

WALDEMAR GUSTAW, MACIEJ NASTAJ

## WPLYW DODATKU WYBRANYCH KONCENTRATÓW BIAŁEK SERWATKOWYCH (WPC) NA WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE JOGURTÓW OTRZYMANÝCH METODĄ TERMOSTATOWĄ

### Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu koncentratów białek serwatkowych różniących się składem chemicznym na właściwości reologiczne jogurtów otrzymanych metodą termostatową. Zwiększenie suchej masy mleka przeznaczonego do produkcji jogurtów osiągnięto poprzez dodatek 1, 2 lub 4% WPC 35, WPC 65, WPC 85 i WPC odtłuszczonego (WPCO). Przebieg fermentacji jogurtu monitorowano przy wykorzystaniu reometrii oscylacyjnej oraz oznaczano lepkość, twardość i gumowatość gotowego produktu. W przypadku jogurtu kontrolnego skrzep powstawał po 126 min fermentacji. Dodatek odtłuszczonego mleka w proszku (OMP) spowodował skrócenie czasu do 119 min, natomiast po dodaniu WPC 85 i WPCO zaobserwowano wydłużenie okresu niezbędnego do powstania skrzepu jogurtowego odpowiednio do 148 i 165 min. Największą twardością charakteryzowały się jogurty z 4% dodatkiem WPC 85 i WPCO, jednak miały one zbyt gumowatą teksturę.

**Słowa kluczowe:** jogurt, twardość, lepkość, WPC

### Wprowadzenie

Jogurt jest mlecznym produktem fermentowanym chętnie spożywanym na całym świecie. Jednym z etapów przemysłowej produkcji jogurtu jest zwiększanie zawartości suchej masy mleka, m.in. przez dodatek różnych preparatów białek mleka. Zawartość składników suchej masy ma istotny wpływ na konsystencję produktu gotowego. Dlatego też do produkcji jogurtów, w szczególności niskotłuszczowych, w celu uzyskania odpowiedniej tekstury konieczny jest dodatek preparatów białkowych lub hydrokolidów polisacharydowych [8].

Najczęściej stosowanym sposobem zwiększania suchej masy mleka przeznaczonego do produkcji mlecznych napojów fermentowanych jest dodatek odtłuszczonego mleka w proszku (OMP). Jednak wzrost produkcji, a zarazem dostępności innych preparatów

białek mleka, takich jak serwatka w proszku czy koncentraty białek serwatkowych (WPC), mogą być alternatywą dla OMP. Zastosowanie WPC może umożliwić uzyskanie produktu o innych właściwościach funkcjonalnych i niższej cenie w porównaniu z jogurtami zawierającymi dodatek pełnego lub odtłuszczonego mleka w proszku.

W literaturze naukowej opublikowano wiele prac poświęconych zastosowaniu różnych preparatów białek mleka na właściwości fizykochemiczne jogurtów otrzymywanych metodą termostatową i zbiornikową. Wyniki otrzymane podczas badań wpływu WPC na właściwości jogurtów są sprzeczne. Niektórzy autorzy wykazali pozytywny wpływ dodatku koncentratów na twardość i lepkość jogurtów [6, 7]. Guzman-Gonzalez i wsp. stwierdzili natomiast, że jogurty otrzymane z dodatkiem WPC charakteryzowały się lepkością zbliżoną lub mniejszą w porównaniu z jogurtami z dodatkiem OMP [3].

Celem pracy było określenie wpływu koncentratów białek serwatkowych różniących się składem chemicznym na właściwości reologiczne jogurtów otrzymanych metodą termostatową.

### **Material i metody badań**

Do badań użyto mleka pełnego w proszku (OSM Krasnystaw) i odtłuszczonego mleka w proszku (Biomlek Chełm). Koncentraty białek serwatkowych stanowiły: WPC 35 (Laktopol, Warszawa) zawierający: 33,86% białka, 35,28% laktozy, 3,68% wody; WPC 65 (Lacma, Nadarzyn) zawierający: 65,43% białka, 9,05% laktozy, 5,56% wody; WPC 85 (Lacma, Nadarzyn) zawierający: 75,42% białka, 1,44% laktozy, 7,22% wody i WPC odtłuszczony (Eurial, Herbignac, Francja) zawierający: 75,62% białka, 0,73% laktozy i 8,47% wody. Do produkcji jogurtu użyto szczepionki YC-X11, Yo-Flex, *Thermophilus Lactic Culture* (CHR HANSEN, Polska).

#### *Otrzymywanie jogurtu*

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. Po zakończonej inkubacji próbki przechowywano w temp. 4°C przez 10 godz.

Zwiększenie suchej masy mleka wykonywano poprzez dodatek białek serwatkowych (WPC 35, WPC 65, WPC 85, WPCO) lub odtłuszczonego mleka w proszku, w ilości 1, 2 i 4%. Koncentraty białek serwatkowych dodawano przed pasteryzacją mleka.

### *Oznaczenia reologiczne*

Teksturę jogurtów oznaczano za pomocą analizatora tekstury TA-XT2i, (Stable Micro Systems, UK). Próbkę jogurtu o objętości 40 ml badano, stosując zmodyfikowany test TPA. Średnica trzpienia wynosiła 10 mm, a prędkość przesuwu głowicy analizatora 1 mm/s. Oznaczano twardość i gumowatość. Pomiary wykonywano w 3 seriach po 6 powtórzeń.

Badanie lepkości otrzymanych jogurtów prowadzono za pomocą lepkościomierza Brookfield, model DV- II+ z przystawką Helipath (Brookfield Engineering Laboratories, USA). Zastosowano wrzeciono C, szybkość ścinania wynosiła  $0,3 \text{ s}^{-1}$ . Pomiar wykonywano w 3 seriach po 3 powtórzenia.

W celu kontrolowania procesu fermentacji jogurtów zastosowano pomiar w reometrze oscylacyjnym RS300, (ThermoHaake Niemcy). Rejestrowano zmiany modułów zachowawczego  $G'$  i stratności  $G''$  przy  $f = 0,1 \text{ Hz}$  i odkształceniu 0,01. Pomiar prowadzono podczas ogrzewania w temp.  $45^\circ\text{C}$  przez 4 godz. a następnie przechowywania w temp.  $5^\circ\text{C}$  przez 17 godz.

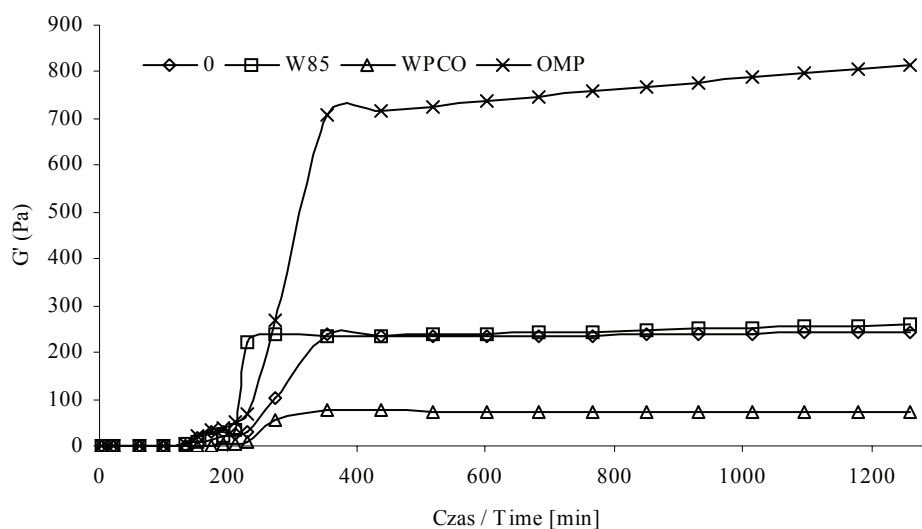
Analizę statystyczną istotności różnic między wartościami średnimi wykonano testem t-Studenta, za pomocą programu Stat – 1 (ISK Skierniewice).

### **Wyniki i dyskusja**

Na rys. 1. przedstawiono wpływ fermentacji w temp.  $45^\circ\text{C}$ , a następnie przechowywania w  $5^\circ\text{C}$  na właściwości lepkością jogurtu kontrolnego (bez dodatków) i jogurtów zawierających 1% dodatek zastosowanych preparatów białek mleka. W przypadku jogurtu kontrolnego tworzenie skrzepu rozpoczęło się po 126 min fermentacji, co na wykresie było widoczne jako wzrost wartości modułu zachowawczego  $G'$ . Dodatek OMP spowodował skrócenie czasu potrzebnego do zapoczątkowania procesu powstawania skrzepu kwasowego do 119 min, natomiast po dodaniu WPC 85 i WPCO nastąpiło wydłużenie tego okresu odpowiednio do 148 i 165 min.

Lucey i wsp. [4] stwierdzili, że dodatek białek serwatkowych do mleka i ogrzewanie układu powodowało skrócenie czasu żelowania jogurtu, jednak dodatek WPC po pasteryzacji mleka powodował wydłużenie okresu potrzebnego do powstania skrzepu. Podczas zakwaszania spowodowanego fermentacją mlekową białka serwatkowe, które są połączone z micelami kazeinowymi, mogą oddziaływać ze sobą w środowisku o pH zbliżonym do ich punktu izoelektrycznego, powodując szybsze powstawanie żelu jogurtowego [5]. Wzrost ilości dodanych preparatów białek mleka we wszystkich badanych przypadkach spowodował skrócenie czasu potrzebnego do zapoczątkowania procesu powstawania skrzepu kwasowego (dane nie zamieszczone). W przypadku koncentratów białek serwatkowych okresy te były jednak dłuższe nawet przy 4% ich dodatku w porównaniu z jogurtem kontrolnym. Oprócz skrócenia czasu powstawania skrzepu

kwasowego, dodatek OMP powodował wyraźny wzrost wartości  $G'$  w porównaniu z jogurtem kontrolnym, natomiast dodatek WPCO negatywnie wpływał na właściwości lepkosprężyste jogurtu (rys. 1). Podczas przechowywania jogurtów przez 17 godz. w temp.  $5^{\circ}\text{C}$  wartość modułu zachowawczego wzrastała wraz z upływem czasu przechowywania. Wcześniejsze badania wykazały, że za efekt wzmacniania tekstury żelu kwasowego podczas przechowywania odpowiedzialne są wiązania dwusiarczkowe [9].



Rys. 1. Zmiany modułu zachowawczego  $G'$  podczas fermentacji i przechowywania jogurtu.

Fig. 1. Changes of storage modulus  $G'$  during fermentation and storage of yogurt.

Wpływ stężenia dodanego preparatu białek mleka na lepkość jogurtu stałego przedstawiono w tab. 1.

Zwiększenie suchej masy mleka poprzez dodanie wybranych preparatów białek mleka spowodowało generalnie wzrost lepkości otrzymanych jogurtów, tylko w przypadku 1% dodatku WPCO otrzymano produkt końcowy o mniejszej lepkości. WPC 85 spowodował bardzo wyraźny wzrost lepkości próbek. Lepkość ta wzrastała wraz ze zwiększaniem zawartości suchej masy w jogurcie. Podobne zależności stwierdzono w przypadku WPCO i OMP (oprócz 4% dodatku). Natomiast dodatek WPC 35 w ilości 4% spowodował niewielki spadek lepkości w porównaniu z jogurtami otrzymanymi z 2% dodatkiem tego preparatu. W przypadku WPC 65 najwyższą lepkością charakteryzowały się jogurty otrzymane z 1% dodatkiem koncentratu, dalszy wzrost stężenia WPC 65 powodował zmniejszanie lepkości jogurtów. Wyższa lepkość jogurtu i związany z tym niższy poziom synerезy związane są ze stopniem denaturacji białek serwatkowych oraz ich oddziaływaniami z kazeiną [2]. Gutzman-Gonzales i wsp. [6]

otrzymali jogurt z dodatkiem WPC, który miał mniejszą lepkość niż jogurt z dodatkiem odtłuszczonego mleka w proszku. Niekorzystny wpływ większych dodatków WPC 35 i WPC 65 mógł wynikać ze wzrostu zawartości niebiałkowych składników, takich jak laktoza i tłuszcz, obecnych w tych preparatach w dużej ilości, co jednak nie znajduje potwierdzenia w przypadku WPC 35. Badania wpływu dodatku różnych WPC na właściwości reologiczne jogurtów wykazały, że zależały one od zawartości niebiałkowych składników w koncentratkach, ale także od stopnia denaturacji białek serwatkowych [8].

Tabela 1

Wpływ wielkości dodatku preparatu białek mleka na lepkość jogurtu [Pa·s].  
Effect of additives' size of milk proteins preparation on viscosity of set yogurt [Pa·s].

Wielkość dodatku Additives size [%]	Rodzaj preparatu mlecznego Type of dry dairy product					
	0	OMP	WPC 35	WPC 65	WPC 85	WPCO
1	264,67 <sup>bc</sup> ± 16,67	585,00 <sup>g</sup> ±29	344,00 <sup>de</sup> ±41,21	488,67 <sup>f</sup> ±54,76	344,00 <sup>de</sup> ±41,21	128,00 <sup>a</sup> ±7,48
2	-	690,67 <sup>h</sup> ±9,57	374,00 <sup>e</sup> ±21,97	236,67 <sup>b</sup> ±10,37	879,33 <sup>i</sup> ±13,89	314,67 <sup>cd</sup> ±16,03
4	-	620,67 <sup>g</sup> ±16,68	337,33 <sup>de</sup> ±34,92	174,67 <sup>a</sup> ±22,88	1004,00 <sup>j</sup> ±28,28	730,67 <sup>h</sup> ±19,07

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

a-j – mean values with different superscripts are statistically significant different at  $P < 0.05$ .

Tabela 2

Wpływ wielkości dodatku preparatu białek mleka na twardość jogurtu [G].  
Effect of additives' size of milk proteins preparation on hardness of set yogurt [G].

Wielkość dodatku Additives size [%]	Rodzaj preparatu mlecznego Type of dry dairy product					
	0	OMP	WPC 35	WPC 65	WPC 85	WPCO
1	24,79 <sup>bc</sup> ± 1,49	39,19 <sup>f</sup> ±2,01	27,41 <sup>cd</sup> ±1,73	32,79 <sup>e</sup> ±1,43	23,57 <sup>b</sup> ±2,23	26,21 <sup>bcd</sup> ±3,02
2	-	43,60 <sup>g</sup> ±1,67	28,59 <sup>d</sup> ±2,76	17,68 <sup>a</sup> ±1,04	72,67 <sup>h</sup> ±1,47	36,31 <sup>f</sup> ±2,87
4	-	44,49 <sup>g</sup> ±1,88	32,08 <sup>e</sup> ±0,93	19,11 <sup>a</sup> ±0,83	85,03 <sup>i</sup> ±2,16	75,40 <sup>h</sup> ±7,55

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

a-i – mean values with different superscripts are statistically significant different at  $P < 0.05$ .

Zmiany twardości jogurtów spowodowane dodatkiem wybranych preparatów białek mleka przedstawiono w tab. 2. Po dodaniu WPC 35, WPC 85, WPCO i OMP twardość jogurtów otrzymanych metodą termostatową wzrastała wraz ze wzrostem wielkości użytego dodatku. Jednak w przypadku WPC 65, podobnie jak przy oznaczaniu lepkości, twardość malała wraz ze wzrostem wielkości dodatku tego koncentratu. Wzrost twardości jogurtów z dodatkiem koncentratów białek serwatkowych tłumaczyć można korelacją zawartości kazeiny i białek serwatkowych. Gdy stosunek kazeiny do białek serwatkowych maleje, twardość żelu jogurtowego wzrasta [6]. Najtwardsze jogurty uzyskano po dodaniu 4% WPC 85 i WPCO. Bhullar i wsp. [1] otrzymywali jogurty z mleka pełnego, do którego dodawano 2% proszku serwatkowego, odtłuszczonego mleka w proszku i WPC. Najlepsze wyniki otrzymano przez wzbogacanie jogurtu WPC.

Tabela 3

Wpływ wielkości dodatku preparatu białek mleka na gumowatość jogurtu stałego.  
Effect of additives' size of milk proteins preparation on gumminess of set yogurt.

Wielkość dodatku Additives size [%]	Rodzaj preparatu mlecznego Type of dry dairy product					
	0	OMP	WPC 35	WPC 65	WPC 85	WPCO
1	12,71 <sup>ab</sup> ± 0,59	16,72 <sup>cde</sup> ± 1,01	13,34 <sup>abc</sup> ± 0,67	14,80 <sup>abcd</sup> ± 0,47	11,56 <sup>ab</sup> ± 0,80	13,91 <sup>abc</sup> ± 2,52
2	-	18,17 <sup>de</sup> ± 1,78	13,90 <sup>abc</sup> ± 0,87	15,01 <sup>bcd</sup> ± 0,51	11,24 <sup>a</sup> ± 0,38	13,53 <sup>abc</sup> ± 3,41
4	-	19,83 <sup>e</sup> ± 1,12	17,83 <sup>ede</sup> ± 0,50	57,25 <sup>h</sup> ± 2,63	52,99 <sup>g</sup> ± 4,66	42,04 <sup>hf</sup> ± 7,54

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

a-h – mean values with different superscripts are statistically significant different at  $P < 0.05$ .

Wzrost stężenia suchej masy w jogurtach wpływał na wzrost ich gumowatości (tab. 3). Dodatek OMP i WPC 35 w niewielkim stopniu wpływał na gumowatość jogurtów otrzymywanych metodą termostatową. Wzrost zawartości suchej masy, poprzez dodatek preparatów do 2%, w przypadku wszystkich stosowanych preparatów białek serwatkowych spowodował niewielki wzrost gumowatości. Najbardziej gumowatą teksturą charakteryzowały się jogurty otrzymane z dodatkiem 4% WPC 65 i WPC 85, a trochę niższą wartość gumowatości stwierdzono w przypadku jogurtu z dodatkiem WPCO. Pomimo dużej twardości jogurtów, jaką uzyskano przy 4% dodatku szczególnie WPC 85 i WPCO, ich gumowata tekstura byłaby źle oceniana przez kon-

sumentów. Dlatego też korzystniejszym rozwiązaniem wydaje się wzbogacanie mleka przy użyciu WPC 85 w ilości do 2%. Otrzymane w ten sposób jogurty miały dobrą teksturę (nie były zbyt twarde ani zbyt zwarte). Konsystencja jest jedną z ważniejszych cech fizycznych jogurtu, na którą zwracają uwagę konsumenci, decydując się na zakup tego produktu. W przemyśle mleczarskim konsystencja jogurtu modyfikowana jest zwykle przez dodatek odtłuszczonego mleka w proszku. Jako alternatywę tego rozwiązania można zaproponować stosowanie koncentratów białek serwatkowych zawierających stosunkowo niewielkie ilości laktozy. Ilość dodawanych koncentratów nie powinna być jednak większa niż 2%, gdyż wyższe dodatki niekorzystnie wpływają na teksturę gotowego wyrobu.

### **Wnioski**

1. Dodatek koncentratów białek serwatkowych (WPC) do mleka przerobowego powodował wydłużenie okresu potrzebnego do powstania skrzepu jogurtowego.
2. Wśród stosowanych koncentratów białek serwatkowych (WPC) jogurty o najwyższej lepkości i odpowiedniej teksturze otrzymano po dodaniu WPC 85.
3. Jogurty otrzymywane z dodatkiem koncentratów zawierających dużo substancji niebiałkowych (WPC 35 i WPC 65) miały zdecydowanie słabsze właściwości reologiczne w porównaniu z jogurtami zagęszczanymi przez dodatek OMP do mleka przerobowego.
4. Zbyt duże stężenie dodawanych WPC (>2%) wpływało na zmianę tekstury jogurtów na zbyt gumowatą.

*Praca była prezentowana podczas XXXVII Ogólnopolskiej Sesji Komitetu Nauk o Żywności PAN, Gdynia, 26 – 27.IX.2006.*

### **Literatura**

- [1] Bhullar Y. S., Uddin M. A., Shah N. P.: Effects of ingredients supplementation on textural characteristic and microstructure of yogurt. *Milchwissenschaft*, 2002, **57**, 328-332.
- [2] Dannenberg F., Kessler H. G.: Application of reaction kinetics to the denaturation of whey proteins in heated milk. *Milchwissenschaft*, 1988, **43**, 3-7.
- [3] Guzman-Gonzalez M, Morais F, Ramos M and Amigo L, Influence of skimmed milk concentrate replacement by dry dairy products in a low fat set-type yoghurt model system. I: Use of whey protein concentrates, milk protein concentrates and skimmed milk powder. *J. Sci. Food Agric.*, 1999, **79**, 1117–1122.
- [4] Lucey J. A., Munro P. A., Singh H.: Effects of heat treatment and whey protein addition on the rheological properties and structure of acid skim milk gels. *Int. Dairy J*, 1999, **9**, 275-279.
- [5] Lucey J. A., Tet Teo C., Munro P. A., Singh H.: Rheological properties at small (dynamic) and large (yield ) deformation of acid gels made from heated milk. *J. Dairy Res*, 1997, **64**, 591-600.

- [6] Puvanenthiran A, Williams R.P.W. and Augustin M.A.: Structure and visco-elastic properties of set yoghurt with altered casein to whey protein ratios. *Int. Dairy J.*, 2002, **12**, 383-391.
- [7] Remeuf F., Mohammed S., Sodini I., Tissier J.P.: Preliminary observations on the effects of milk fortification and heating on microstructure and physical properties of stirred yogurt. *Int Dairy J.*, 2003, **13**, 773-782.
- [8] Sodini I., Montella J., Tong P.: Physical properties of yogurt fortified with various commercial whey proteins concentrates. *J. Sci. Food Agric.*, 2005, **85**, 853.
- [9] Vasbinder A. J., Alting A. C., Visschers R. W., De Kruif C. G.: Texture of acid milk gels: formation of disulfide cross-links during acidification. *Int. Dairy J.*, 2003, **13** (1), 29-38.

#### **EFFECT OF ADDITION OF DIFFERENT WHEY PROTEIN CONCENTRATES (WPC) ON RHEOLOGICAL PROPERTIES OF SET-TYPE YOGURT**

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

The aim of this paper was to examine the effect of different types of protein concentrates on rheological properties of set type yogurts. Yogurts were supplemented by addition of 1,2 or 4% of WPC35, 65WPC, WPC 85 and defatted WPC(WPCO). The process of yogurt fermentation was monitored with using of dynamic oscillation rheometry and following parameters such as: viscosity, hardness and gumminess were determined. In case of yogurt where no milk protein powder was added, the curd started to form after 126 minutes of fermentation. The addition of skimmed milk powder (SMP) decreased the curding time and it was 119 minutes. For WPC 85 and WPCO, the increase of curding time was observed and it was 148 and 165 minutes respectively. The hardest yogurts were obtained with 4% of WPC 85 and WPCO addition, but these yogurts characterized with too gummy structure.

**Key words:** yogurt, hardness, viscosity, WPC ☒