

WALDEMAR GUSTAW, MACIEJ NASTAJ, BARTOSZ SOŁOWIEJ

## WPLYW WYBRANYCH HYDROKOLOIDÓW NA WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE JOGURTU STAŁEGO

### Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu dodatku wybranych hydrokoloidów i ich mieszanin na właściwości reologiczne i wielkość synerезy jogurtów otrzymanych metodą termostatową. Jogurt naturalny, bez dodatku polisacharydów charakteryzował się ponad 2% synerезą i twardością około 33 G. Jogurty z dodatkiem gumy guar (GG) i gumy ksantanowej (GK) charakteryzowały się niewielkim zwiększeniem twardości wraz ze wzrostem stężenia tych polisacharydów, ponadto w przypadku gumy ksantanowej (GK) wzrost stężenia polisacharydu wpływał na zmniejszenie synerезy. Dodatek mieszaniny: guma ksantanowa - guma guar (GK -GG) w ilości powyżej 0,01% powodował zmniejszenie synerезy poniżej wartości uzyskanej w przypadku jogurtu kontrolnego. Spośród badanych pojedynczych polisacharydów jogurty o najlepszych właściwościach reologicznych i najmniejszym wycieku serwatki otrzymano po dodaniu gumy ksantanowej.

**Słowa kluczowe:** jogurt, karagen, galaktomannany, guma ksantanowa, synerезa, twardość

### Wprowadzenie

W ciągu ostatnich kilkunastu lat obserwuje się wyraźną tendencję wzrostu spożycia mlecznych napojów fermentowanych, zwłaszcza jogurtu. Przemysłowa produkcja jogurtów jest bardzo rozpowszechniona w różnych krajach świata i znajduje się na pierwszym miejscu wśród wszystkich fermentowanych napojów mlecznych [7]. Jogurt jest ceniony ze względu na walory smakowe i dietetyczne oraz właściwości prozdrowotne [11].

Jedną z głównych przyczyn ograniczających wzrost konsumpcji jogurtu była jego niska jakość, objawiająca się m.in. niewłaściwą konsystencją i wydzielaniem serwatki. Wadom tym obecnie skutecznie można zapobiegać, stosując między innymi dodatek stabilizatorów takich jak: karagen, pektyna, skrobia, guma guar, mączka chleba święto-

jańskiego i guma ksantanowa [9]. Dodawanie stabilizatorów ma również uzasadnienie zdrowotne: obniżenie kaloryczności jogurtu dzięki wyeliminowaniu części tłuszczu, a także ekonomiczne, gdyż pozwala zmniejszyć zużycie odtłuszczonego proszku mlecznego.

Celem pracy było określenie wpływu dodatku wybranych hydrokoloidów i ich mieszanin na właściwości reologiczne i wielkość synerezy jogurtów otrzymanych metodą termostatową.

### **Material i metody badań**

Do badań użyto mleka pełnego w proszku (OSM Krasnystaw), karagenu (KK), mączki chleba świętojańskiego (MCHŚ), gumy guar (GG) i ksantanowej (GK) (Sigma, USA). Do produkcji jogurtu użyto szczepionki YC-X11, Yo-Flex, *Thermophilus Lactic Culture* (CHR HANSEN, Polska).

Sproszkowane mleko pełne w ilości 130 g stopniowo rozpuszczano w 1000 ml wody destylowanej poprzez ciągłe mieszanie mieszadłem magnetycznym. Mleko pasteryzowano w temp. 80°C przez 30 min w łaźni wodnej. Następnie schładzano do temp. 40 - 45°C i dodawano szczepionkę jogurtową w ilości 0,015 g na 100 g mleka. Próbkę inkubowano w łaźni wodnej w temp. 45°C przez 4 godz. do momentu obniżenia pH do około 4,6. Zwiększenie suchej masy mleka odbywało się poprzez dodatek pojedynczych polisacharydów lub ich mieszanin w ilości od 0,01 do 0,05%. Polisacharydy dodawano przed pasteryzacją mleka.

Oznaczano pH mleka z dodatkami przed fermentacją i jogurtów po fermentacji. Wielkość synerezy oznaczano wagowo po około 24 godz. przechowywania w temp. 4°C.

Oznaczano teksturę jogurtów za pomocą analizatora tekstury TA-XT2i (Stable Micro Systems, UK) po około 24 godz. przechowywania w temp. 4°C. Próbkę jogurtu o objętości 40 ml badano, stosując zmodyfikowany test TPA, w którym oznaczano jedynie twardość jogurtów. Średnica trzpienia wynosiła 10 mm, a prędkość przesuwu głowicy analizatora 1 mm/s. Oznaczano twardość jogurtów. Pomiary wykonywano w 3 seriach po 6 powtórzeń.

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej stosując test t-Studenta wg programu Stat 1, ISK Skierniewice.

### **Wyniki i dyskusja**

W pierwszym etapie badań otrzymano jogurt kontrolny, bez dodatków oraz sporządzono jogurty z dodatkiem pojedynczych polisacharydów. Jogurt zagęszczano hydrokoloidami w ilości: 0,01, 0,025 i 0,05%. Dodatek polisacharydów powodował zmianę wartości pH mleka przed fermentacją (tab. 1). KK dodany do mleka spowodował spadek wartości pH, natomiast pozostałe polisacharydy podwyższyły wartość pH

mleka. W przypadku MCHŚ dodatek w ilości 0,025% i większy powodował zmniejszenie wartości pH mleka w porównaniu z próbą kontrolną. Po zakończonej fermentacji pH poszczególnych jogurtów było zróżnicowane, pomimo stosowania jednakowego czasu fermentacji. Jogurty otrzymane z dodatkiem KK miały wyższe pH w porównaniu z jogurtem kontrolnym, natomiast w przypadku jogurtu z dodatkiem MCHŚ zbliżone do jogurtu kontrolnego. W przypadku pozostałych dodatków kwasowość jogurtów była niższa niż w przypadku jogurtu kontrolnego (tab. 1). Z danych zawartych w literaturze wynika, że dodatek hydrokoloidów, takich jak pektyny i alginiany, powoduje niewielki wzrost kwasowości jogurtów [6].

Jogurt naturalny, bez dodatku polisacharydów charakteryzował się ponad 2% synerезą (tab. 2). Po dodaniu GK wielkość synerезy malała wraz ze wzrostem stężenia tego polisacharydu. Wcześniejsze badania również wykazały wyraźny spadek wycieku serwatki z jogurtu po dodaniu gumy ksantanowej [1].

Tabela 1

Wartość pH mleka przed fermentacją i jogurtu po fermentacji w zależności od rodzaju i stężenia dodanego polisacharydu.

The pH values of milk before fermentation and yoghurt after fermentation in dependence of polysaccharide type and concentration.

Rodzaj polisacharydu Type of polysaccharide	pH	
	Mleko przed fermentacją Milk before fermentation	Jogurt po fermentacji Milk after fermentation
Próba kontrolna / Control sample	6,64	4,53 <sup>e</sup> ±0,04
Stężenie polisacharydu 0,01% / Polysaccharide concentration 0,01%		
KK	6,30	4,68 <sup>g</sup> ±0,01
MCHŚ	6,87	4,52 <sup>de</sup> ±0,03
GG	6,72	4,35 <sup>bc</sup> ±0,02
GK	6,71	4,34 <sup>abc</sup> ±0,01
Stężenie polisacharydu 0,025% / Polysaccharide concentration 0,025%		
KK	6,30	4,73 <sup>h</sup> ±0,05
MCHŚ	6,55	4,51 <sup>de</sup> ±0,02
GG	6,72	4,37 <sup>c</sup> ±0,01
GK	6,71	4,31 <sup>a</sup> ±0,01
Stężenie polisacharydu 0,05% / Polysaccharide concentration 0,05%		
KK	6,52	4,57 <sup>f</sup> ±0,01
MCHŚ	6,49	4,49 <sup>d</sup> ±0,02
GG	6,72	4,34 <sup>abc</sup> ±0,01
GK	6,70	4,32 <sup>ab</sup> ±0,01

Objaśnienia: / Explanatory notes:

a-h – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ),

a-h – the differences among mean values denoted using different letters are statistically significant ( $p < 0.05$ ).

W przypadku KK, MCHŚ i GG synereza była mniejsza niż w jogurcie kontrolnym, przy najmniejszym dodatku polisacharydu, a wraz ze wzrostem stężenia polisacharydu synereza wyraźnie wzrastała. Podobne wyniki uzyskano badając dodatek mączki chleba świętojańskiego na właściwości fizyczne jogurtu. Zastosowanie tego polisacharydu w ilości powyżej 0,02% powodowało wzrost synerezy w jogurtach [11]. Dodatek karagenu powyżej 0,01% powodował powstanie bardzo twardego, zwartego skrzepu, jednak powodował wydzielanie dużych ilości serwatki (powyżej 20%). Dodatek KK powodował znaczny wzrost twardości, ale dopiero przy największym stężeniu polisacharydu (0,05%), natomiast jogurty otrzymane z 0,01 i 0,025% dodatkiem KK charakteryzowały się mniejszą twardością w porównaniu z jogurtem kontrolnym (rys. 1).

Wzrostowi twardości przy najwyższym stężeniu KK towarzyszyło powstanie bardzo zwartego żelu, który charakteryzował się dużą synerezą. Mogło być to spowodowane całkowitym otoczeniem miceli kazeinowych przez cząsteczki KK i w rezultacie ograniczeniu oddziaływań pomiędzy micelami kazeinowymi.

Tabela 2

Wielkość synerezy jogurtów otrzymanych z dodatkiem różnych polisacharydów.

The quantity of syneresis of set type yoghurt obtained with different polysaccharide.

Rodzaj polisacharydu Type of polysaccharide	Synereza Syneresis [%]
Próba kontrolna Control sample	2,12 <sup>cd</sup> ±0,39
Stężenie polisacharydu 0,01% / Polysaccharide concentration 0,01%	
KK	1,01 <sup>a</sup> ±0,13
MCHŚ	1,16 <sup>ab</sup> ±0,14
GG	2,03 <sup>bcd</sup> ±0,16
GK	2,11 <sup>bcd</sup> ±0,17
Stężenie polisacharydu 0,025% / Polysaccharide concentration 0,025%	
KK	22,58 <sup>f</sup> ±0,30
MCHŚ	1,88 <sup>abcd</sup> ±0,17
GG	2,33 <sup>d</sup> ±0,14
GK	1,5 <sup>abcd</sup> ±0,11
Stężenie polisacharydu 0,05% / Polysaccharide concentration 0,05%	
KK	27,7 <sup>g</sup> ±1,68
MCHŚ	2,09 <sup>cd</sup> ±0,12
GG	4,63 <sup>e</sup> ±0,31
GK	1,39 <sup>abc</sup> ±0,25

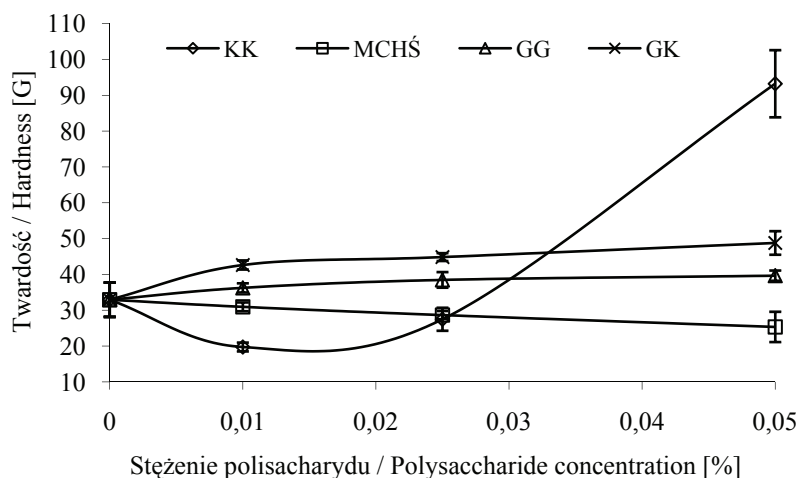
Objaśnienia: / Explanatory notes:

a-g – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ),

a-g – the differences among mean values denoted using different letters are statistically significant ( $p < 0.05$ ).

Cząsteczki karagenu mają ujemny ładunek i mogą oddziaływać z  $\kappa$ -kazeiną, tworząc elektrostatyczne kompleksy [10]. Należy jednak zauważyć, że mająca dodatni ładunek  $\kappa$ -kazeina jest adsorbowana blisko powierzchni miceli kazeinowej i interakcje z karagenem mogą być utrudnione [2]. Dodatek pektyny do jogurtu w ilości do 0,4% powodował wyraźny wzrost jego twardości wraz ze zwiększeniem stężenia polisacharydu, dalszy wzrost stężenia pektyny nie dawał już tak wyraźnego efektu [6]. Innym wytłumaczeniem tak dużego wycieku serwatki może być wystąpienie fazy separacji pomiędzy polisacharydami a białkami mleka. Zjawisko takie stwierdzono m.in. w mieszaninach białek serwatkowych i karagenu [4].

Jogurty z dodatkiem GG i GK charakteryzowały się niewielkim wzrostem twardości wraz ze zwiększeniem stężenia tych polisacharydów, ponadto w przypadku GK wzrost stężenia polisacharydu wpływał na zmniejszenie synerезy. Uzyskane wyniki potwierdziły wcześniejsze doniesienia o pozytywnym wpływie gumy ksantanowej na teksturę jogurtu, przez wzrost jego twardości i ograniczenie synerезy [5]. Twardość jogurtu zawierającego mączkę chleba świętojańskiego powoli malała wraz ze wzrostem stężenia tego galaktomannanu (rys. 1). Guma guar, guma ksantanowa i mączka chleba świętojańskiego nie wykazują elektrostatycznych interakcji z kazeiną [2].



Rys. 1. Wpływ stężenia polisacharydu na twardość jogurtów otrzymanych metodą termostatową.

Fig. 1. The effect of polysaccharide concentration on hardness of set type yoghurt.

W drugim etapie badań do zagęszczenia jogurtów zastosowano mieszaniny polisacharydów. Łączne stężenie polisacharydów wynosiło: 0,01, 0,025 i 0,05%. Po dodaniu mieszaniny polisacharydów w większości przypadków zaobserwowano wzrost wartości pH mleka przed zaszczepieniem i niższe wartości pH jogurtu po zakończonej fermentacji w porównaniu z jogurtem kontrolnym (tab. 3).

Tabela 3

Wartość pH mleka przed fermentacją i jogurtu po fermentacji w zależności od rodzaju i stężenia dodanej mieszaniny polisacharydów.

The pH values of milk before fermentation and yoghurt after fermentation in dependence of type and concentration of mixed polysaccharide system.

Rodzaj polisacharydu Type of polysaccharide	pH	
	Mleko przed fermentacją Milk before fermentation	Jogurt po fermentacji Yoghurt after fermentation
Próba kontrolna Control sample	6,64	4,53 <sup>b</sup> ±0,04
Stężenie mieszaniny polisacharydów 0,01% / Polysaccharide mixture concentration 0,01%		
KK-MCHŚ	6,92	4,53 <sup>b</sup> ±0,03
GK-MCHŚ	6,80	4,39 <sup>a</sup> ±0,01
GK-GG	6,78	4,37 <sup>a</sup> ±0,01
Stężenie mieszaniny polisacharydów 0,025% / Polysaccharide mixture concentration 0,025%		
KK-MCHŚ	6,92	4,76 <sup>c</sup> ±0,01
GK-MCHŚ	6,80	4,41 <sup>a</sup> ±0,04
GK-GG	6,79	4,41 <sup>a</sup> ±0,02
Stężenie mieszaniny polisacharydów 0,05% / Polysaccharide mixture concentration 0,05%		
KK-MCHŚ	6,28	4,45 <sup>a</sup> ±0,02
GK-MCHŚ	6,79	4,41 <sup>a</sup> ±0,01
GK-GG	6,78	4,39 <sup>a</sup> ±0,02

Objaśnienia: / Explanatory notes:

a-c – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ),

a-c – the differences among mean values denoted using different letters are statistically significant ( $p < 0.05$ ).

Przy niskim stężeniu KK-MCHŚ synereza była niższa niż w jogurcie kontrolnym, a wraz ze wzrostem stężenia polisacharydów wzrosła do około 11%. W porównaniu z jogurtami, w których zastosowano dodatek samego KK uzyskano znaczne zmniejszenie synerezy, jednak wyciek serwatki był nadal bardzo duży. Inni autorzy zaobserwowali występowanie efektu synergistycznego pomiędzy  $\kappa$ -karagenem a mączką chleba świętojańskiego, który uwidoczniał się zmianą tekstury żelu z łamliwej na elastyczną oraz zmniejszeniem synerezy [8].

Dodatek mieszaniny GK-GG w ilości powyżej 0,01% powodował zmniejszenie synerezy poniżej wartości uzyskanej w przypadku jogurtu kontrolnego. Po zastosowaniu mieszaniny GK-MCHŚ synereza malała wraz ze wzrostem stężenia mieszaniny hydrokoloidów (tab. 4). Mieszanki tych polisacharydów od dawna wykorzystywane są w produkcji żywności ze względu na występowanie pomiędzy nimi synergistycznych interakcji. Guma ksantanowa tworzy termoodwracalne i elastyczne żele po połączeniu jej z galaktomannanami, takimi jak mączka chleba świętojańskiego, natomiast

z gumą guar nie tworzy twardych żeli, ale bardzo lepkie roztwory [3]. Podobna zależność miała miejsce w przypadku jogurtu otrzymanego z dodatkiem samej GK (tab. 2).

Tabela 4

Wielkość synerезy jogurtów otrzymanych z dodatkiem mieszanin różnych polisacharydów.  
The quantity of syneresis of set type yoghurt obtained with different mixed polysaccharide system.

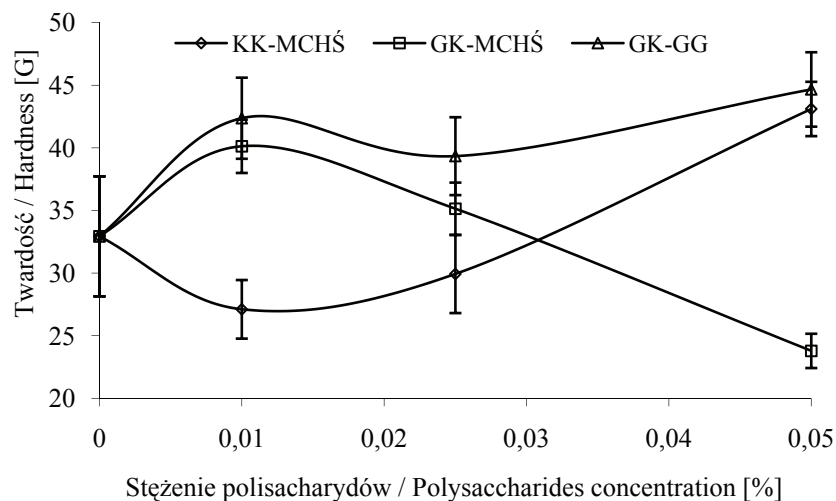
Rodzaj polisacharydu Type of polysaccharide	Synerезa Syneresis [%]
Próba kontrolna Control sample	2,12 <sup>c</sup> ±0,39
Stężenie mieszaniny polisacharydów 0,01% / Polysaccharide mixture concentration 0,01%	
KK-MCHŚ	0,46 <sup>ab</sup> ±0,20
GK-MCHŚ	1,88 <sup>bc</sup> ±0,13
GK-GG	2,23 <sup>c</sup> ±0,07
Stężenie mieszaniny polisacharydów 0,025% / Polysaccharide mixture concentration 0,025%	
KK-MCHŚ	5,43 <sup>d</sup> ±2,62
GK-MCHŚ	1,11 <sup>abc</sup> ±0,27
GK-GG	1,98 <sup>c</sup> ±0,13
Stężenie mieszaniny polisacharydów 0,05% / Polysaccharide mixture concentration 0,05%	
KK-MCHŚ	11,33 <sup>e</sup> ±1,19
GK-MCHŚ	0 <sup>a</sup>
GK-GG	1,99 <sup>c</sup> ±0,25

Objaśnienia: / Explanatory notes:

a-c – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne (p<0,05),

a-c – the differences among mean values denoted using different letters are statistically significant (p<0.05).

W przypadku jogurtu wzbogaconego mieszaniną KK-MCHŚ nastąpił wzrost twardości wraz ze zwiększeniem stężenia polisacharydów, podobnie zachowywały się jogurty otrzymane z dodatkiem mieszaniny GK-GG (rys. 2). Twardość jogurtów zawierających mieszaninę GK-MCHŚ przy stężeniu polisacharydu 0,01% była najwyższa, później twardość malała wraz ze wzrostem stężenia mieszaniny polisacharydów. Otrzymane wyniki wskazują na to, że poszczególne polisacharydy wykazują odmienne działanie, gdy stosowane są pojedynczo niż w mieszaninie. Zastosowanie tylko jednego stabilizatora nie zawsze jest korzystne. Poprzez równoczesne stosowanie kilku hydrokoloidów można, wykorzystując ich właściwości synergistyczne, uzyskać produkt o żądanych cechach jakościowych i obniżyć łączną ilość stabilizatorów.



Rys. 2. Wpływ stężenia mieszanki polisacharydów na twardość jogurtów otrzymanych metodą termostatową.

Fig. 2. The effect of mixed polysaccharide system concentration on hardness of set type of yoghurt.

### Wnioski

1. Zastosowanie karagenu w stężeniu powyżej 0,01% powodowało powstanie twardego i zwartej struktury jogurtowej, wydzielającego duże ilości serwatki.
2. Spośród badanych pojedynczych polisacharydów, jogurty o najlepszych właściwościach reologicznych i najmniejszym wycieku serwatki otrzymano po dodaniu gumy ksantanowej.
3. Zastosowanie mieszanin karagenu z mączką chleba świętojańskiego i gumy ksantanowej z galaktomannanami wpłynęło na ograniczenie wielkości synerazy w jogurtach otrzymywanych metodą termostatową w porównaniu z jogurtami, w których zastosowano pojedyncze hydrokoloidy.
4. Wśród zastosowanych mieszanin polisacharydów, połączenia gumy ksantanowej z gumą guar spowodowały najwyższy wzrost twardości jogurtów otrzymywanych metodą termostatową.

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



## Literatura

- [1] El Sayed, E. M., Abd El Gawad, I. A., Murad, H. A., Salah, S. H.: Utilization of laboratory-produced xanthan gum in the manufacture of yogurt and soy yogurt. *Eur. Food Res. Tech.*, 2002, **215**, 298–304.
- [2] Everett D, McLeod R.: Interactions of polysaccharide stabilisers with casein aggregates in stirred skim-milk yoghurt. *Int. Dairy J.*, 2005, **15(11)**, 1175-1183.
- [3] Gustaw W., Achremowicz B., Mleko S.: Wpływ NaCl na właściwości reologiczne wybranych hydrokolidów i ich mieszanin. *Żywność. Technologia. Jakość*, 1999, **1 (18)**, 38-48.
- [4] Gustaw, W., Mleko, S.: The effect of pH and carrageenan concentration on the rheological properties of whey protein gels. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2003, **4**, 39-44.
- [5] Kalab M., Allan-Wojtas P., Phipps-Todd B.E.: Development of microstructure in set-style nonfat yoghurt – A review. *Food Microstructure*, 1983, **2**, 51-66.
- [6] Kumar P., Mishra H.N.: Mango soy fortified set yoghurt: effect of stabilizer addition on physico-chemical, sensory and textural properties. *Food Chem.*, 2004, **87**, 501–507.
- [7] Mckinley M.: The nutrition and health benefits of yoghurt. *Inter. J. Dairy Technol.*, 2005, **1 (58)**, 1-12.
- [8] Noronha R.L., Damasko M.H., Pivatto M.M., Negrillo B.G.: Development of the attributes and for texture descriptive analysis of milk gels aided by multivariate statistical procedures. *Food Quality and Preference*, 1995, **6**, 49-54.
- [9] Sanchez, C., Zuiga-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.
- [10] Snoeren T.H.M.: Kappa-carrageenan. A study on its physicochemical properties, sol-gel transition and interaction with milk proteins. Thesis. Nederlands Instituut voor Zuivelonderzoek, Eds. The Netherlands 1972.
- [11] Unal B., Metin S, Isikli N.: Use of response surface methodology to describe the combined effect of storage time, locust bean gum and dry matter of milk on the physical properties of low-fat set yoghurt. *Int. Dairy J.*, 2003, **13**, 909–916.

### THE EFFECT OF HYDROCOLLOIDS ADDITION ON RHEOLOGICAL PROPERTIES OF SET YOGHURT

#### S u m m a r y

The purpose of this study was to examine the effect of addition of different hydrocolloids' mixtures on rheological properties and syneresis extent of set yoghurts. The hardness and syneresis values of set yoghurts without polysaccharide addition were >33 G and 2% respectively. The yoghurts with guar gum (GG) and xanthan gum (GK) addition exhibited the slight increase in hardness values with the increase of the polysaccharide concentration added. In the case of xanthan gum (GK), the increase of polysaccharide concentration decreased the level of syneresis. The addition of xanthan gum-guar gum (GK-GG) mixture, higher than 0,01% caused the decrease of syneresis to the values which were lower than those recorded for the control yoghurt sample. Among the individual polysaccharides, the yoghurts with the best rheological properties and the lowest syneresis were obtained with the addition of xanthan gum.

**Key words:** yoghurt, carrageenan, galactomannans, xanthan gum, syneresis, hardness 