

PAWEŁ GLIBOWSKI, ANNA KRĘPACKA

WPLYW DODATKU PREPARATÓW SERWATKI NA WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE JOGURTÓW

Streszczenie

Zbadano właściwości reologiczne jogurtów z 1-, 2- i 4-procentowym dodatkiem serwatki w proszku, serwatki w proszku demineralizowanej i trzech serwatek o obniżonej zawartości laktozy, jako alternatywy odtłuszczonego mleka w proszku. W tym celu dokonano oznaczeń lepkości pozornej, dynamicznej i twardości badanych jogurtów. W większości przypadków wraz ze wzrostem dodatku serwatek następował spadek lepkości pozornej. Jednak 1-procentowy dodatek preparatów serwatki umożliwił otrzymanie jogurtów o lepkości wyższej od lepkości jogurtu niewzbogaconego (próba kontrolna). Analiza kwasowości wykazała, że dodatek serwatek do jogurtów ograniczył obniżenie wartości pH gotowych wyrobów w stosunku do próby kontrolnej oraz jogurtów z dodatkiem mleka odtłuszczonego. W badaniach tekstury wzrost stężenia stosowanych proszków serwatkowych niemal we wszystkich przypadkach powodował zmniejszenie twardości gotowych wyrobów. Analizując lepkość dynamiczną wykazano, że najlepiej na właściwości lepkosprężyste jogurtu wpływał dodatek odtłuszczonego mleka w proszku, jednak przy 1-procentowym dodatku różnice pomiędzy końcowymi wartościami modułu zespolonego stosowanych preparatów były niewielkie. Bardziej widoczne różnice stwierdzono w jogurtach wzbogaconych 4-procentowym dodatkiem badanych preparatów. W tym przypadku taki dodatek serwatki demineralizowanej spowodował znaczący wzrost wartości modułu zespolonego w stosunku do próby kontrolnej. Chociaż najlepszym preparatem zwiększającym zawartość suchej masy okazało się odtłuszczone mleko w proszku, jednak 1-procentowy dodatek serwatki w proszku, serwatek o obniżonej zawartości laktozy, jak również 4-procentowy dodatek serwatki demineralizowanej spowodował wyraźną poprawę cech reologicznych jogurtów w stosunku do jogurtu niewzbogaconego.

Słowa kluczowe: jogurt, reologia, serwatka w proszku, tekstura

Wprowadzenie

Jogurt jest jednym z najpopularniejszych napojów mlecznych. Dostarcza wielu składników odżywczych w formie bardziej przyswajalnej dla organizmu niż mleko (np. wapnia), nie ma też przeciwwskazań do spożywania go przez osoby z

Dr inż. P. Glibowski, mgr inż. A. Krępacka, Katedra Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego i Przechowywania, Akademia Rolnicza, ul. Skromna 8, 20-950 Lublin, tel. 444-63-13, e-mail: glibowskipawel@wp.pl

nietolerancją laktozy, gdyż podczas fermentacji cukier ten jest częściowo wykorzystywany przez bakterie [5]. Wg definicji przyjętej przez FAO/WHO, jogurt jest fermentowanym produktem mlecznym, który uzyskuje się przez ukwaszenie mleka bakteriami jogurtowymi, tj. *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* i *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*. Powinien zawierać co najmniej 10^7 żywych bakterii w 1 cm^3 . Jego popularność niewątpliwie wynika z właściwości, dzięki którym ma korzystny wpływ na zdrowie człowieka np. redukując poziom cholesterolu, ułatwiając trawienie, itp. [4].

Jogurt produkuje się z mleka o podwyższonej zawartości suchej masy. Uzyskuje się ją poprzez odparowanie części wody lub dodanie proszku mlecznego, są to jednak metody kosztowne, dlatego poszukuje się tańszych sposobów zwiększania zawartości suchej masy w mleku. Rozwiązaniem może być zastąpienie części lub nawet całości proszku mlecznego białkami serwatkowymi. Zamiana taka jest korzystna także ze względów żywieniowych, gdyż białka serwatkowe zawierają aminokwasy siarkowe, lizynę i tryptofan oraz wszystkie aminokwasy egzogenne [1].

Celem pracy było zbadanie wpływu dodatku do jogurtów wybranych preparatów serwatkowych, jako taniej alternatywy odtłuszczonego mleka w proszku, na właściwości reologiczne jogurtów.

Materiał i metody badań

Do produkcji jogurtów użyto: pełnego mleka w proszku (OSM Krasnystaw); odtłuszczonego mleka w proszku (MO) (Biomlek, Chełm); serwatki w proszku (SP) (SM Spomlek, Radzyń Podlaski); serwatki w proszku demineralizowanej (SD) (Euroserum, Francja); trzech serwatek w proszku o obniżonej zawartości laktozy (Foremous Baraboo, WI, USA) oznaczonych numerami: 8402011701 (dalej nazywaną serwatką 1 lub S1), 8401121401 (dalej nazywaną serwatką 2 lub S2) oraz 8401111201 (dalej nazywaną serwatką 3 lub S3); szczepionki YC-X11 Yo-Flex Thermophilic Lactic Culture type Yogurt CHR (Chr. Hansen, Polska).

Jogurty otrzymano z mleka regenerowanego uzyskanego poprzez mieszanie 130 g mleka pełnego w proszku z 1000 ml wody destylowanej za pomocą mieszadła magnetycznego aż do całkowitego rozpuszczenia. Następnie dodawano, z wyjątkiem próby kontrolnej, mleko odtłuszczone w proszku lub serwatkę w ilości 1, 2 i 4% w stosunku do mleka regenerowanego i całość poddawano pasteryzacji w temp. 85°C przez 30 min. Po tym czasie mieszaninę studzono do temp. 40°C i szczepiono bakteriami jogurtowymi w ilości 0,015%. Zaszczepioną mieszaninę rozlewano do zlewek o pojemności 50 cm^3 w ilości 40 cm^3 , przykrywano folią aluminiową i wstawiano do łaźni wodnej o temp. 45°C na 4 h. Otrzymany jogurt chłodzono i przechowywano w temp. 4°C przez 24 h.

Oznaczenie zawartości białka i laktozy (tab. 1) w zastosowanych dodatkach wykonano zgodnie z PN [6, 7].

Badania reologiczne obejmowały:

- analizę twardości przy użyciu TA-XT2i texture analyser (Stable Microsystems, Galdmington, Wielka Brytania) przez dwa sekwencyjne zanurzenia na głębokość 15 mm wypełnionego walca o średnicy 1 cm z szybkością 1 mm/s z siłą 0,98 N przedzielone fazą relaksacyjną trwającą 30 s. Badania przeprowadzono w 6 powtórzeniach w temp. 20°C;
- oznaczenie lepkości pozornej przy użyciu wiskozymetru Brookfielda, stosując przystawkę Helipath, wrzeczono D (Brookfield Engineering, Stoughton, MA, USA). Prędkość obrotów określono na $V=10$ obr./min. Badania przeprowadzono w 3 powtórzeniach;
- badanie lepkości dynamicznej przez monitorowanie procesu fermentacji zachodzącego w 45°C w ciągu 4 h oraz następującego po nim procesu chłodzenia i przetrzymywania w temp. 5°C. Pomiarów dokonywano przy użyciu reometru oscylacyjnego RS 300 (Haake, Karlsruhe, Niemcy) w układzie cylindrów współosiowych (rotor Z 31, cylinder Z 43). Zmiany wartości modułu zespolonego (G^*) określano przy częstotliwości drgań oscylacyjnych 0,1 Hz i amplitudzie drgań 0,01.

Tabela 1

Zawartość białka i laktozy w stosowanych preparatach mlecznych.

Protein and lactose content in an applied milk preparations.

Preparaty mleczne Milk preparations	Zawartość białka [%] (m/m) Protein content [%] (w/w)	Zawartość laktozy [%] (m/m) Lactose content [%] (w/w)
Pełne mleko w proszku Whole milk powder	26,32	38,12
Odtłuszczone mleko w proszku (MO) Skim milk powder (MO)	35,13	50,66
Serwatka w proszku (SP) Whey powder (SP)	11,92	75,72
Serwatka demineralizowana (SD) Demineralised whey powder (SD)	12,75	81,64
Serwatka 1 (S1) Whey 1 (S1)	21,32	55,95
Serwatka 2 (S2) Whey 2 (S2)	22,32	56,48
Serwatka 3 (S3) Whey 3 (S3)	22,62	45,46

Pomiaru pH dokonywano przy użyciu pH-metru CP-215 (Elmetron, Zabrze, Polska).

Wartości odchyłeń standardowych obliczono przy użyciu programu Microsoft Excel 5.0 (Microsoft Corporation, USA).

Wyniki i dyskusja

W tab. 2. przedstawiono wyniki pomiaru lepkości pozornej jogurtów wzbogaconych różną wielkością poszczególnych dodatków. Produktem odniesienia jest próba kontrolna, czyli jogurt wykonany jedynie z mleka pełnego. Spośród próbek zawierających 1-procentowy dodatek suchej masy największą lepkość miała próbka z odtłuszczonym mlekiem w proszku, mniejszą zaś jogurt zawierający serwatkę 1. Dodatek pozostałych preparatów serwatki umożliwił otrzymanie jogurtów o lepkości większej niż próba kontrolna.

Tabela 2

Lepkość pozorna i pH jogurtów o zwiększonej zawartości suchej masy.
Apparent viscosity and pH of yogurts with increased dry mass content.

Preparaty mleczne Milk preparations	Lepkość [Pa•s] / Apparent viscosity [Pa•s]			pH		
	Dodatek preparatu mlecznego [%] / Addition of milk preparation [%]					
	1	2	4	1	2	4
0	170,3 ± 6,5			4,58		
MO	412,6 ^c ± 21,6	357,9 ^c ± 27,4	433,2 ^c ± 17,6	4,49	4,50	4,63
SP	250,3 ^a ± 7,5	211,2 ^c ± 8,0	175,6 ^b ± 22,6	4,80	4,77	4,82
SD	317,8 ^{ab} ± 18,3	264,6 ^d ± 25,1	447,1 ^c ± 71,0	4,81	4,84	4,77
S1	394,3 ^{bc} ± 21,0	164,3 ^b ± 2,9	85,7 ^a ± 12,8	4,97	4,86	4,80
S2	258,9 ^a ± 30,5	140,3 ^{ab} ± 24,0	169,1 ^b ± 43,7	4,86	4,90	4,93
S3	323,5 ^{ab} ± 111,1	113,2 ^a ± 9,3	118,6 ^{ab} ± 5,3	4,88	4,91	5,02

Objaśnienia: / Explanatory notes:

a-d – wartości średnie oznaczone różnymi literami, przy tej samej wielkości dodatku preparatu mlecznego, różnią się w sposób statystycznie istotny przy $p \leq 0,05$ / mean values designated by different letters for the same quantity of milk preparation additive are statistically significantly different at a level of $p \leq 0,05$.

Dwukrotne zwiększenie ilości dodatków skutkowało ogólnym spadkiem lepkości. Także w tym przypadku największą lepkość wykazywał jogurt zawierający odtłuszczone mleko w proszku. Spośród próbek wzbogaconych serwatkami najwyższą lepkością charakteryzował się jogurt z serwatką demineralizowaną. Mniejszą lepkość, ale ciągle większą od próby kontrolnej, miał jogurt ze zwykłą serwatką. Dodatek serwatek o zmniejszonej zawartości laktozy spowodował zmniejszenie lepkości poniżej lepkości próby odniesienia.

Dodatek serwatki demineralizowanej w ilości 4% umożliwił otrzymanie jogurtu o lepkości porównywalnej z lepkością, jaką powoduje identyczne stężenie odtłuszczonego mleka w proszku. Pozostałe spośród badanych serwatek w użytym stężeniu nie spowodowały wzrostu lepkości.

Analizując wyniki oznaczeń lepkości pod względem narastających stężeń, można zauważyć, że w większości przypadków wraz ze wzrostem dodatku serwatek następował spadek lepkości jogurtu. Podobne wyniki otrzymano, gdy preparaty serwatkowe tylko częściowo zastępowały mleko w proszku [3]. Puvanenthrian i wsp. [8] badali właściwości reologiczne jogurtów z mleka o zmienionym stosunku kazeiny do białek serwatkowych. Otrzymane żele jogurtowe były tym słabsze im mniejszy był stosunek kazeiny do białek serwatkowych. Podobnie, jak serwatki w proszku, zmniejszenie lepkości jogurtu, w porównaniu z odtłuszczonym mlekiem w proszku, powodują koncentraty białek serwatkowych [2], które są częściej wykorzystywane w produkcji jogurtów.

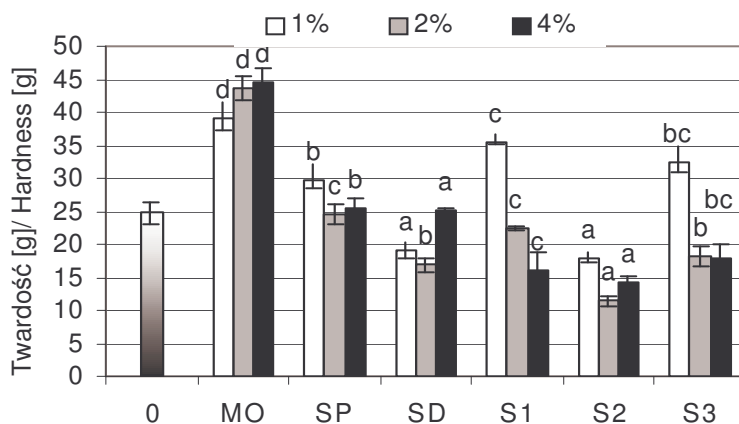
W celu lepszej interpretacji wyników dokonano pomiaru pH gotowych jogurtów (tab. 2), przypuszczając, że różnice w lepkości mogą wynikać z różnic kwasowości gotowego produktu. Nie stwierdzono tu jednak ścisłej korelacji. Zauważono, że dodatek serwatek do jogurtów ograniczył zmniejszenie wartości pH w stosunku do próby kontrolnej, jak również jogurtów wzbogaconych mlekiem odtłuszczonym. Podobną tendencję wykazał również Hugunin [3].

Jogurty poddano również badaniom określającym ich twardość (rys. 1). Większość z zależności ukazanych podczas analizy lepkości pozornej pokrywa się z wynikami oznaczeń twardości, jakkolwiek nie jest tak we wszystkich przypadkach. W jogurtach wzbogaconych dodatkiem odtłuszczonego mleka w proszku twardość wzrastała wraz ze wzrostem tego dodatku, co jest oczywistą zależnością z punktu widzenia praktyki mleczarskiej. Spośród preparatów serwatkowych wzrost stężenia niemal we wszystkich przypadkach powodował spadek twardości gotowych wyrobów, co pokrywa się z analizami lepkości pozornej. Wyniki te odpowiadają wcześniejszym doniesieniom [9].

Na uwagę zasługuje jednak 1-procentowy dodatek serwatki w proszku, jak i serwatek o obniżonej zawartości laktozy 1 i 3. Zarówno analiza lepkości, jak i twardości, dowodzą poprawy właściwości reologicznych jogurtów z tymi dodatkami w stosunku do jogurtu niewzbogaconego.

Oznaczanie lepkości pozornej czy twardości są metodami silnie inwazyjnymi. Pozwalają na określenie właściwości reologicznych gotowego wyrobu, jednak uniemożliwiają obserwację zmian właściwości reologicznych jogurtu w trakcie jego powstawania. Zastosowanie reometrii dynamicznej umożliwi obserwację procesu żelowania bez jednoczesnego niszczenia powstającej sieci żelu. Dzieje się tak,

ponieważ rotor reometru ulega niewidocznym dla ludzkiego oka, niewielkim odkształceniom o określonej częstotliwości, ustalonym w sposób doświadczalny.

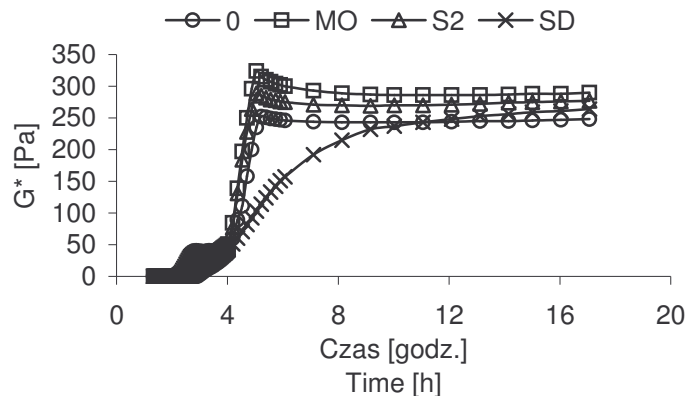


Rys. 1. Wpływ dodatku preparatów mlecznych, zwiększających zawartość suchej masy, na twardość jogurtów (a-h – wartości średnie oznaczone różnymi literami, przy tej samej wielkości dodatku preparatu, różnią się w sposób statystycznie istotny przy $p \leq 0,05$).

Fig. 1. Effect of milk preparation additives enriching dry mass content on hardness of the yogurts (a-h – mean values designated by different letters for the same quantity of preparation additive are statistically significantly different at a level of $p \leq 0,05$).

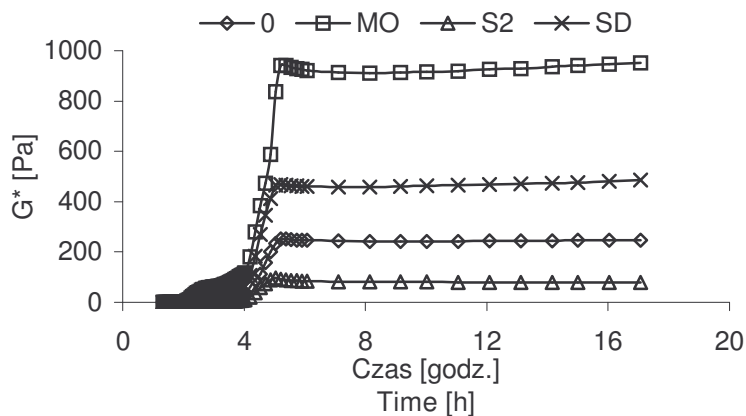
Na rys. 2. i 3. przedstawiono zmiany modułu zespolonego w czasie fermentacji i następującego po nim chłodzenia jogurtów zawierających odtłuszczone mleko w proszku, serwatkę demineralizowaną oraz serwatkę 2. Wzrosty wartości tego modułu widoczne na rysunkach świadczą o przejściu roztworu ze stanu płynnego w żel. Wartość G^* powoli zaczęła wzrastać w połowie trwania procesu fermentacji. Zmiany te zachodziły w podobny sposób we wszystkich próbkach niezależnie od rodzaju i stężenia dodatku. Gwałtowny wzrost wartości modułu zespolonego nastąpił po rozpoczęciu chłodzenia.

Podobnie, jak w przypadku poprzednich analiz, najlepiej na teksturę jogurtu wpływał dodatek mleka odtłuszczonego (rys. 2, 3). Przy 1-procentowym dodatku (rys. 2) różnice pomiędzy końcowymi wartościami modułu zespolonego stosowanych dodatków były jednak niewielkie. Wyraźniejsze różnice można było obserwować w jogurtach wzbogaconych 4-procentowym dodatkiem badanych preparatów (rys. 3). W tym przypadku dodatek serwatki demineralizowanej spowodował wyraźny wzrost wartości modułu zespolonego w stosunku do próby kontrolnej, jednak dodatek mleka odtłuszczonego wpływał najlepiej na teksturę jogurtu.



Rys. 2. Zmiany wartości modułu zespolonego podczas fermentacji i chłodzenia jogurtów zawierających 1-procentowy dodatek preparatów mlecznych.

Fig. 2. Complex modulus changes during fermentation and cooling yogurts contained of 1% milk preparations additives.



Rys. 3. Zmiany wartości modułu zespolonego podczas fermentacji i chłodzenia jogurtów zawierających 4-procentowy dodatek preparatów mlecznych.

Fig. 3. Complex modulus changes during fermentation and cooling yogurts contained of 4% milk preparations additives.

Wnioski

1. Na teksturę jogurtów najlepiej wpływał dodatek mleka odtłuszczonego w proszku.
2. Wzrost stężenia dodawanych preparatów serwatkowych w większości przypadków powodował pogorszenie właściwości reologicznych jogurtów.
3. Wyraźną poprawę właściwości reologicznych jogurtów uzyskano przy 1-procentowym dodatku serwatki w proszku, serwatek o obniżonej zawartości laktozy 1- i 3-, jak również 4-procentowym dodatku serwatki demineralizowanej.

4. Wzbogacanie jogurtów serwatkami w proszku powodowało ograniczony spadek kwasowości podczas ich dojrzewania.

Literatura

- [1] Glibowski P.: Zastosowanie białek serwatkowych w przemyśle spożywczym. *Przeł. Mlecz.*, 2004, **9**, 10-13.
- [2] Guzmán-González M., Morais F., Ramos M., 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 and Agric.*, 1999, **79**, 1117-1122.
- [3] Hugunin A.: Whey products in yogurt and fermented dairy products. U.S. Dairy Export Council, 1999, 1-8.
- [4] Lourens-Hattingh A., Viljoen B.C.: Yogurt as probiotic carrier food. *Int. Dairy J.*, 2001, **11**, 1-17.
- [5] McKinley M.C.: The nutrition and health benefits of yogurt. *Int. J. Dairy Techn.*, 2005, **58**, 1-13.
- [6] PN-A-79011-5: 1998. Koncentraty spożywcze. Metody badań. Oznaczanie zawartości cukrów.
- [7] PN-EN ISO 9868-1: 2004. Mleko. Oznaczanie zawartości azotu. Część 1: Metoda Kjeldahla.
- [8] Puvanenthiran A., Williams R.P.W., 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.
- [9] Yazici F., Akoun A.: Effect of some protein based fat replacers on physical, chemical, textural and sensory properties of strained yoghurt. *J. Food Engin.*, 2004, **62**, 245-254.

EFFECT OF WHEY PREPARATIONS ADDITION ON RHEOLOGICAL PROPERTIES OF YOGHURTS

Summary

Rheological properties of yoghurts with 1, 2 and 4% addition of powdered whey, demineralised whey and three lactose reduced whey as an alternative for skim milk powder were studied. The dynamic, apparent viscosity and the hardness of the yoghurts were determined for this purpose. In most cases the decrease of apparent viscosity was occurred in conjunction of increasing whey powders addition. However 1% addition of whey preparations let to obtain yoghurts with higher viscosity than the non-enriched yoghurt (control check). Acidity analysis demonstrated that yoghurts whey powders addition limited the pH decrease in the final product in relation to the control check and yoghurts enriched with skim milk. In a texture examination increasing concentration of applied whey powder additives caused the decrease in hardness in almost all final products. Dynamic viscosity analysis showed that addition of skim milk powder had the best influence on the yoghurt viscoelastic properties, however with 1% additives the differences between the final complex modulus values for applied preparations were slight. Much definite differences were seen in yoghurts enriched by 4% addition of examined preparations. In this case such an addition of demineralised whey powder caused remarkable complex modulus increase in relation to control check.

Although the best preparation increasing dry mass content turned out a skim milk powder, however 1% addition of powdered whey, lactose reduced whey as well as 4% addition of demineralised whey caused evident rheological qualities improvement of yoghurts in relation to the non-enriched yoghurt.

Key words: yoghurt, rheology, whey powder, texture ☒