

WPLÝW ZWIĘKSZENIA ZAWARTOŚCI SUCHEJ MASY W SUROWCU  
NA TEKSTURĘ I MIKROSTRUKTURĘ TWAROGU KwasOWEGO\*

*Krzysztof Siemianowski<sup>1</sup>, Krzysztof Bohdziewicz<sup>1</sup>, Jerzy Szpendowski<sup>1</sup>,  
Piotr Kolakowski<sup>2</sup>, Joanna Żylińska<sup>3</sup>, Jacek Bardowski<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Katedra Mleczarstwa i Zarządzania Jakością, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski  
ul. M. Oczapowskiego 7, 10-719 Olsztyn

<sup>2</sup>Danisco Poland, ul. Wybieg 6, 61-315 Poznań

<sup>3</sup>Instytut Biochemii i Biofizyki, Polska Akademia Nauk

ul. A. Pawińskiego 5a, 02-106 Warszawa

e-mail: krzysztof.siemianowski@uwm.edu.pl

**Streszczenie.** Celem badań była ocena wpływu zwiększenia zawartości suchej masy w surowcu na teksturę i mikrostrukturę twarogu kwasowego. Surowcem do produkcji twarogu było mleko pasteryzowane o zawartości 2% tłuszczu, zagęszczane metodą wyparną lub ultrafiltracji (UF) do ok. 25% suchej masy. Twaróg kontrolny produkowano z mleka niezagęszczonego. Produkcję twarogu realizowano, stosując kulturę doświadczalną IBBB3. W twarogach oznaczono zawartość suchej masy, białka ogółem, laktozy, tłuszczu oraz popiołu. W badaniach tekstury dokonano pomiarów twardości i adhezyjności twarogów. Mikrostrukturę odwodnionych liofilizacyjnie twarogów badano przy użyciu mikroskopu elektronowego skaningowego. Między twarogami z mleka niezagęszczonego, zagęszczonego wyparnie oraz koncentratu UF występowały istotne różnice w podstawowym składzie chemicznym. Twarogi z mleka niezagęszczonego oraz koncentratu UF charakteryzowały się porównywalnym udziałem białka, tłuszczu oraz laktozy w składzie suchej masy, natomiast twaróg z mleka zagęszczonego wyparnie wykazywał znacznie mniejszy udział białka i tłuszczu oraz ponad 3-krotnie większy laktozy w suchej masie w porównaniu do twarogu z mleka niezagęszczonego i koncentratu UF. Twarogi uzyskane z surowca o zwiększonej zawartości suchej masy zawierały ok. 1,7-2,0-krotnie więcej popiołu w porównaniu do produktu z mleka niezagęszczonego. Twarogi z mleka zagęszczonego wyparnie i koncentratu UF wykazywały istotnie mniejszą twardość i adhezyjność w porównaniu do twarogów z mleka niezagęszczonego. Twardość i adhezyjność twarogów zwiększała się ze wzrostem zawartości białka w ich składzie. Twarogi z mleka niezagęszczonego wykazywały porowatą mikrostrukturę o stosunkowo dużych porach, natomiast mikrostruktura twarogów uzyskanych z mleka zagęszczonego wyparnie oraz koncentratu UF była bardziej zwarta.

**Słowa kluczowe:** mikrostruktura, tekstura, twaróg kwasowy, ultrafiltracja (UF), zagęszczanie wyparne

---

\*Pracę zrealizowano w ramach projektu badawczego własnego pt. "Bezodpadowa technologia serów twarogowych otrzymywanych ze wszystkich białek mleka", finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr N N312351539 w latach 2010-2014.

## WSTĘP

Sery twarogowe to liczna i bardzo zróżnicowana grupa produktów mleczarskich. W Polsce spośród asortymentu kwasowych niedojrzewających serów twarogowych dużą popularnością cieszy się twaróg (Kolanowski 2003). Uwarunkowane jest to tradycją, przyzwyczajeniami żywieniowymi konsumentów oraz stosunkowo niską ceną (Górska-Warsewicz 2005). Pod względem odżywczym twaróg stanowi w diecie człowieka stosunkowo mało energetyczne źródło znacznych ilości łatwostrawnego i pełnowartościowego białka. Zawiera również lekkostrawny tłuszcz mlekowy, cukry, witaminy (zwłaszcza B<sub>2</sub> i B<sub>12</sub>) oraz liczne składniki mineralne (Siemianowski i Szpendowski 2014).

W produkcji serów twarogowych dąży się do jak najlepszego wykorzystania składników przetwarzanego mleka przy jednoczesnym zwiększaniu wydajności produkcji, za czym przemawiają aspekty żywieniowe, ekologiczne i ekonomiczne (Rojewska 2000, Bohdziewicz 2010). Jednym ze sposobów zwiększenia zdolności produkcyjnych serowni jest wykorzystywanie surowca o zwiększonej zawartości suchej masy (Chojnowski i in. 1993). Udział suchej masy w surowcu przerobowym można łatwo zwiększyć poprzez np. dodatek odpowiedniej ilości proszku mlecznego lub mleka zagęszczonego, ale również przy zastosowaniu techniki ultrafiltracji (UF) (Chojnowski i in. 1993, Domagała i Wszolek 2008). Znany jest wariant produkcji serów miękkich, w którym mleko przerobowe zagęszcza się metodą UF, celem upodobnienia jego składu do sera (tzw. przedser), a następnie poddaje koagulacji (Maubois i Mocquot 1975).

Modyfikacje techniczno-technologiczne wprowadzane w produkcji twarogu wpływają istotnie na charakterystykę fizykochemiczną produktów finalnych, w tym również na ważne dla akceptowalności konsumenckiej cechy tekstury (Dolatowski i Stasiak 2000, Bohdziewicz 2010). Właściwości reologiczne sera pozostają w ścisłym związku z jego mikrostrukturą, która określa rozmieszczenie poszczególnych składników oraz zachodzące między nimi interakcje (Everett i Auty 2008, Hallab i in. 2007, Rahimi i in. 2013).

Celem podjętych badań była ocena wpływu zwiększenia zawartości suchej masy w surowcu na teksturę i mikrostrukturę twarogu kwasowego.

## MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły twarogi kwasowe wyprodukowane przy wykorzystaniu instalacji pilotowych. Surowiec do produkcji twarogów stanowiło mleko normalizowane do zawartości 2% tłuszczu, pasteryzowane w temperaturze 85°C w czasie 15 sekund, które zagęszczano metodą wyparną lub ultrafiltracji celem zwiększenia koncentracji suchej masy do ok. 25%. Zagęszczanie metodą wyparną

prowadzono w wyparce próżniowej SPX.anhydro (SPX Flow Technology Denmark AS) do osiągnięcia ok. 40% suchej masy, a następnie uzyskany koncentrat normalizowano mlekiem niezagęszczonym do ok. 25% suchej masy. Zagęszczanie mleka metodą ultrafiltracji prowadzono w urządzeniu GEA PF 22/2011 PILOT R2 (GEA Process Engineering Sp. zo.o.). Twarogi kontrolne produkowano z mleka niezagęszczonego. W produkcji twarogów stosowano doświadczalną kulturę starterową IBBB3, która została skonstruowana na potrzeby wytwarzania twarogu kwasowego z surowca o zwiększonej zawartości suchej masy. W skład kultury IBBB3 wchodziły w odpowiedniej proporcji wyselekcjonowane, pod względem zdolności m.in. ukwaszania, koegzystencji, syntezy egzopolisacharydów i substancji aromatyzujących oraz oporności fagowej, szczepy paciorkowców: *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* var *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* oraz *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides*. Surowiec zaprawiano kulturą starterową w ilości  $5U \cdot 100 \text{ dm}^{-3}$  i ukwaszano w temperaturze  $30^\circ\text{C}$  celem koagulacji. W przypadku mleka niezagęszczonego proces ukwaszania prowadzono do osiągnięcia pH 4,6, natomiast ukwaszanie surowca zagęszczonego wyparnie oraz koncentratu UF przerywano przy pH ok. 4,9, co wynikało z małych przyrostów kwasowości po upływie 20 godzin ukwaszania. Skrzep mleka niezagęszczonego krojono oraz osuszano poprzez mieszanie i stopniowe ogrzewanie do temperatury  $38^\circ\text{C}$ , a następnie masę twarogową przenoszono do jednorazowych polietylenowych worków ociekowych, w których realizowano samoprasowanie przez ok. 6 godzin w temperaturze  $10\text{-}12^\circ\text{C}$ . W przypadku produkcji twarogu z mleka zagęszczonego wyparnie i koncentratu UF, ze względu na zbliżoną koncentrację suchej masy do jej zawartości w serze twarogowym, nie realizowano etapu krojenia skrzepu i dogrzewania. Po zakończeniu ociekania i samoprasowania twarogi pakowano w ilości ok. 230 g do polistyrenowych kubeczków o pojemności  $250 \text{ cm}^3$  zamykanych wieczkiem przez zgrzanie.

Badania składu chemicznego twarogów obejmowały oznaczenie zawartości suchej masy metodą suszenia (PN-EN ISO 5534:2005), białka ogółem metodą makro (PN-EN ISO 8968-2:2004), laktozy metodą Bertranda (Budślawski 1973), tłuszczu metodą objętościową (PN-A-86232:1973) oraz popiołu metodą spalania w piecu komorowym w temperaturze  $525^\circ\text{C}$ .

Pomiarów tekstury twarogów dokonywano przy wykorzystaniu teksturometru TEXTURE ANALYSER TA.XT plus (Stable Micro System) z oprogramowaniem komputerowym Texture Exponent 32. Próbkę twarogu o temperaturze  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  badano stosując cylindryczną głowicę pomiarową SMS P/5 o średnicy 5 mm, która penetrowała analizowany materiał na głębokość 25 mm z prędkością  $1,0 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ . Na podstawie otrzymanych krzywych pomiarowych określono twardość i adhezyjność twarogów.

Próbki twarogów do badań mikrostruktury odwadniano w liofilizatorze ALPHA 1-2 LD plus (Martin Christ GmbH) w temperaturze  $-20^{\circ}\text{C}$  przy ciśnieniu 1 mbar. Mikrostrukturę badano przy użyciu mikroskopu elektronowego skaningowego QUANTA 200 (FEI Company) bezpośrednio umieszczając próbkę liofilizowanego twarogu na płytce mikroskopu i wykonując zdjęcia przy następujących parametrach pracy urządzenia: napięcie przyspieszające (HV) – 15 kV, ciśnienie – 150 kPa, detektor LFD, powiększenie –  $800\times$ .

Wyniki składu chemicznego oraz tekstury badanych twarogów opracowano statystycznie przy użyciu programu Statistica 10 (StatSoft). Obliczono wartości średnie i odchylenia standardowe. Do analizy wyników zastosowano nieparametryczny test  $U$  Manna-Whitneya. Istotność różnic badano na poziomie  $p = 0,05$ .

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Twarogi wyprodukowane z surowca o zwiększonej zawartości suchej masy do ok. 25% przez zagęszczanie wyparne lub metodą ultrafiltracji różniły się statystycznie istotnie (przy  $\alpha = 0,05$ ) od twarogów z mleka niezagęszczonego pod względem zawartości suchej masy, białka, tłuszczu, laktozy i popiołu (tab. 1).

**Tabela 1.** Skład chemiczny twarogów otrzymanych z mleka niezagęszczonego, zagęszczonego wyparnie i koncentratu UF

**Table 1.** Chemical composition of tvorogs produced from unconcentrated milk, evaporated milk and ultrafiltered (UF) milk

Twaróg Tvorog	Sucha masa Dry matter (%)	Białko ogółem Total protein (%)	Tłuszcz Fat (%)	Laktoza hydrat Lactose hydrate (%)	Popiół Ash (%)
Produkowany z mleka niezagęszczonego Produced from unconcentrated milk	30,43 <sup>c</sup> ±0,21	15,33 <sup>c</sup> ±0,02	10,00 <sup>c</sup> ±0,05	3,11 <sup>b</sup> ±0,02	0,85 <sup>a</sup> ±0,02
Produkowany z mleka zagęszczonego wyparnie Produced from evaporated milk	28,59 <sup>b</sup> ±0,12	10,30 <sup>a</sup> ±0,06	6,00 <sup>a</sup> ±0,05	8,95 <sup>c</sup> ±0,01	1,68 <sup>c</sup> ±0,01
Produkowany z koncentratu UF Produced from ultrafiltered (UF) milk	25,06 <sup>a</sup> ±0,05	12,41 <sup>b</sup> ±0,01	8,00 <sup>b</sup> ±0,05	2,14 <sup>a</sup> ±0,01	1,43 <sup>b</sup> ±0,01

Wartości średnie oznaczone w tej samej kolumnie różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy  $p = 0,05$  – Mean values designated with different letters and placed in the same column differ statistically significantly at  $p = 0.05$ .

Zawartość suchej masy w twarogach wynosiła średnio: dla produktu z mleka niezagęszczonego 30,43%, z mleka zagęszczonego wyparnie 28,59%, z koncentratu UF 25,06%. Pod względem ilościowym najważniejszym składnikiem suchej masy twarogu jest białko. Udział białka w suchej masie twarogu z mleka niezagęszczonego oraz koncentratu UF był zbliżony, i wynosił odpowiednio 50,4% oraz 49,5%, natomiast w przypadku twarogu z mleka zagęszczonego wyparnie był znacznie mniejszy i wynosił 36,0%. Twaróg z mleka niezagęszczonego zawierał średnio 10,0% tłuszczu (w s.m. 32,9%), twaróg z mleka zagęszczonego wyparnie 6,0% tłuszczu (w s.m. 21,0%), a twaróg z koncentratu UF 8,0% tłuszczu (w s.m. 31,9%). Cechą wyróżniającą twaróg z mleka zagęszczonego wyparnie była wysoka zawartość laktozy. Udział laktozy w suchej masie twarogu z mleka zagęszczonego wyparnie wynosił 31,3%, natomiast z mleka niezagęszczonego wynosił 10,2%, a z koncentratu UF wynosił 8,5%. Wykorzystanie do produkcji twarogów surowca o zwiększonej koncentracji suchej masy skutkowało uzyskaniem produktów o znacznie większej zawartości składników mineralnych, oznaczonych jako popiół, w porównaniu z produktami z mleka niezagęszczonego. Twaróg z koncentratu UF zawierał ok. 1,7-krotnie więcej, a twaróg z mleka zagęszczonego wyparnie blisko 2,0-krotnie więcej popiołu od twarogu z mleka niezagęszczonego (tab. 1).

W badaniach tekstury twarogów uzyskanych w doświadczeniu analizowano ich twardość i adhezyjność. Twardość wyraża siłę, jaką należy przyłożyć do produktu, aby uzyskać jego określoną deformację. Adhezyjność jest pracą potrzebną do pokonania sił przyciągania pomiędzy powierzchnią produktu żywnościowego a innymi ciałami, z którymi wchodzi on w kontakt, np. język, zęby, podniebienie, nóż (Surówka 2002). Między twarogami z mleka niezagęszczonego, zagęszczonego wyparnie oraz koncentratu UF stwierdzono statystycznie istotne (przy  $\alpha = 0,05$ ) różnice w twardości i adhezyjności (tab. 2). Spośród analizowanych twarogów największą twardość i adhezyjność wykazywał twaróg uzyskany z mleka niezagęszczonego, natomiast najmniejszą twardością i adhezyjnością charakteryzował się twaróg uzyskany z mleka zagęszczonego wyparnie.

Właściwości teksturalne sera zależą w dużej mierze od zawartości białka (Lucy i in. 2003). W przeprowadzonym doświadczeniu stwierdzono, że twardość i adhezyjność uzyskanych twarogów zwiększała się ze wzrostem zawartości białka w ich składzie. Twaróg z mleka niezagęszczonego zawierał średnio 15,33% białka, a jego średnia twardość i adhezyjność wynosiły odpowiednio 1,95 N i 11,04 N·s. Twaróg uzyskany z koncentratu UF, zawierając średnio 12,41% białka, charakteryzował się twardością i adhezyjnością wynoszącymi średnio odpowiednio 0,76 N i 4,29 N·s. W przypadku twarogu z mleka zagęszczonego wyparnie zawartość białka wynosiła średnio 10,30%, natomiast jego średnia twardość i adhezyjność odpowiednio 0,22 N i 1,15 N·s. Podobny wpływ zawartości białka na parametry tekstury stwierdzili Domagała i Wszolek (2008), badając jogurty z mleka koziego. W ba-

daniach tych większą twardość i adhezyjność jogurtów uzyskanych z mleka koziego zagęszczonego metodą ultrafiltracji lub przez dodatek koziego mleka w proszku, w porównaniu z jogurtami uzyskanymi z niezagęszczonego mleka koziego, tłumaczono większą zawartością białka.

**Tabela 2.** Parametry tekstury twarogów otrzymanych z mleka niezagęszczonego, zagęszczonego wyparnie i koncentratu UF

**Table 2.** Texture parameters of tvorogs produced from unconcentrated milk, evaporated milk and ultrafiltered (UF) milk

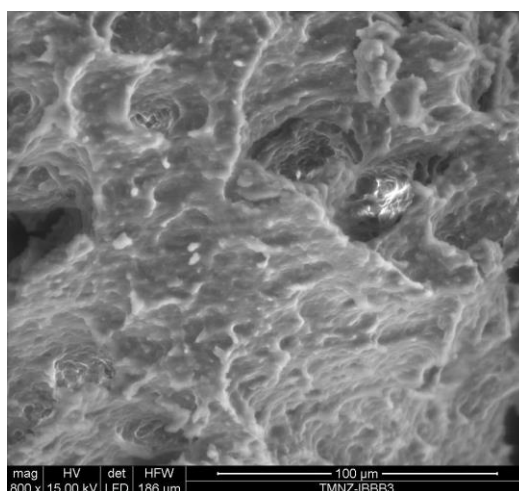
Twaróg Tvorog	Twardość Hardness (N)	Przylegalność Adhesiveness (N·s)
Produkowany z mleka niezagęszczonego Produced from unconcentrated milk	1,95 <sup>c</sup> ±0,10	11,04 <sup>c</sup> ±1,88
Produkowany z mleka zagęszczonego wyparnie Produced from evaporated milk	0,22 <sup>a</sup> ±0,01	1,15 <sup>a</sup> ±0,17
Produkowany z koncentratu UF Produced from ultrafiltered (UF) milk	0,76 <sup>b</sup> ±0,08	4,29 <sup>b</sup> ±0,47

Wartości średnie oznaczone w tej samej kolumnie różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy  $p = 0,05$ , Mean values designated with different letters and placed in the same column differ statistically significantly at  $p = 0.05$ .

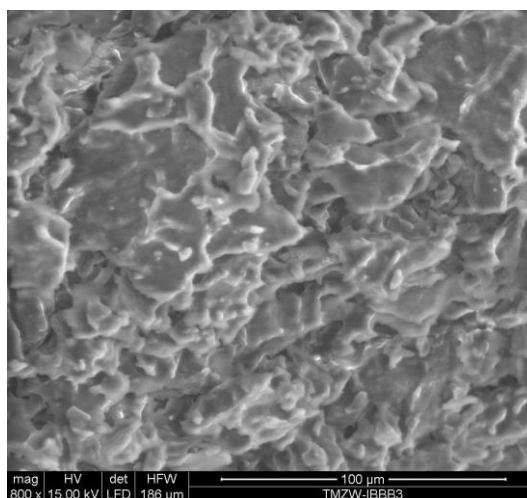
Badania mikroskopowe prowadzone techniką mikroskopii elektronowej skaningowej wykazały różnice w mikrostrukturze między cząstkami liofilizowanego twarogu wyprodukowanego z mleka niezagęszczonego, z mleka zagęszczonego wyparnie oraz z koncentratu UF (fot. 1-3).

Mikrostrukturę sera stanowi matryca białkowa, tworzona przez powstające w czasie koagulacji agregaty micel kazeiny, w której zamknięte są kuleczki tłuszczowe, woda, składniki mineralne (Everett i Auty 2008, Lucey i in. 2003). Na fotografii twarogu z mleka niezagęszczonego (fot. 1) widoczna jest przestrzenna sieć strukturalna tworzona przez połączone ze sobą agregaty białkowe, charakteryzująca się obecnością dużych porów oraz obszarów wykazujących cechy włóknistości. Obecność otwartych przestrzeni w cząstkach twarogu z mleka niezagęszczonego widoczna jest również na fotografiach przedstawionych w badaniach Bohdziewicz (2010). Obecność dużych porów w strukturze masy serowej może ułatwiać odciek serwatki (Castillo i in. 2006). Tłumaczy to większą zawartość suchej masy oraz większą twardość i adhezyjność twarogu uzyskanego z mleka niezagęszczonego w porównaniu z twarogami uzyskanymi z mleka zagęszczonego wyparnie oraz z koncentratu UF. Matrycę białkową twarogu z mleka zagęsz-

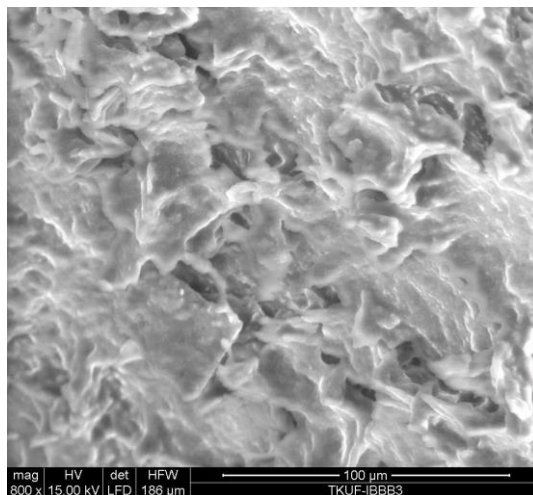
czonego wyparnie tworzyły połączone ze sobą klastry białkowe o różnym kształcie i wielkości, a jej struktura wykazywała dużą porowatość, przy czym nie występowały tu tak duże pory jak w przypadku twarogu z mleka niezagęszczonego (fot. 2). W przypadku twarogu z koncentratu UF cząstki produktu wykazywały dużą zwartość, pofałdowanie powierzchni, obecność porów oraz obszarów mających cechy włóknistości (fot. 3).



**Fot. 1.** Mikrostruktura twarogu z mleka niezagęszczonego  
**Photo 1.** Microstructure of tvorog produced from unconcentrated milk



**Fot. 2.** Mikrostruktura twarogu z mleka zagęszczonego wyparnie  
**Photo 2.** Microstructure of tvorog produced from evaporated milk



**Fot. 3.** Mikrostruktura twarogu z koncentratu UF

**Photo 3.** Microstructure of tvorog produced from ultrafiltered (UF) milk

Podobne różnice w mikrostrukturze, między serem uzyskanym z mleka niezagęszczonego a produktami z mleka zagęszczonego, stwierdzili Mistry i in. (2006) w przypadku sera Cheddar. W badaniach tych ser uzyskany z mleka niezagęszczonego charakteryzował się porowatą strukturą o stosunkowo dużych porach, natomiast sery uzyskane z mleka o zwiększonej zawartości suchej masy wykazywały bardziej zwartą strukturę. Zdaniem Hallab i in. (2007) zwiększenie zawartości białka w surowcu skutkuje tworzeniem bardziej zwartej struktury sera, która może utrzymywać więcej wody niż masa twarogowa z mleka niewzbogaconego w białko. Zagęszczanie mleka prowadzi do zwiększenia zawartości białka w surowcu, co skutkuje zmniejszeniem średniej odległości pomiędzy micelami kazeiny i ułatwia ich agregację w czasie koagulacji (Ong i in. 2013). Takie warunki mogą sprzyjać powstawaniu klastrów białkowych i tworzeniu zwartej struktury, co zostało zaobserwowane w naszych badaniach w przypadku fotografii mikrostruktury twarogu z mleka zagęszczonego wyparnie oraz koncentratu UF.

#### WNIOSKI

1. Między twarogami uzyskanymi z mleka niezagęszczonego, zagęszczonego wyparnie oraz koncentratu UF występowały istotne różnice w zawartości suchej masy, białka, tłuszczu, laktozy i popiołu. Twarogi z mleka niezagęszczonego oraz koncentratu UF charakteryzowały się porównywalnym udziałem białka, tłuszczu oraz laktozy w składzie suchej masy. Twaróg z mleka zagęszczonego wyparnie wykazywał znacznie mniejszy udział białka i tłuszczu oraz ponad 3-krotnie więk-



szy laktozy w suchej masie w porównaniu do twarogu z mleka niezagęszczonego i koncentratu UF. Wykorzystanie surowca o zwiększonej zawartości suchej masy skutkowało uzyskaniem twarogu o około 1,7-2,0-krotnie większej zawartości popiołu w porównaniu do produktu z mleka niezagęszczonego.

2. Twarogi z mleka zagęszczonego wyparnie i koncentratu UF wykazywały istotnie mniejszą twardość i adhezyjność w porównaniu do twarogów z mleka niezagęszczonego. Twardość i adhezyjność twarogów wzrastała ze wzrostem zawartości białka w ich składzie.

3. Mikrostruktura twarogów z mleka niezagęszczonego charakteryzowała się obecnością dużych porów, natomiast mikrostruktura twarogów z mleka zagęszczonego wyparnie oraz koncentratu UF była bardziej zwarta.

#### PIŚMIENNICTWO

- Bohdziewicz K., 2010. Wpływ transglutaminazy na proces produkcji, wydatek oraz jakość twarogów. *Przegl. Mlecz.* 2, 4-9.
- Budślawski J., 1973. *Badanie mleka i jego przetworów*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Castillo M., Lucey J.A., Wang T., Payne F.A., 2006. Effect of temperature and inoculum concentration on gel microstructure, permeability and syneresis kinetics. Cottage cheese-type gels. *Int. Dairy J.*, 16(2), 153-163.
- Chojnowski W., Śmietana Z., Szpendowski J., Kwaśniewska M., 1993. Koagulacja kwasowa i enzymatyczna białek mleka zagęszczonego metodą ultrafiltracji. *Przegl. Mlecz.*, 3, 65-67.
- Dolatowski Z.J., Stasiak D.M., 2000. Wpływ mechanizacji tradycyjnej linii do produkcji twarogu na jego parametry tekstury. *Zeszyty Naukowe Politechniki Opolskiej. Seria: Mechanika*, z. 60, 45-51.
- Domagała J., Wszolek M., 2008. Wpływ sposobu zagęszczania oraz rodzaju szczepionki na teksturę i podatność na synerезę jogurtu i biojogurtów z mleka koziego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 6(61), 118-126.
- Everett D.W., Auty M.A.E., 2008. Cheese structure and current methods of analysis. *Int. Dairy J.*, 18(7), 759-773.
- Górska-Warsewicz H., 2005. Rozwój rynku produktów mleczarskich. *Przem. Spoż.*, 10, 20-23.
- Hallab R., Kohen C., Grandison M.A., Lewis M.J., Grandison A.S., 2007. Assessment of the quality of cottage cheese produced from standard and protein-fortified skim milk. *Int. J. Dairy Technol.*, 60(2), 69-73.
- Kolanowski W., 2003. Twaróg. Od śniadania, po desery. *Przegl. Gastron.*, 10, 22-23.
- Lucey J.A., Johnson M.E., Horne D.S., 2003. Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. *J. Dairy Sci.*, 86(9), 2725-2743.
- Maubois J.L., Mocquot G., 1975. Application of membrane ultrafiltration to preparation of various types of cheese. *J. Dairy Sci.*, 58(7), 1001-1007.
- Mistry V.V., Hassan A.N., Acharya M.R., 2006. Microstructure of pasteurised process cheese manufactured from vacuum condensed and ultrafiltered milk. *Le Lait*, 86(6), 453-459.
- Ong L., Dagastine R.R., Kentish S.E., Gras S.L., 2013. Microstructure and composition of full fat cheddar cheese made with ultrafiltered milk retentate. *Foods*, 2, 310-331.
- PN-A 86232:1973. Mleko i przetwory mleczarskie. Sery. Metody badań.
- PN-EN ISO 5534:2005. Sery i sery topione. Oznaczanie zawartości całkowitej suchej masy. Metoda odwoławcza.

- PN-EN ISO 8968-2:2004. Mleko. Oznaczanie zawartości azotu. Część 2: Metoda z zastosowaniem bloku do mineralizacji. Metoda makro.
- Rahimi J., Khosrowshahi A., Moradi M.M., Mohamadi H., Abbasi H., Madadlou A., 2013. Texture and chemistry of Iranian White Cheese as influenced by brine treatments. *J. Food Process. Technol.*, 4(4), 1000219- 1000219.
- Rojewska H., 2000. Filtracja membranowa w przetwórstwie mleka. *Przeł. Mlecz.*, 7, 206-208.
- Siemianowski K., Szpendowski J., 2014. Znaczenie twarogu w żywieniu człowieka. *Probl. Hig. Epidemiol.*, 95(1), 115-119.
- Surówka K., 2002. Tekstura żywności i metody jej badania. *Przem. Spoż.*, 10, 12-17.

## THE EFFECT OF INCREASED DRY MATTER CONTENT OF RAW MATERIAL ON THE TEXTURE AND MICROSTRUCTURE OF ACID TVOROG

*Krzysztof Siemianowski<sup>1</sup>, Krzysztof Bohdziewicz<sup>1</sup>, Jerzy Szpendowski<sup>1</sup>,  
Piotr Kolakowski<sup>2</sup>, Joanna Żylińska<sup>3</sup>, Jacek Bardowski<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Chair of Dairy Science and Quality Management, University of Warmia and Mazury  
ul. M. Oczapowskiego 7, 10-719 Olsztyn, Poland

<sup>2</sup>Danisco Poland, ul. Wybieg 6, 61-315 Poznań, Poland

<sup>3</sup>Institute of Biochemistry and Biophysics, Polish Academy of Sciences  
ul. A. Pawińskiego 5a, 02-106 Warszawa, Poland  
e-mail: krzysztof.siemianowski@uwm.edu.pl

**Abstract.** The aim of this study was to determine the effect of increased dry matter content of raw material on the texture and microstructure of acid tvorog. The analysed tvorogs were made from pasteurised milk with a 2% fat content, which had been evaporated or ultrafiltered (UF) to approximately 25% dry matter. Control tvorog was made from unconcentrated milk. The tvorogs were produced with the use of starter culture IBBB3. The content of dry matter, total protein, lactose, fat and ash was determined in the tvorogs. Tvorog texture was evaluated based on hardness and adhesive properties. The microstructure of freeze-dried tvorogs was analysed by scanning electron microscopy. Tvorogs made from unconcentrated milk, evaporated milk and ultrafiltered (UF) milk differed significantly in their proximate chemical composition. Tvorogs made from unconcentrated milk and UF milk were characterised by similar levels of protein, fat and lactose on a dry matter basis, whereas those made from evaporated milk had a considerably lower protein and fat content and an over three-fold higher lactose content (dry matter basis), in comparison with tvorogs made from unconcentrated milk and UF milk. Tvorogs made from milk with an increased dry matter content contained approximately 1.7-2.0-fold more ash, compared with tvorog made from unconcentrated milk. Tvorogs produced from unconcentrated milk and UF milk were characterised by significantly lower hardness and adhesiveness in comparison with those made from unconcentrated milk. Hardness and adhesiveness increased with an increase in the protein content of the tvorogs. Tvorogs made from unconcentrated milk had porous microstructure with relatively large pores. The microstructure of tvorogs made from evaporated milk and UF milk was more compact.

**Keywords:** microstructure, texture, acid tvorog, ultrafiltration (UF), concentration by evaporation