

MACIEJ NASTAJ, WALDEMAR GUSTAW

## WPLYW WYBRANYCH PREBIOTYKÓW NA WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE JOGURTU STAŁEGO

### Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu dodatku oligofruktozy P95 oraz inuliny GR i HPX na właściwości reologiczne oraz wielkość synerезy jogurtu otrzymanego metodą termostatową. Oznaczano twardość, lepkość pozorną i wielkość synerезy jogurtów stałych. W celu określenia wpływu fruktooligosacharydów na przebieg fermentacji monitorowano ten proces przy użyciu reometru oscylacyjnego. W przypadku jogurtu kontrolnego tworzenie skrzepu rozpoczęło się po ok. 90 min, natomiast tworzenie się skrzepu w przypadku pozostałych jogurtów zaczęło się po ok. 105 min. Najmniejszą twardość miał jogurt kontrolny – 0,23 N. Natomiast największą uzyskał jogurt z dodatkiem inuliny HPX w ilości 3 % – 0,28 N. W przypadku jogurtów z dodatkiem P95 zaobserwowano nieco wyższą twardość w porównaniu z próbą kontrolną. Najmniejszą ilością wydzielanej serwatki charakteryzował się jogurt z dodatkiem 3 % P95. Generalnie wraz ze wzrostem dodatku fruktooligosacharydów malała wielkość synerезy w badanych jogurtach. Zastosowanie fruktooligosacharydów pozwala na otrzymanie jogurtów o odpowiednich właściwościach reologicznych i prozdrowotnych.

**Słowa kluczowe:** jogurt stały, inulina, fruktooligosacharydy, twardość, lepkość pozorną, synerезa

### Wprowadzenie

Prebiotyki są określane jako składniki żywności nietrawione przez enzymy endogenne gospodarza - człowieka lub zwierzęcia, przechodzące w stanie nienaruszonym do jelita grubego, w którym są selektywnie fermentowane przez mikroflorę tego odcinka. Najpowszechniej stosowanymi prebiotykami są inulina i oligofruktoza. Związki te są polimerami D-fruktozy połączonej wiązaniami  $\beta$ -(2-1) glikozydowymi [14]. W wyniku ich fermentacji powstają krótkołańcuchowe kwasy (głównie octowy, propionowy, masłowy i mlekowy) powodujące obniżenie pH środowiska okrężnicy oraz wytworzenie gazów: CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, które mogą stymulować perystaltykę jelit [4]. Po-

nadto związki te stymulują rozwój *Bifidobacterium* i *Lactobacillus* w okrężnicy z jednoczesną redukcją zawartości bakterii *Clostridium perfringens* [10].

Jogurt jest jednym z najczęściej spożywanych mlecznych napojów fermentowanych. Produkt ten uważany jest przez większość konsumentów za doskonałe źródło składników odżywczych i prozdrowotnych [9]. Pomimo, że dobroczynne właściwości jogurtu znane są od dawna, naukowcy ciągle starają się poprawić jego właściwości funkcjonalne i dostarczyć nowych, atrakcyjnych dla konsumentów produktów na bazie jogurtu. Główny kierunek badań nad poprawą właściwości funkcjonalnych jogurtu dotyczy poprawy jego konsystencji i ograniczenia synerezy [6]. W celu ograniczenia tych wad stosowany jest dodatek polisacharydów, takich jak: karagen, guma guar, guma ksantanowa, mączka chleba świętojańskiego i mieszanin tych polisacharydów oraz białek mleka w postaci odtłuszczonego mleka w proszku (OMP), serwatki w proszku czy koncentratów białek serwatkowych [5, 6, 7].

W ostatnich latach zaczęto stosować dodatek różnego rodzaju prebiotyków do produktów mlecznych w celu dostarczenia do organizmu konsumenta substancji stymulujących rozwój specyficznych bakterii przewodu pokarmowego [10]. Dodatek inuliny do deserów mlecznych otrzymanych z OMP poprawiał również ich właściwości reologiczne i smakowe, podobną zależność stwierdzono w przypadku niskostłuszczowych jogurtów [12, 13].

Celem pracy było określenie wpływu dodatku fruktooligosacharydów – inuliny i oligofruktozy na właściwości reologiczne oraz wielkość synerezy jogurtu otrzymanego metodą termostatową.

### **Material i metody badań**

Do badań użyto mleka pełnego w proszku (OSM Krasnystaw) oraz fruktooligosacharydów: oligofruktozy P95 i inuliny GR i HPX (ORAFIT Active Food Ingredients, Belgia). Do produkcji jogurtu użyto szczepionki YC-X11, Yo-Flex, *Thermophilus Lactic Culture* (CHR HANSEN, Polska).

Jogurt otrzymano zgodnie z wcześniej stosowaną metodyką [6, 7]. Prebiotyki dodawano w ilości 1, 2 i 3 %. Fermentację prowadzono do momentu uzyskania wartości pH na poziomie 4,8.

Wielkość synerezy oznaczano wagowo po około 24 h przechowywaniu jogurtu w temp. 4 °C.

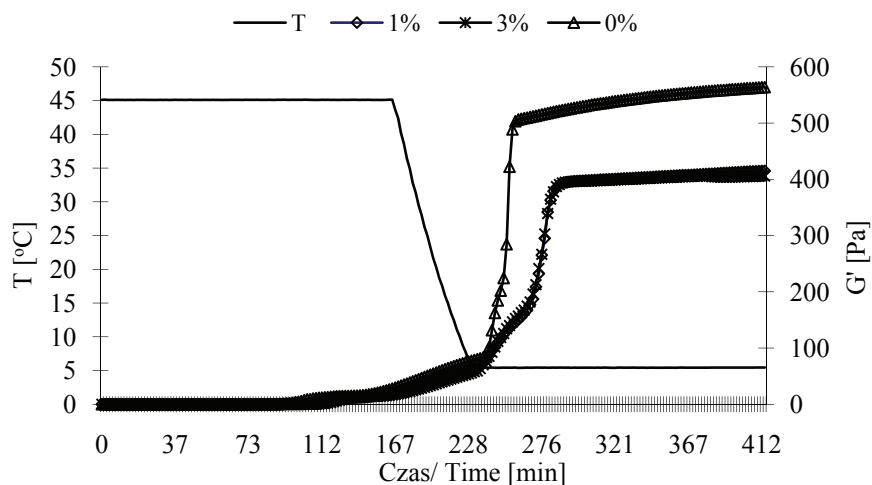
Twardość jogurtów oznaczano za pomocą analizatora tekstury TA-XT2i (Stable Micro Systems, UK) po około 24 h przechowywaniu w temp. 4 °C. Próbkę jogurtu o objętości 40 ml badano, stosując zmodyfikowany test TPA. Średnica trzpienia wynosiła 10 mm, a prędkość przesuwu głowicy analizatora 1 mm/s. Pomiarów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

Badania lepkości otrzymanych jogurtów prowadzono za pomocą lepkościomierza Brookfield, model DV-II+ z przystawką Helipath (Brookfield Engineering Laboratories, USA). Zastosowano wrzeciono D, obroty 0,5 rpm, badanie odbywało się w temp. pokojowej. Pomiar wykonywano w 3 powtórzeniach.

Proces fermentacji jogurtów monitorowano podczas pomiarów przy użyciu reometru dynamicznego RS300 (ThermoHaake, Niemcy). Rejestrowano zmiany modułu zachowawczego ( $G'$ ) przy  $f = 0,1$  Hz i odkształceniu 0,01. Pomiar prowadzono podczas ogrzewania w temp. 45 °C przez 4 h, a następnie przetrzymywania w temp. 5 °C przez 3 h.

### Wyniki i dyskusja

Na rys. 1., 2. i 3. przedstawiono przebieg fermentacji jogurtu kontrolnego, jogurtów z dodatkiem oligofruktozy P95 oraz inuliny GR i HPX w ilości 1 i 3 %. Podczas inkubacji jogurtów w temp. 45 °C przez pierwsze 90 min procesu nie zauważono zmian wartości  $G'$ . Po upływie tego czasu zaobserwowano powstawanie skrzepu w przypadku jogurtu kontrolnego. Dodatek oligofruktozy P95 znacznie wydłużył czas powstawania skrzepu jogurtowego, który w przypadku jej 1 % zawartości wyniósł 106 min, a przy 3 % dodatku 109 min (rys. 1).



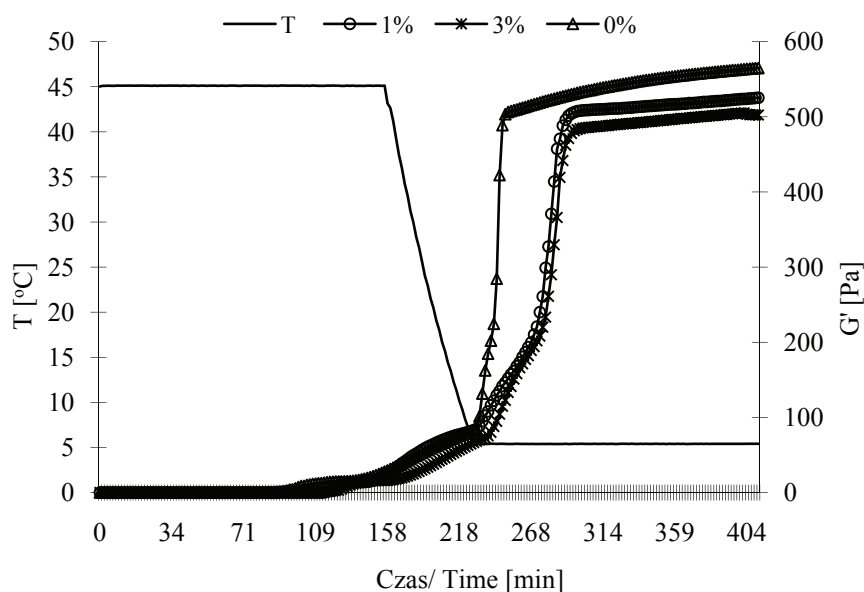
Rys. 1. Zmiany modułu zachowawczego  $G'$  podczas fermentacji i przechowywania jogurtu stałego otrzymanego z dodatkiem oligofruktozy P95.

Fig. 1. Changes in the  $G'$  storage modulus during fermentation and storage of set yoghurt produced with the addition of P95 fructooligosaccharide.

Również dodatek inuliny GR i HPX spowodował wydłużenie czasu potrzebnego do rozpoczęcia procesu powstawania skrzepu kwasowego. W przypadku inuliny GR

czas ten wynosił 102 (1 % GR) i 109 min (3 % GR) (rys. 2), natomiast jogurty z dodatkiem inuliny HPX zaczęły żelować po upływie 104 min (rys. 3). We wcześniejszych badaniach dotyczących wpływu dodatku różnych koncentratów białek serwatkowych również zaobserwowano wydłużenie czasu początku tworzenia skrzepu jogurtowego [7]. Dłuższy czas potrzebny do zapoczątkowania procesu żelowania w obecności polisacharydów mógł wynikać po części z wyższej wartości pH mleka po dodaniu prebiotyków, jak i możliwości częściowego utrudniania skutecznego łączenia się ze sobą miceli kazeinowych.

Wartość modułu  $G'$  wyraźnie wzrastała podczas dalszej fermentacji wszystkich badanych jogurtów (rys. 1 - 3). Skrzep jogurtowy był coraz mocniejszy, a procesu żelowania nie przerwało nawet ochłodzenie badanych jogurtów do temp. 5 °C. Skrzep jogurtu kontrolnego przetrzymywany w takich warunkach miał końcową wartość  $G'$  na poziomie ok. 560 Pa, a po zakończonej fermentacji około 500 Pa. W przypadku jogurtów otrzymanych z dodatkiem P95 skrzepy były słabsze od jogurtu kontrolnego, a zmiany modułu  $G'$  podczas przechowywania w temp. 5 °C były niewielkie (rys. 1).

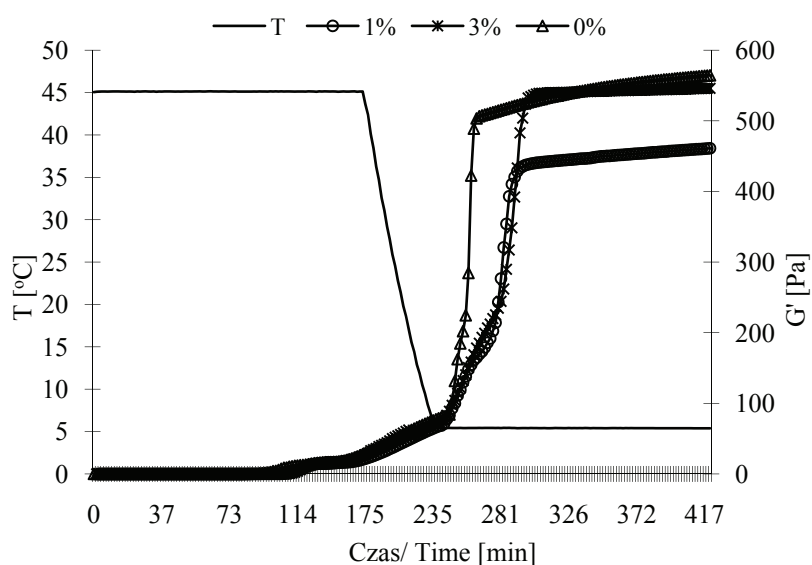


Rys. 2. Zmiany modułu zachowawczego  $G'$  podczas fermentacji i przechowywania jogurtu stałego otrzymanego z dodatkiem inuliny GR.

Fig. 2. Changes in the  $G'$  storage modulus during fermentation and storage of set yoghurt produced with the addition of GR inulin.

Jogurty otrzymane z dodatkiem inuliny GR również miały niższe wartości końcowe  $G'$  w porównaniu z jogurtem kontrolnym (rys. 2). W przypadku jogurtów otrzy-

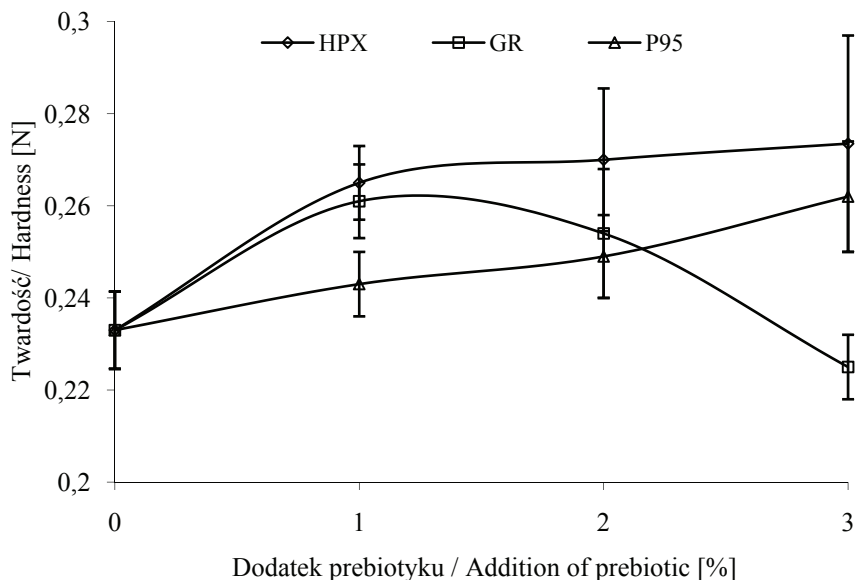
many z inuliną HPX, jogurt otrzymany z 3 % dodatkiem inuliny miał podobne właściwości reologiczne do jogurtu kontrolnego, natomiast przy 1 % dodatku tego polisacharydu zanotowano wyraźnie niższe wartości modułu zachowawczego (rys. 3). Wyraźnie słabsze skrzepy jogurtowe z dodatkiem inuliny GR, HPX i oligofruktozy P95 w porównaniu z jogurtem kontrolnym mogły wynikać z niepełnego uwodnienia się polisacharydów, co miało miejsce przy dłuższym czasie przechowywania (wyniki pomiaru twardości i lepkości jogurtów). Zastosowanie inuliny w jogurtach niskotłuszczowych również spowodowało niewielkie zmniejszenie wartości końcowej modułu zachowawczego w porównaniu z jogurtem o standardowej zawartości tłuszczu [3].



Rys. 3. Zmiany modułu zachowawczego  $G'$  podczas fermentacji i przechowywania jogurtu stałego otrzymanego z dodatkiem inuliny HPX.

Fig. 3. Changes in the  $G'$  storage modulus during fermentation and storage of set yoghurt produced with the addition of HPX inulin.

Wpływ wielkości dodatku prebiotyku na twardość jogurtów stałych przedstawiono na rys. 4. Twardość jogurtu kontrolnego wynosiła ok. 0,23 N. Obecność oligofruktozy P95 poprawiała teksturę jogurtów wraz ze zwiększaniem dodatku tego polisacharydu. W przypadku inuliny GR najlepszy efekt zanotowano przy 1 % jej dodatku (wzrost twardości do ok. 0,26 N), przy większych dodatkach twardość jogurtów uległa wyraźnemu zmniejszeniu i przy 3 % dodatku była mniejsza od twardości jogurtu kontrolnego. Zastosowanie inuliny w jogurtach o standardowej i obniżonej zawartości tłuszczu spowodowało wzrost twardości badanych jogurtów [3]. Wyniki innych autorów są sprzeczne, jedni podają że po dodaniu inuliny żel jogurtowy był słabszy, a inni, że twardość skrzepu jogurtowego wzrastała [2, 8].

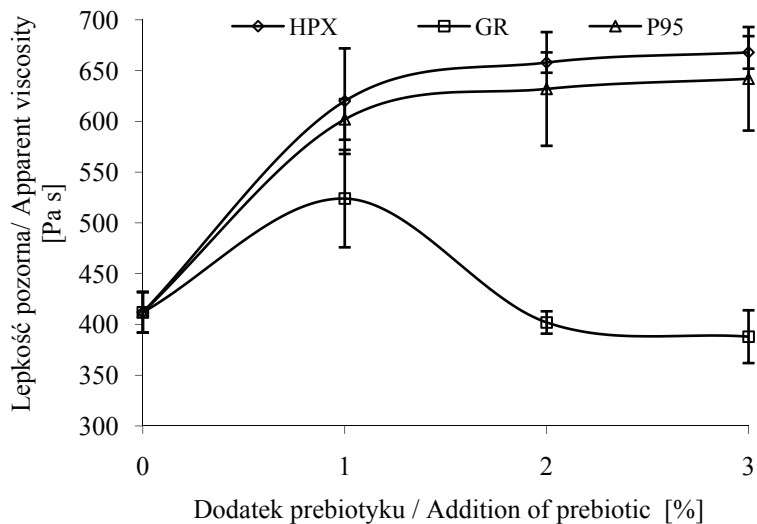


Rys. 4. Wpływ dodatku prebiotyków na twardość jogurtów stałych.

Fig. 4. Effect of the addition of prebiotics added on the hardness of set yoghurts.

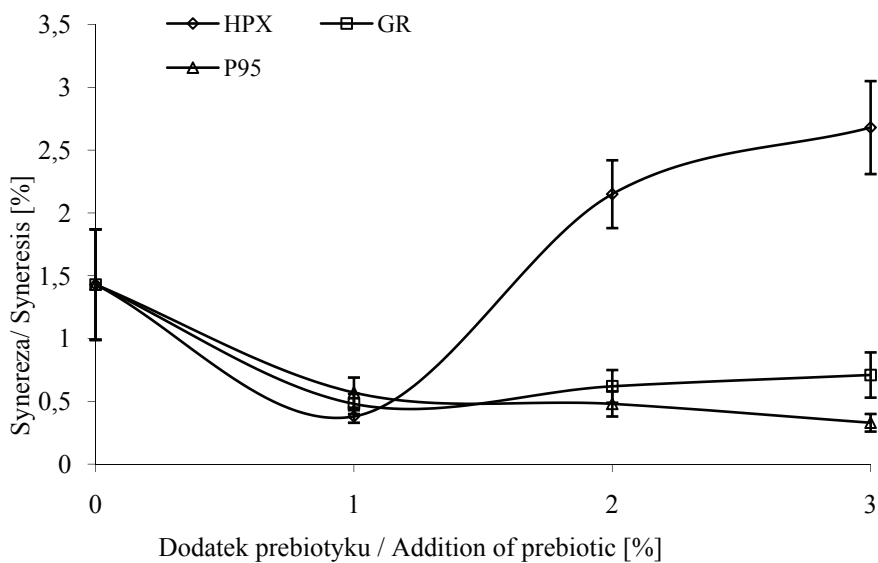
Lepkość pozorna badanych jogurtów stałych wzrastała po dodaniu inulin i oligofruktozy (rys. 5). Najwyższą lepkością charakteryzował się jogurt otrzymany z dodatkiem inuliny HPX, niewiele niższe wartości zanotowano w przypadku jogurtów z dodatkiem P95. W przypadku obu tych substancji obserwowano niewielki przyrost lepkości wraz ze wzrostem dodatku prebiotyku. Dodatek inuliny GR spowodował wzrost lepkości tylko przy 1 % zawartości prebiotyku, dalszy wzrost ilości inuliny GR spowodował wyraźny spadek lepkości pozornej do wartości niższych od lepkości zanotowanej w przypadku jogurtu kontrolnego (rys. 4). Wyniki te są zbieżne z wynikami otrzymanymi w przypadku jogurtów otrzymanych z dodatkiem różnych inulin [1]. Zastosowanie inuliny jako zamiennika tłuszczu w jogurtach spowodowało niewielkie zmniejszenie lepkości jogurtów niskotłuszczowych w porównaniu z jogurtami z pełną zawartością tłuszczu [3].

Z jogurtu kontrolnego po przechowywaniu przez 24 h, wydzieliła się serwatka w ilości 1,5 % (rys. 6). Dodatek wszystkich badanych polisacharydów w ilości 1 % ograniczył wielkość synerезy, jednak wraz ze wzrostem dodatku inuliny HPX i GR synerезa wyraźnie zwiększyła się szczególnie w przypadku inuliny HPX (rys. 6). Zastosowanie wyższego dodatku oligofruktozy P95 spowodowało powolne zmniejszenie wielkości synerезy jogurtów stałych.



Rys. 5. Wpływ dodatku prebiotyków na lepkość pozorną jogurtów stałych.

Fig. 5. Effect of the addition of prebiotics on the apparent viscosity of set yoghurts.



Rys. 6. Wpływ dodatku prebiotyków na wielkość synerazy jogurtów stałych.

Fig. 6. Effect of prebiotics added on the syneresis extent of set yoghurts.

Prawdopodobnie P95 i GR mają większą zdolność wiązania wody w porównaniu z inuliną HPX. Zastosowanie inuliny w ilości 2 % spowodowało zwiększenie wycieku serwatki w jogurtach niskotłuszczowych. Dopiero przy jej 6 % dodatku zauważono wyraźne zmniejszenie wielkości synerезy [3]. Podobnie przy 0,5 % dodatku inuliny do jogurtu probiotycznego zaobserwowano wzrost wielkości synerезy w porównaniu z jogurtem kontrolnym [15]. Lucey i wsp. [11] twierdzą, że obecność długołańcuchowych polisachrydów, takich jak inulina, może powodować rozluźnienie skrzepu kazeinowego, a w związku z tym ma on mniejsze zdolności wiązania wody.

Prebiotyki, takie jak inulina i oligofruktoza, mogą być z powodzeniem stosowane w produkcji jogurtów stałych. Wprawdzie po ich dodaniu wydłuża się czas ukwaszania mleka, jednak nie powodują one pogorszenia właściwości reologicznych skrzepu jogurtowego i ograniczają wyciek serwatki.

### Wnioski

1. Dodatek inuliny i oligofruktozy spowodował wydłużenie czasu ukwaszania mleka podczas produkcji jogurtów stałych.
2. Zwiększanie dodatku inuliny HPX i oligofruktozy P95 powodowało wzrost twardości i lepkości jogurtów stałych. Inulina GR polepszała właściwości reologiczne jogurtów tylko przy 1 % dodatku.
3. Oligofruktoza P95 i inulina GR ograniczały synerезę jogurtów stałych.
4. Inuliny GR i HPX oraz oligofruktoza mogą być stosowane w produkcji jogurtów stałych, ponieważ poprawiają ich właściwości reologiczne i ograniczają synerезę.

*Praca była prezentowana podczas XIII Sesji Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ, Łódź, 28 - 29 maja 2008 r.*

### Literatura

- [1] Aryana, K. J., McGrew P.: Quality attributes of yogurt with *Lactobacillus casei* and various prebiotics. *LWT*, 2007, **40**, 1808-1814.
- [2] Bozanic R, Rogelj I, Tratnik L.: Fermentation and storage of probiotic yogurt from goat milk. *Mliječarstvo* 2002, **52** (2), 93-111.
- [3] Brennan C.S, Tudorica C.M.: Carbohydrate-based fat replacers in the modification of the rheological, textural and sensory quality of yoghurt: comparative study of the utilisation of barley beta-glucan, guar gum and inulin. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2008, **43**, 824-833.
- [4] Florkowska A., Krygier K.: Zastosowanie nietrawionych oligosacharydów w produktach spożywczych. *Przem. Spoż.*, 2004, **5**, 44-47.
- [5] Glibowski P., Krępacka A.: Wpływ dodatku preparatów serwatki na właściwości reologiczne jogurtów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, **1** (46), 74-82.
- [6] Gustaw, W., Nastaj M., Sołowiej B.: Wpływ wybranych hydrokoloidów na właściwości reologiczne jogurtu stałego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **5** (54), 274-282.



- [7] Gustaw, W., Nastaj M.: Wpływ dodatku wybranych koncentratów białek serwatkowych (WPC) na właściwości reologiczne jogurtów otrzymanych metodą termostatową. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **1 (50)**, 56-63.
- [8] Ipsen R, Otte J, Lozahic G, Qvist KB.: Microstructure and viscosity of yoghurt with inulin added as a fat replacer. *Ann Trans Nord Rheol Soc.*, 2000-2001, **(8/9)**, 59-62.
- [9] Kip P, Meyer D., Jellema R.: Inulins improve sensoric and textural properties of low-fat yoghurts. *Inter. Dairy J.*, 2006, **16 (9)**, 1098-1103.
- [10] Kruse, H.-P., Kleessen, B., Blaut, M.: Effect of inulin on faecal bifidobacteria in human subjects. *Br. J. Nutr.*, 1999, **82**, 375-382.
- [11] Lucey JA, Tamehana M, Singh H, Munro PA.: A comparison of formation, rheological properties and microstructure of acid skim milk gels made with a bacterial culture or glucono- $\delta$ -lactone. *Food Res. Inter.*, 1998, **31(2)**, 147-55.
- [12] Spiegel, J. E., Rose, R., Karabell, P., Frankos, V. H., Schmitt, D. F.: Safety and benefits of fructooligosaccharides as food ingredients. *Food Technol.*, 1994, **48**, 61-65.
- [13] Tárrega A., Costell E.: Effect of inulin addition on rheological and sensory properties of fat-free starch-based dairy desserts. *Int. Dairy J.*, 2006, **9**, 1104-1112.
- [14] Van Loo J., Coussement P., de Leenheer L., Hoebregs H., Smiths G.: On the presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the Western diet. *Crit. Rev Food Sci. Nutr.*, 1995, **35 (6)**, 525-552.
- [15] Vasiljevic T., Kealy T., Mishra V.K.: Effects of  $\beta$ -glucan addition to a probiotic containing yogurt. *J. Food Sci.*, 2007, **72 (7)**, C405-C411.

#### EFFECT OF SOME SELECTED PREBIOTICS ON RHEOLOGICAL PROPERTIES OF SET YOGHURT

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

The objective of this paper was to determine the effect of the additions of P95 fructooligosaccharide and GR and HPX inulins on the rheological properties and the syneresis extent of yoghurt produced using a thermostat method. The hardness, apparent viscosity, and syneresis extent of set yoghurts were determined. In order to determine the effect of fructooligosaccharides on the course of fermentation process, this process was monitored using an oscillatory rheometer. In the case of control sample of yoghurt, the curd began to form ca. 90 minutes after the process started whereas, in the case of all other yoghurts, the curd started to form after about 105 min. The control sample of yoghurt had the lowest hardness value of 0.23 N. The yoghurt with the HPX inulin added in the amount of 3 % had the highest hardness: 0.28 N. As for the yoghurts with P95 inulin added, a slightly higher value of hardness was reported compared to the control sample. The lowest amount of whey excreted was found in the case of yoghurt with the added 3 % amount of P95. Generally, for all of the yoghurts examined, the syneresis extent decreased with the increasing amounts of fructooligosaccharides added. The application of fructooligosaccharides allows for manufacturing yoghurts characterized by proper rheological and pro-health properties.

**Key words:** set yoghurt, inulin, fructooligosaccharides, hardness, apparent viscosity, syneresis 