

MACIEJ NASTAJ, WALDEMAR GUSTAW, BARTOSZ SOŁOWIEJ

## WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE DESERÓW OTRZYMANYCH Z BIAŁEK SERWATKOWYCH Z DODATKIEM RÓŻNYCH SUBSTANCJI SŁODZĄCYCH

### Streszczenie

Celem pracy było porównanie wpływu substancji słodzących, takich jak: sacharoza, ksylitol, aspartam i acesulfam-K na właściwości reologiczne deserów mlecznych oraz deserów otrzymanych z izolatu białek serwatkowych (WPI). Badano właściwości reologiczne deserów za pomocą reometru dynamicznego podczas ogrzewania do temp. 85°C, a następnie chłodzenia do 20°C i teksturę żeli przechowywanych przez 24 h za pomocą analizatora tekstury TA-XT2i. Najtwardsze desery otrzymano z białek serwatkowych słodzonych sacharozą. Ich twardość wynosiła 212 g. Zastąpienie sacharozy przez inną substancję słodzącą powodowało pogorszenie właściwości reologicznych badanych deserów otrzymanych z izolatu białek serwatkowych. W przypadku deserów otrzymanych z odtłuszczonego mleka w proszku (OMP), nie stwierdzono wyraźnego wpływu stosowanego środka słodzącego na teksturę deserów mlecznych.

**Słowa kluczowe:** WPI, tekstura, reologia oscylacyjna, karagen, skrobia, substancje słodzące

### Wprowadzenie

Desery mleczne, to produkty które w znacznym stopniu poszerzyły rynek wyrobów mleczarskich w produkty wartościowe pod względem odżywczym i o atrakcyjnej dla konsumentów teksturze. Desery mleczne produkowane są głównie ze skrobi, hydrokoloidów, cukrów, barwników i aromatów [12]. Odpowiednie właściwości reologiczne deserów mlecznych uzyskuje się przez dodatek środków żelujących lub stabilizujących. Najczęściej stosuje się do tego celu: skrobię ziemniaczaną natywną, skrobie modyfikowane, karageny, gumy, pektynę i żelatynę. Często w celu otrzymania właściwej tekstury używa się odpowiednio skomponowane mieszaniny wymienionych substancji. Jednymi z częściej stosowanych są mieszaniny skrobi z karagenem [7].

Karageny są substancjami naturalnymi otrzymywanymi z czerwonych wodorostów morskich (*Rhodophyceae*). Zbudowane są z cząsteczek D-galaktozy i 3,6-anhydro-

---

*Mgr inż. M. Nastaj, dr inż. W. Gustaw, dr inż. B. Sołowiej, Katedra Biotechnologii, Żywności Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Wydz. Nauk o Żywności i Biotechnologii, Akademia Rolnicza, ul. Skromna 8, 20-950 Lublin*

D-galaktozy, połączonych wiązaniami  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3)- lub  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4)- glikozydowymi. Do najczęściej stosowanych frakcji karagenu zaliczane są  $\kappa$ -,  $\iota$ - i  $\lambda$ - karagen. Poszczególne frakcje karagenu różnią się budową strukturalną, a szczególnie zawartością jonów siarczanowych i cząsteczek 3,6-anhydrogalaktozy.  $\kappa$ -Karagen tworzy mocne i kruche żele,  $\iota$ -karagen daje delikatne i elastyczne żele, natomiast  $\lambda$ -karagen tworzy płynne i lepkie roztwory, gdyż nie ma w swojej budowie cukru 3,6-anhydro-D-galaktozy [3].

Izolaty (WPI) i koncentraty (WPC) białek serwatkowych są używane jako składniki żywności ze względu na wysoką wartość odżywczą i unikalne właściwości funkcjonalne. W ostatnich latach podjęto próby zastąpienia kazeiny przez białka serwatkowe w produkcji deserów mlecznych. Otrzymane desery charakteryzowały się lepszymi właściwościami reologicznymi w porównaniu z deserami ze wszystkich białek mleka [4, 7, 9].

Celem pracy było porównanie wpływu substancji słodzących, takich jak: sacharoza, ksylitol, aspartam i acesulfam-K na właściwości reologiczne deserów mlecznych oraz deserów otrzymanych z izolatu białek serwatkowych (WPI).

### **Material i metody badań**

Do badań użyto: izolatu białek serwatkowych (WPI) o zawartości białka 91,87% (Davisco); odtłuszczonego mleka w proszku o zawartości białka 34% wyprodukowanego przez Spółdzielnię Mleczarską w Gostyniu; karagenu (Sigma, USA); skrobi modyfikowanej (E-1422) z kukurydzy o dojrzałości woskowej (National Starch & Chemical, Niemcy); sacharozy spożywczej; ksylitolu (Danisco Sweeteners, Dania); acesulfamu K i aspartamu (Hortimex, Konin).

Desery sporządzano w 0,1M NaCl, przez połączenie WPI lub odtłuszczonego mleka w proszku (OMP) w ilości 4% białka, skrobi modyfikowanej w ilości 2% i karagenu (0,3%). Sacharozę i ksylitol dodawano w ilości 20%, a aspartam i acesulfam-K w ilości 0,1%. Po połączeniu wszystkich składników desery ogrzewano w temp. 85°C przez 20 min, a następnie chłodzono i przechowywano przez 24 h w temp. ok. 4°C.

Właściwości reologiczne otrzymanych deserów badano przy użyciu reometru oscylacyjnego RS 300 (ThermoHaake, Niemcy) podczas ogrzewania od 50 do 85°C, a następnie chłodzenia do 20°C. Pomiar prowadzono w układzie cylindrów współosiowych Z41, przy częstotliwości 0,1 Hz i odkształceniu 0,01.

Wyznaczano spektra mechaniczne zżelowanych deserów mlecznych w temp. 20°C, w zakresie częstotliwości drgań od 0,1 do 10Hz.

Twardość otrzymanych deserów mlecznych badano przy użyciu analizatora tekstury TA-XT2i (Stable Micro Systems, UK). Desery penetrowano próbnikiem cylindrycznym o średnicy 10 mm przy prędkości przesuwu głowicy 1 mm/s. Desery przygotowano w 3 powtórzeniach po sześć próbek.

## Wyniki i dyskusja

W tab. 1. zestawiono wyniki twardości deserów mlecznych otrzymanych z odłuszczonego mleka w proszku (OMP) lub izolatu białek serwatkowych (WPI) i różnych substancji słodzących.

Tabela 1

Twardość deserów mlecznych otrzymanych z białka (4%), skrobi (2%) i karagenu (0,3%) w zależności od rodzaju dodanego czynnika słodzącego.

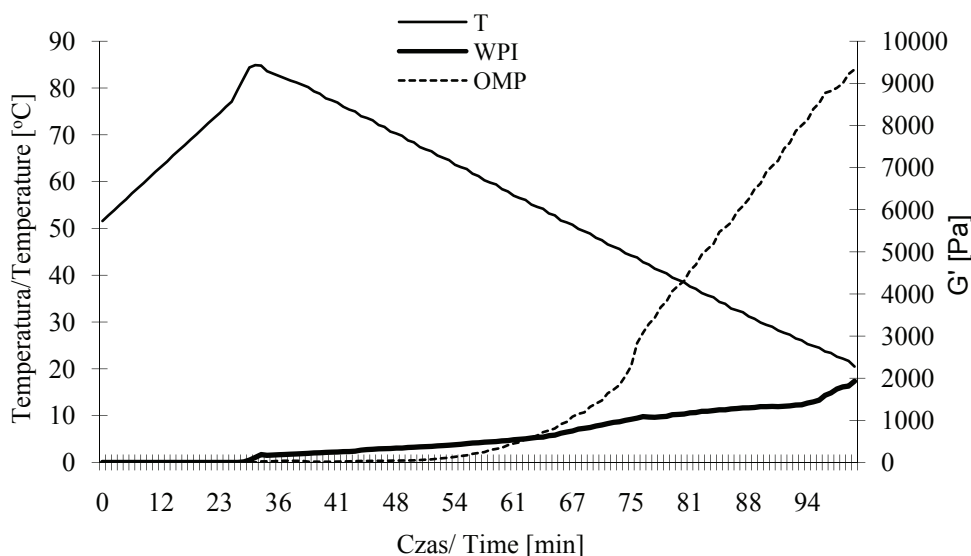
The hardness values of milk desserts obtained from protein (4%), starch (2%) and carrageenan (0,3%) with different type of the sweetener added.

Substancja słodząca / Sweetener	Hardness / Twardość [g]	
	WPI	OMP
Sacharoza / Sucrose	212,52 ± 16,94	77,45 ± 6,45
Ksylitom / Xylitol	56,02 ± 3,82	93,72 ± 6,53
Aspartam / Aspartame	146,44 ± 4,44	64,44 ± 2,06
Acesulfam-K	70,95 ± 3,02	71,71 ± 1,88

Najtwardsze desery otrzymano z białek serwatkowych słodzonych sacharozą, których twardość wynosiła 212,52 g. Otrzymane wyniki są zgodne z wcześniejszymi badaniami Mleko [9], który otrzymał desery mleczne na bazie WPI o lepszych właściwościach reologicznych niż desery z OMP. Wyższa twardość żeli deserów otrzymanych z białek serwatkowych wynikała z interakcji pomiędzy tymi białkami a karagenem [7]. Mleko i wsp. [8] sugerowali, że interakcje pomiędzy tymi dwoma hydrokoloidami miały miejsce podczas ogrzewania w temp. powyżej 60°C, natomiast między karagenem a kazeiną w temp. pokojowej. Inni badacze sugerują, że polepszenie właściwości reologicznych żeli białek serwatkowych z dodatkiem karagenu spowodowane było wystąpieniem fazy separacji pomiędzy tymi biopolimerami [2, 11, 14]. Stężenie sacharozy dodanej do deserów mlecznych również miało wpływ na ich właściwości reologiczne. Twardość deserów wzrastała wraz ze wzrostem stężenia sacharozy [6].

Zamiana środka słodzącego powodowała spadek twardości deserów otrzymanych na bazie WPI. Desery o teksturze porównywalnej do słodzonych sacharozą otrzymano tylko z dodatkiem aspartamu, ale w tym przypadku twardość wynosiła 146 g. Natomiast wśród deserów otrzymanych z OMP najtwardszy był deser słodzony ksylitolem, a twardość pozostałych deserów mlecznych wynosiła około 70 g. Rodzaj zastosowanego środka słodzącego miał niewielki wpływ na twardość deserów mlecznych (OMP).

Właściwości reologiczne deserów mlecznych badano również za pomocą reologii małych odkształceń, która nie powodowała zniszczenia struktury powstałego żelu. Przy wykorzystaniu tej metody wyznaczano temperaturę żelowania ( $T_z$ ) białek serwatkowych podczas ogrzewania. W przypadku deserów sporządzonych z WPI z dodatkiem sacharozy,  $T_z$  białek serwatkowych wynosiła 83°C. Zastąpienie sacharozy sztucznymi substancjami słodzącymi (aspartamem, acesulfamem) wpłynęło na wzrost wartości  $T_z$  do 84°C, a w przypadku deserów słodzonych ksylitolem zaobserwowano żelowanie białek serwatkowych w temp. 82°C. Wcześniejsze badania procesu żelowania białek serwatkowych za pomocą reometru dynamicznego wykazały, że ich temperatura żelowania  $T_z$  zależała od pH i stężenia białka w roztworze [10]. Wzrost  $T_z$  białek serwatkowych w przypadku deserów z dodatkiem sztucznych substancji słodzących spowodowany był prawdopodobnie mniejszą zawartością suchej masy w tych deserach, w porównaniu z deserami słodzonymi sacharozą. Natomiast obecność polialkoholi, jak np. ksylitolu, powoduje spadek  $T_z$  białek serwatkowych [1].

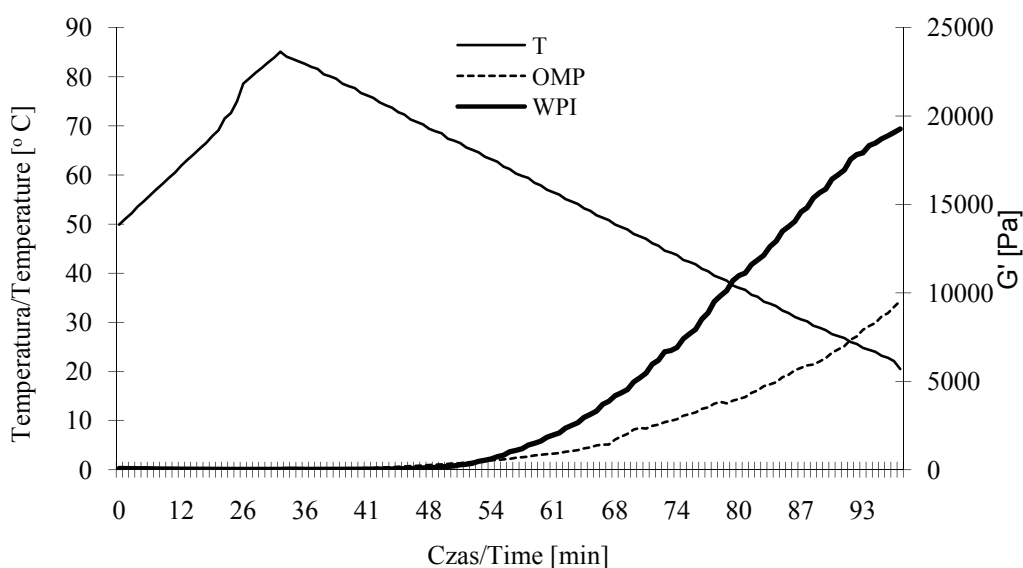


Rys. 1. Wpływ źródła białka na właściwości reologiczne deserów otrzymanych z dodatkiem acesulfamu K.

Fig. 1. The effect protein source on the rheological properties of milk desserts with the addition of acesulfam K.

Przebieg krzywych zmiany wartości modułu stratności  $G'$  podczas ogrzewania do temp. 85°C, a następnie chłodzenia do 20°C, deserów słodzonych acesulfamem K przedstawiono na rys. 1. Deser otrzymany z WPI wykazywał powolny wzrost wartości  $G'$  podczas chłodzenia, natomiast w przypadku deseru OMP zaobserwowano gwałtowny wzrost wartości  $G'$  w temp. około 50°C. Wyraźny wzrost  $G'$  spowodowany był

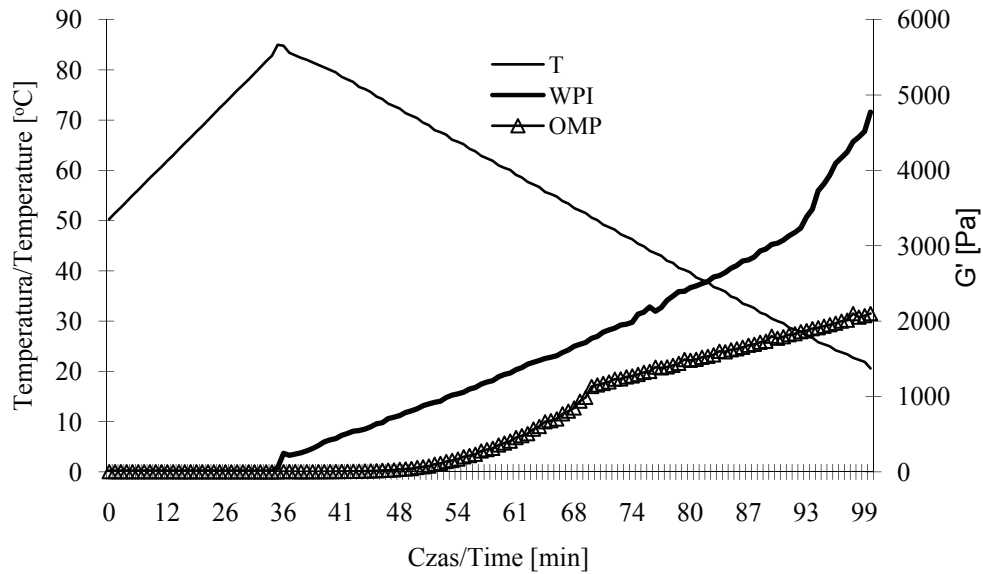
najprawdopodobniej żelowaniem karagenu i jego interakcjami z kazeiną. Podobne wyniki uzyskał Mleko [9], badając właściwości reologiczne deserów otrzymanych z mleka w proszku i karagenu. Verbaken i wsp. [15] stwierdzili synergistyczne interakcje pomiędzy karagenem a kazeiną w deserach mlecznych. Specyficzne interakcje pomiędzy karagenem i kazeiną mogą występować nawet w pH powyżej pI (punktu izoelektrycznego) kazeiny. Jest to spowodowane tym, że w cząsteczce  $\kappa$ -kazeiny znajduje się region wykazujący w tym pH dodatni ładunek, który może oddziaływać z ujemnie naładowanymi cząsteczkami karagenu [5].



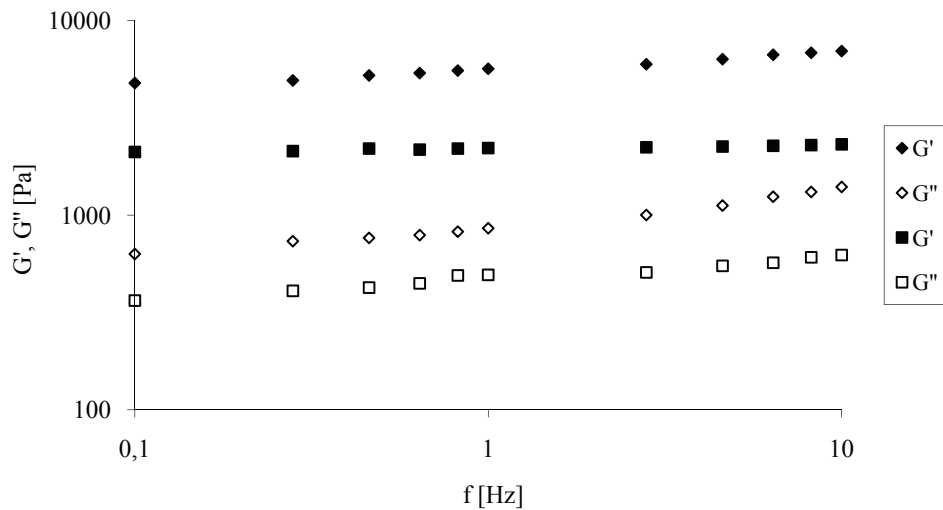
Rys. 2. Wpływ źródła białka na właściwości reologiczne deserów otrzymanych z dodatkiem aspartamu.  
Fig. 2. The effect of protein source in the rheological properties of milk desserts with the addition of aspartame.

W przypadku deserów słodzonych aspartamem (rys. 2), oba zachowywały się podobnie, tzn. wartość  $G'$  podczas chłodzenia wzrastała równomiernie, nie wykazując znacznych skoków. Deser otrzymany z WPI miał wyższą wartość  $G'$  w porównaniu z deserami z OMP podczas ich chłodzenia.

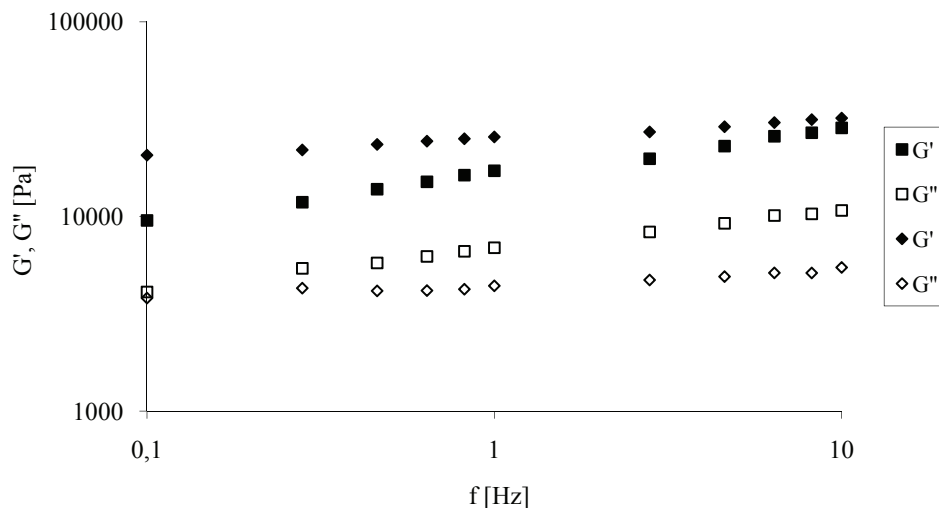
Podobny przebieg krzywych  $G'$  uzyskano w przypadku deserów słodzonych sacharozą, z tą różnicą, że w przypadku obu deserów podczas chłodzenia stwierdzono wyraźny wzrost wartości  $G'$  spowodowany żelowaniem karagenu (rys. 3). W przypadku deserów z OMP karagen żelował w temp. około 51°C, a w deserach z WPI w temp. poniżej 30°C. Wyniki te są zgodne z wcześniejszymi badaniami reologicznymi dotyczącymi deserów mlecznych [7, 9].



Rys. 3. Wpływ źródła białka na właściwości reologiczne deserów otrzymanych z dodatkiem sacharozы.  
 Fig. 3. The effect of protein source on the rheological properties of milk desserts with the addition of saccharose.



Rys. 4. Wpływ częstotliwości drgań na wartości modułu zachowawczego ( $G'$ ) i stratności ( $G''$ ) deserów otrzymanych z WPI ( $\diamond$ ) i OMP ( $\square$ ) z dodatkiem sacharozы w temp. 25°C.  
 Fig. 4. The effect of oscillation frequency on the storage ( $G'$ ) and loss ( $G''$ ) modulus values of the milk desserts obtained from WPI ( $\diamond$ ) and OMP ( $\square$ ) with the saccharose addition in the temperature 25°C.



Rys. 5. Wpływ częstotliwości drgań na wartości modułu zachowawczego ( $G'$ ) i stratności ( $G''$ ) deserów otrzymanych z WPI ( $\diamond$ ) i OMP ( $\square$ ) z dodatkiem aspartamu w temp. 25°C.

Fig. 5. The effect of oscillation frequency on the storage ( $G'$ ) and loss ( $G''$ ) modulus values of the milk desserts obtained from WPI ( $\diamond$ ) and OMP ( $\square$ ) with the aspartame addition in the temperature 25°C.

Właściwości mechaniczne żeli deserów mlecznych otrzymanych po ich ochłodzeniu do temp. 25°C zbadano przy zmiennej częstotliwości drgań w zakresie 0,1-10 Hz (rys. 4). Desery mleczne otrzymane z WPI i OMP z dodatkiem sacharozy po ochłodzeniu tworzyły żel, o czym świadczy wyraźna różnica pomiędzy wartościami  $G'$  i  $G''$  w całym zakresie częstotliwości drgań [13]. Żel otrzymany z WPI był wyraźnie mocniejszy od żelu z OMP. Żele otrzymane z dodatkiem aspartamu były dużo słabsze w porównaniu z żelami deserów słodzonych sacharozą (rys. 5). Jednak i w przypadku tych żeli wyższa energia drgań związanych z wyższą częstotliwością nie powodowała spadku wartości  $G'$ , co miałyby miejsce, gdyby następowało zniszczenie matrycy żelu.

Podsumowując otrzymane wyniki można stwierdzić, że zastąpienie sacharozy przez inną substancję słodzącą ogólnie powodowało pogorszenie właściwości reologicznych badanych deserów otrzymanych z izolatu białek serwatkowych. Najbardziej zbliżonymi właściwościami do deserów słodzonych sacharozą były te z dodatkiem aspartamu, natomiast tekstura deserów otrzymanych z ksylitolem, była bardzo niezadowalająca. Odwrotnie zachowywały się desery otrzymane z OMP, nie zauważono dużego wpływu stosowanego środka słodzącego na teksturę deserów mlecznych.

## Wnioski

1. Rodzaj zastosowanego środka słodzącego miał duży wpływ na teksturę deserów otrzymanych z WPI, natomiast w przypadku deserów z OMP wpływ ten był niewielki.
2. Najlepszymi właściwościami reologicznymi (twardością i wartością modułu zachowawczego) charakteryzowały się desery WPI słodzone sacharozą.
3. Alternatywą dla deserów WPI słodzonych sacharozą, mogą być desery słodzone aspartemem, który w najmniej niekorzystny sposób w porównaniu z pozostałymi środkami słodzącymi pogarszał właściwości reologiczne deserów mlecznych.
4. Ksylitol nie powinien być wykorzystywany jako substancja słodząca do deserów sporządzonych z WPI, ale może być stosowany w celu otrzymania półpłynnych deserów na bazie wszystkich białek mleka.

*Praca była prezentowana podczas XII Ogólnopolskiej Sesji Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Lublin, 23–24 maja 2007 r.*

## Literatura

- [1] Gustaw W., Glibowski P.: Effect of polyols content on rheological properties of whey protein gels. *Pol. J. Nat. Sci*, 2004, Supp., **2**, 55-60.
- [2] Gustaw W., Mleko S.: The effect of pH and carrageenan concentration on the rheological properties of whey protein gels., 2003, 4, *Pol. J. Nat. Sci*, 2003, **4**, 39-44.
- [3] Gustaw W., Mleko S.: Właściwości funkcjonalne i zastosowanie karagenów w mleczarstwie. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1997, **1 (14)**, 71-80.
- [4] Gustaw W., Sołowiej B., Mleko S.: Otrzymywanie deserów mlecznych z białek serwatkowych z dodatkiem skrobi i karagenu. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, **4 (43) Supl.**, 100-109.
- [5] Imeson A.: Thickening and gelling agents for food. Blackie Academic and Professional. Glasgow 1992.
- [6] Lethuaut L., Brossard Ch., Rousseau F., Bousseau B., Genot C.: Sweetness–texture interactions in model dairy desserts: effect of sucrose concentration and the carrageenan type. *Int. Dairy J.*, 2003, **13**, 631–641.
- [7] Mleko S., Gustaw W.: Rheological changes due to substitution of total milk proteins by whey proteins in dairy desserts. *J. Food Sci. Technol.*, 2002, **39 (2)**, 170-172.
- [8] Mleko S., Li-Chen E., Pikus S.: Interactions of  $\kappa$ -carrageenan with whey proteins in gels formed at different pH. *Food Res. Int.*, 1997, **30 (6)**, 427-433.
- [9] Mleko S.: Rheological properties of milk and whey protein desserts. *Milchwissenschaft*, 1997, 52(5), 262-265.
- [10] Mleko S.: Wyznaczanie temperatury żelowania białek serwatkowych przy użyciu reometrii rotacyjnej i oscylacyjnej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1999, **2 (19)**, 83-89.
- [11] Ould Eleya M., Turgeon S.: Rheology of  $\kappa$ -carrageenan and  $\beta$ -lactoglobulin mixed gels. *Food Hydrocoll.*, 2000, **14**, 29-40.
- [12] Tarrega A., Duran L., Costell E.: Flow behaviour of semi-solid dairy desserts. Effect of temperature. *Int. Dairy J.*, 2004, **14**, 345-353.



- [13] Tarrega A., Duran L., Costell E.: Rheological characterization of semisolid dairy desserts. Effect of temperature. *Food Hydrocoll.*, 2005, **19**, 133-139.
- [14] Turgeon S.L, Beaulieu M.: Improvement and modification of whey protein gels texture using polysaccharides. *Food Hydrocoll.*, 2001, **15**, 583-591.
- [15] Verbeken D., Bael K., Thas O., Dewettinck K.: Interactions between  $\kappa$ -carrageenan, milk proteins and modified starch in sterilized dairy desserts. *Int. Dairy J.*, 2006, **16**, 482-488.

### THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF MILK DESSERTS OBTAINED FROM THE WHEY PROTEINS WITH THE ADDITION OF DIFFERENT SWEETENERS

#### S u m m a r y

The purpose of this study was to examine the effect of different sweeteners such as: saccharose, xylitol, aspartame and acesulfame on rheological properties of milk desserts obtained with the addition of whey protein isolate (WPI). The rheological properties of milk desserts were examined using a Haake RS 300 rheometer in the temperature range from 85 to 20°C. The dessert texture was determined by TA-XT2i texture analyser. The hardest desserts were obtained from WPI with the saccharose addition. Their hardness was 212 g. The substitution of saccharose by other sweeteners caused general decline of rheological properties of the WPI desserts being examined. In the case of the desserts obtained with the skimmed milk powder, no significant effect of any sweetener applied on the dessert texture was observed.

**Key words:** WPI, texture, oscillatory rheology, carrageenan, starch, sweeteners ☒