analogów sera topionego
 Fig. 1. The effect of casein and WPI concentration on hardness of processed cheese analogs

przebiecia próbki analogu sera topionego z samej kazeiny o takim stężeniu potrzebna była siła 3,62 N. Najmniejszą twardością charakteryzowała się próbka o stężeniu kazeiny 8% (0,1 N). Odnosnie do analogów serów topionych otrzymywanych z 13,5-procentowej kazeiny i 0,5-procentowego WPI siła potrzebna do przebiecia próbki o takim stężeniu wynosiła 4,31 N. W przypadku analogów serów topionych otrzymywanych z 13-procentowej kazeiny i 1-procentowego WPI do przebiecia próbki o takim stężeniu potrzeba było siły 5,21 N.

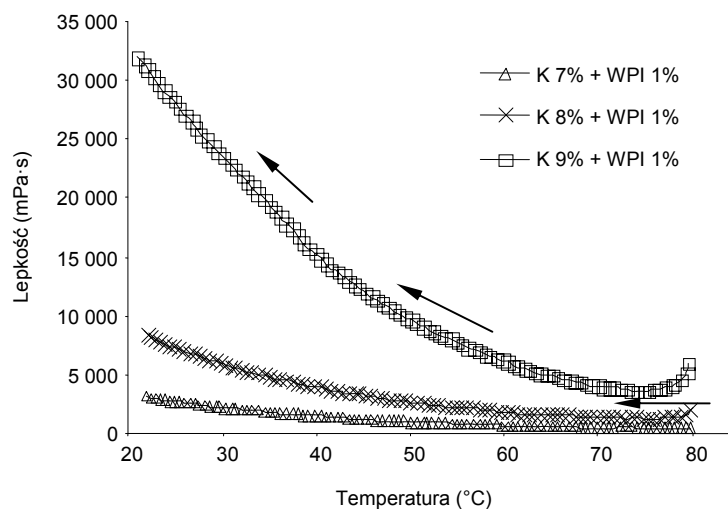
Wpływ temperatury na lepkość analogów sera topionego sporządzonych na bazie samej kazeiny kwasowej o stężeniu 8, 9 i 10% przedstawiono na rysunku 2. Widać na nim, że wraz ze spadkiem temperatury z 80°C do 20°C zwiększała się lepkość badanych analogów serów topionych. Największą lepkością charakteryzowała się próba o stężeniu 10% kazeiny przy 20°C – wynosiła ona 28 120 mPa·s, najmniejszą zaś lepkością charakteryzowała się próba o stężeniu 8% kazeiny przy 20°C: 1161 mPa·s. Wpływ temperatury na lepkość analogów sera topionego otrzymanych z kazeiny o stężeniu 7, 8 i 9%, przy stałym dodatku 1-procentowego izolatu białek serwatkowych (WPI), przedstawiono na rysunku 3. Zaobserwowano, że wraz ze spadkiem temperatury z 80°C do 20°C zwiększała się lepkość badanych analogów serów topionych. Największą lepkością charakteryzowała się próba o stężeniu 9% kazeiny i 1% WPI w 20°C: 31 870 mPa·s, najmniejszą zaś lepkością charakteryzowała się próba o stężeniu 7% kazeiny i 1% WPI w 20°C: 3074 mPa·s.

Test Schreibera jest najczęściej używany w ocenie jakości serów. Do pomiaru topliwości wykorzystano analogi serów topionych otrzymane z samej kazeiny oraz analogi z dodatkiem 1-procentowego WPI (rys. 4). W obu przypadkach wraz ze wzrostem stężenia białka topliwość analogów serów topionych malała. Największą topliwością



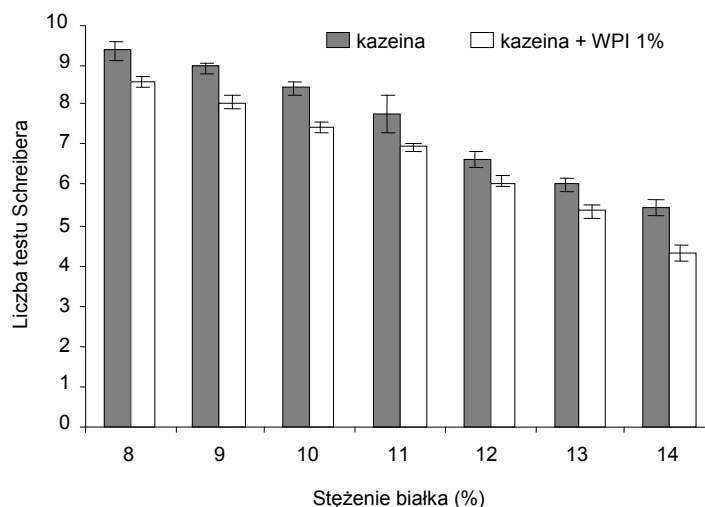
Rys. 2. Wpływ temperatury na lepkość analogów sera topionego sporządzonych na bazie samej kazeiny w stężeniu 8-10%

Fig. 2. The effect of temperature on viscosity of processed cheese analogs obtained from 8-10% casein



Rys. 3. Wpływ temperatury na lepkość analogów sera topionego sporządzonych na bazie kazeiny z dodatkiem 1-procentowego WPI

Fig. 3. The effect of temperature on viscosity of processed cheese analogs obtained from casein with 1% WPI



Rys. 4. Wpływ stężenia samej kazeiny i 1-procentowego dodatku WPI na topliwość analogów sera topionego
 Fig. 4. The effect of casein concentration and 1% WPI addition on meltability of processed cheese analogs

charakteryzowały się analogi o stężeniu białka 8%: wynosiła ona w przypadku próbek z samej kazeiny 9,3, natomiast w przypadku analogów z dodatkiem WPI – 8,6. Najmniejszą topliwością charakteryzowały się analogi sera topionego o zawartości 14% białka: wynosiła ona w przypadku próbek z samej kazeiny 5,4, natomiast w przypadku analogów z dodatkiem WPI – 4,3.

Dyskusja

Już wcześniej dokonywano prób uzyskania analogów sera topionego z dodatkiem białek serwatkowych (WPI) (MLEKO i FOEGEDING 1999, 2000), jednak do ich produkcji stosowano kazeinę podpuszczkową. Twardość analogów serów topionych wzrastała wraz z dodatkiem WPI. Zastąpienie kazeiny WPI również powodowało wzrost twardości analogów. Z kolei zastąpienie kazeiny polimerami białek serwatkowych dało analogi o największych wartościach twardości (rys. 1). GUPTA i REUTER (1993) zauważyli, że twardość sera topionego wzrosła wraz z zastąpieniem 10% lub 20% substancji stałej sera koncentratem białek serwatkowych. Przy niewielkich stężeniach białka agregacja powoduje zwiększenie lepkości roztworów, a nie powstanie żelu. Wzrost twardości sera z dodatkiem białek serwatkowych może być spowodowany tworzeniem się kompleksów pomiędzy białkami serwatki a micelami, szczególnie pomiędzy β -laktoglobuliną a κ -kazeiną. Podczas polimeryzacji białek serwatkowych powstają wiązania dwusiarczkowe, a dodatek polimerów białek serwatkowych powoduje wzrost twardości w porównaniu z dodatkiem WPI niepoddanym obróbce (CORREDIG i DALGLEISH 1999).

Pomiary lepkości serów topionych mogą także określać ich topliwość, jedną z najważniejszych fizycznych właściwości, która pozwala je zastosować jako komponenty tostów i pizzy (CAMPANELLA i IN. 1987, RUEGG i IN. 1990).

Dodatek WPI (rys. 3) oraz wzrost stężenia kazeiny (rys. 2) w produkcie spowodował wzrost lepkości analogów serów topionych. Potwierdzają to badania ABD-EL-SALAMA i IN. (1997), jak również DIMITRELI i THOMAREISA (2004), którzy stwierdzili, że wzrost stężenia białka powoduje wzrost lepkości badanych serów topionych. Jest to również zgodne z wynikami MLEKI i FOEGEDINGA (2000). Białka serwatkowe prawdopodobnie współdziałają z matrycą białkową kazeiny, działając jako aktywny wypełniacz albo tworząc razem z nią mieszany żół z większej lepkości. CORREDIG i DALGLEISH (1999), którzy zbadali wzajemne oddziaływania α -laktoalbuminy, β -laktoglobuliny i kazeiny, dowiedli, że białka te łączą się podczas obróbki termicznej. BEAULIEU i IN. (1999 a, b), zmieniając stosunek kazeiny do białek serwatkowych (C:W) i poddawszy otrzymane mieszaniny ogrzewaniu, uzyskali wzrost rozmiaru powstałej pochodnej micelli ze 130 nm w przypadku samej kazeiny do 338 nm dla mieszaniny C:W 40:60. DAMODARAN (1997) także dowiódł, że lepkość roztworów białkowych wzrasta w miarę koncentracji białka, co może świadczyć o interakcji uwodnionych cząsteczek białka.

W literaturze znaleziono prace dotyczące topliwości analogów sera topionego, gdzie stwierdzono, że wraz ze wzrostem stężenia białek serwatkowych spada topliwość produktu (GUPTA i REUTER 1993, MLEKO i FOEGEDING 2000). Jest to zgodne z wynikami otrzymanymi w tej pracy. Stwierdzono, że topliwość w istotnym stopniu zależy od stężenia białka (rys. 4). W miarę wzrostu stężenia białka topliwość analogów zmniejszała się, lecz była nadal odpowiednia. Obserwowany spadek topliwości prawdopodobnie wynikał z oddziaływań pomiędzy κ -kazeiną a β -laktoglobuliną. Prawdopodobnie powstała struktura była utworzona wspólnie przez kazeinę i białka serwatkowe lub białka serwatkowe przyłączyły się do struktury utworzonej przez samą kazeinę, co potwierdzają wyniki MLEKI i FOEGEDINGA (2000). SVELLO i IN. (1989) dowiedli, iż topliwość analogów sera zależy także od rodzaju użytej kazeiny oraz dodatków soli emulgujących.

Wnioski

1. Dodatek WPI powodował wzrost twardości analogów serów topionych w porównaniu z analogami otrzymanymi wyłącznie na bazie kazeiny kwasowej.
2. Wzrost stężenia białka w serze spowodowany dodatkiem WPI wywoływał wzrost lepkości analogów serów topionych.
3. Topliwość analogów serów topionych malała wraz ze wzrostem stężenia kazeiny, jak również po dodaniu izolatu białek serwatkowych.
4. Znajomość zależności właściwości reologicznych analogów serów topionych z dodatkiem WPI pozwala na sterowanie konsystencją gotowego wyrobu przez odpowiedni zestaw receptur i dobór technologicznych parametrów procesu.

Literatura

- ABD-EL-SALAM A., KHADER A., HAMED A., AL-KHAMY A.F., EL-GARAWANY G.A., 1997. Effect of whey protein concentrate, emulsifying salts and storage on apparent viscosity of processed cheese spreads. *Egypt. J. Dairy Sci.* 25: 281-288.
- BEAULIEU M., POULIOT Y., POULIOT M., 1999 a. Composition and microstructure of casein: whey protein aggregates formed by heating model solution at 95°C. *Int. Dairy J.* 9: 393-394.
- BEAULIEU M., POULIOT Y., POULIOT M., 1999 b. Thermal aggregation of whey proteins model solutions as affected by casein/whey protein ratios. *J. Food Sci.* 64, 5: 776-780.
- BEDNARSKI W., REPS A., 2001. *Biotechnologia żywności*. WN-T, Warszawa.
- CAMPANELLA O.H., POPPLEWELL L.M., ROSENAU J.R., PELEG M., 1987. Elongational viscosity measurements of melting American Process Cheese. *J. Food Sci.* 52, 5: 1249-1251.
- CORREDIG M., DALGLEISH D.G., 1999. The mechanisms of heat-induced interaction of whey proteins with casein micelles in milk. *Int. Dairy J.* 9: 233-236.
- DAMODARAN S., 1997. *Food proteins: an overview*. W: *Food proteins and their applications*. Red. S. Damodaran, A. Paraf. Dekker, New York: 1-24.
- DIMITRELI G., THOMAREIS A.S., 2004. Effect of temperature and chemical composition on processed cheese apparent viscosity. *J. Food Eng.* 64: 265-271.
- GLIBOWSKI P., MLEKO S., GUSTAW W., JANAS P., 2002. Production and rheological characteristics profile of processed cheese analogues. *Pol. J. Nat. Sci.* 11, 2: 207-214.
- GUPTA V.K., REUTER W., 1993. Firmness and melting quality of processed cheese foods with added whey protein concentrates. *Lait* 73: 381-388.
- GUSTAW W., MLEKO S., 2007. The effect of polysaccharides and sodium chloride on physical properties of processed cheese analogs containing whey proteins. *Milchwissenschaft* 62, 1: 59-62.
- LEMAN J., 1999. Funkcjonalne właściwości białek serwatkowych. *Przem. Spoż.* 5: 45-47.
- LEMAN J., DOŁGAŃ T., 2001. Frakcjonowanie białek serwatkowych. *Przem. Spoż.* 12: 41-45.
- MLEKO S., FOEGEDING E.A., 1999. Formation of protein polymers: effects of a two-step heating process on rheological properties. *J. Texture Stud.* 30: 137-149.
- MLEKO S., FOEGEDING E.A., 2000. Physical properties of rennet casein gels and processed cheese analogs containing whey proteins. *Milchwissenschaft* 55: 513-516.
- OFFICIAL methods of analysis. 1984. USA Association of Official Analytical Chemists, Food Composition, Additive, Natural Contaminants, Arlington, VA.
- RUEGG M., EBERHARD P., POPPLEWELL L.M., PELEG M., 1990. Melting properties of cheese. *Bull. Int. Dairy Fed. Brussels* 268 (Rheological and fracture properties of cheese): 36-43.
- SAVELLO P.A., ERNSTROM A., KALAB M., 1989. Microstructure and meltability of model process cheese made with rennet and acid casein. *J. Dairy Sci.* 72: 1-11.
- SOŁOWIEJ B., 2007. Analiza tekstury analogów serów topionych z dodatkiem preparatów serwatkowych. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 5, 54: 292-300.
- SOŁOWIEJ B., MLEKO S., GUSTAW W., 2008. Physicochemical properties of acid casein processed cheese analogs obtained with different whey products. *Milchwissenschaft* 63, 3: 299-302.
- ŚWIDERSKI F., WASZKIEWICZ-ROBAK B., 2000. Peptydy i białka jako bioaktywne składniki żywności funkcjonalnej. *Przem. Spoż.* 11: 41-42.

RHEOLOGICAL PROPERTIES AND MELTABILITY OF PROCESSED CHEESE ANALOGS WITH WHEY PROTEIN ISOLATE ADDITION

Summary. The aim of this study was to obtain processed cheese analogs from acid casein and partially replaced by polymerized whey protein isolate and test their rheological properties and meltability. Textural properties of processed cheese analogs were performed with a TA-XT2i Texture Analyser. The cheese samples were penetrated to 20 mm by a testing set (10 mm diameter) in constant temperature (21°C). The rate of penetration was 1 mm/s. Viscosity of processed cheese analogs was measured using a dynamic rheometer RS 300. Meltability of processed cheese analogs was measured using a modified Schreiber test. Increase the WPI content in product caused increase of processed cheese analogs hardness. The growth of protein concentration in cheese caused increase of their viscosity. Meltability of cheese analogs decreased alongside with increase of casein concentration and also after addition of WPI. Substitution of 1% of casein by 1% whey protein produces much more solid cheese; it can bring about a reduction of casein content in product with better rheological properties.

Key words: whey protein isolate, rheology, polimerization, meltability

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Bartosz Sołowiej, Katedra Biotechnologii, Żywnienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin, Poland, e-mail: bartosz.solowiej@up.lublin.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:
29.09.2009

Do cytowania – For citation:

Sołowiej B., 2009. Właściwości reologiczne i topliwość analogów serów topionych z dodatkiem izolatu białek serwatkowych. *Nauka Przyr. Technol.* 3, 4, #123.