

¹Institut Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin, e-mail: martamleko@tlen.pl

²Katedra Ekonomii i Zarządzania, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

e-mail: agnieszka.baruk@poczta.onet.pl, e-mail: katarzyna.domanska@up.lublin.pl

³Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin

e-mail: marta.wesolowska-trojanowska@up.lublin.pl

MARTA TOMCZYŃSKA-MLEKO¹, AGNIESZKA BARUK²,
KATARZYNA DOMAŃSKA², MARTA WESOŁOWSKA-TROJANOWSKA³,
STANISŁAW MLEKO³, SYLWIA RÓG¹

Właściwości reologiczne, teksturalne i sensoryczne napowietrzonych serków twarogowych

Rheological, textural and sensory properties of aerated tvarog cheeses

Streszczenie. Celem badań było określenie właściwości reologicznych, teksturalnych i sensorycznych napowietrzonych serków twarogowych. Określono zawartość frakcji powietrznej serków, zmierzono ich lepkość przy użyciu lepkościomierza ultradźwiękowego, przeprowadzono profilową analizę tekstury oraz analizę sensoryczną. Napowietrzone serki twarogowe pod względem właściwości reologicznych zachowywały się jak słabe żele. Bardziej napowietrzone serki charakteryzowały się mniejszą lepkością, mniejszymi wartościami modułu zachowawczego G' i wielkości te były skorelowane. Wraz ze wzrostem zawartości powietrza zaobserwowano spadek spoistości i adhezji serków. Parametry tekstury wyznaczone za pomocą profilowej analizy tekstury charakteryzowały się podobnymi tendencjami zmian do parametrów otrzymanych przy użyciu analizy sensorycznej.

Słowa kluczowe: ser, twaróg, reologia, tekstura, analiza sensoryczna

WSTĘP

W przemyśle rolno-spożywczym dąży się do zastosowania nowych technologii w celu poszerzenia asortymentu produktów. Jednym z procesów intensywnie stosowanych w ostatnim czasie jest napowietrzanie. Wpływa ono na powstawanie pożądaných właściwości sensorycznych produktów spożywczych. Piany powstają na skutek zdyspergowania

pęcherzyków powietrza w fazie ciągłej ciekłej lub półstałej, zawierającej białko [Sikorski 2007]. Napowietrzane produkty spożywcze spotyka się dość często. Przykładami mogą być chleb, ciasta, bezy, musy czy desery. Szczególnym przypadkiem piany stałej albo półstałej jest napowietrzony ser twarogowy. Można go uznać za polizdyspergowany układ, w którym skoagulowane białko występuje łącznie z zemulgowanym tłuszczem i banieczkami powietrza [Thakur i in. 2008]. Napowietrzanie poza zmianami walorów smakowych powoduje zwiększenie objętości produktu, co prowadzi do obniżania jego kaloryczności. Obecność zdyspergowanej fazy gazowej poprawia smarowność sera, co umożliwia redukcję zawartości tłuszczu [Vial i in. 2006]. Brak jest publikacji naukowych opisujących właściwości reologiczne, teksturalne i sensoryczne napowietrzonych serków twarogowych. Celem niniejszej pracy było poszukiwanie korelacji pomiędzy tymi właściwościami.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły napowietrzone serki twarogowe. Analizy przeprowadzono na 4 rodzajach serków różnych producentów dostępnych na rynku lubelskim: Turek Puszysty (1), Piątnica Twój Smak (2), Almette (Hochland) (3), Bieluch lekki (Bieluch Chełm) (4). Podstawowy skład oraz wartość energetyczną podano za producentami serków (tab. 1).

Zawartość frakcji powietrznej w serkach oznaczono metodą eterową wg Polskiej Normy PN 67/A-86430. Powietrze usuwano przy użyciu eteru etylowego. Zawartość powietrza w serku określono jako wynik różnicy objętości serka przed usunięciem powietrza i po jego usunięciu.

Pomiary tekstury wykonywano teksturometrem TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Wielka Brytania). Próbkę serków badano za pomocą próbnika cylindrycznego o średnicy 10 mm, przy prędkości przesuwu głowicy 1 mm/s i dwukrotnym zagłębieniu się próbnika na głębokość 20 mm, przedzielonym fazą relaksacyjną trwającą 30 s. Uzyskane wyniki były rejestrowane i analizowane przez program Texture Expert version 1.22. W profilowej analizie tekstury (TPA) określano następujące cechy: twardość, adhezyjność, spoistość i sprężystość.

Badania lepkości serków twarogowych przeprowadzono za pomocą lepkościomierza ultradźwiękowego Unipan typ 505 (Zakład Doświadczalny Budowy Aparatury Naukowej, „Unipan”, Warszawa). Po ustaleniu się wskazań lepkościomierza odczytywano wartości w jednostkach mPas g·cm⁻³.

Dokonano pomiarów właściwości lepkosprężystych serków przy użyciu reometru oscylacyjnego RS 300 (ThermoHaake, Karlsruhe, Niemcy). Do pomiaru zastosowano geometrię pomiarową typu ponacinana płytką – ponacinana płytką. Szczelina wynosiła 2 mm. Badania właściwości lepkosprężystych serków wykonywano przy zakresie częstotliwości drgań 0,1–10 Hz w temperaturze 20°C. Określono zależności modułu zachowawczego G' oraz modułu stratności G'' od częstotliwości drgań. Wyniki rejestrowano za pomocą programu komputerowego RheoWin Pro (ThermoHaake, Karlsruhe, Niemcy). Wszystkie powyższe analizy instrumentalne wykonano w 3 seriach po 3 próbki. Serie dotyczyły różnych dat produkcji.

Analizę sensoryczną napowietrzonych serków przeprowadzono z udziałem wytrenowanego panelu złożonego z 21 osób. Członkowie panelu sensorycznego byli badani na wrażliwość smakowo-zapachową. Próbki były kodowane, podawane wszystkie naraz i analizowane w temperaturze 22°C. Użyto skali 5-stopniowej dla następujących cech sensorycznych: puszystości, twardości, spoistości i adhezyjności (-2 – najmniej odczuwalna cecha, +2 – najbardziej odczuwalna cecha). Każda analiza była wykonana w dwóch powtórzeniach i na wykresie przedstawiono średnią arytmetyczną wszystkich pomiarów.

Analiza statystyczna została przeprowadzona przy użyciu programu Statistica 5.0 PL (StatSoft Polska, Warszawa). Określono korelację oraz istotność różnic pomiędzy średnimi przy użyciu testu Tukeya na poziomie istotności $p \leq 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Tabela 1 przedstawia zawartość poszczególnych składników w badanych napowietrzonych serkach. Trzy z badanych serków charakteryzowały się podobnym składem oraz wartością energetyczną (Turek, Piątnica, Almette). Bieluch lekki był serkiem o małej zawartości tłuszczu (3%) i w związku z tym o małej energetyczności. Charakteryzował się największą zawartością powietrza. Zawartość frakcji powietrznej była różna dla różnych serków (rys. 1). Rysunek 2 przedstawia zależność modułu zachowawczego oraz modułu stratności od częstotliwości drgań oscylacyjnych. W przypadku wszystkich serków zaobserwowano wzrost modułów wraz ze wzrostem częstotliwości. Równocześnie wartości modułu zachowawczego były dla odpowiednich serków kilkakrotnie większe niż wartości modułu stratności. Takie zachowanie jest charakterystyczne dla materiałów, które możemy określić mianem słabych żeli [Tomczyńska-Mleko 2013]. Wyniki te są zgodne z badaniami Thakura i in. [2003], którzy zaobserwowali, iż sery twarogowe zachowywały się jak słabe żele, w których skoagulowane micelle kazeinowe były stabilizowane tylko przez słabe oddziaływania, takie jak siły van der Waalsa. Napowietrzony serki twarogowe są substancjami lepkosprężystymi, z przewagą właściwości sprężystych i z tendencją do dość łatwego zniszczenia struktury podczas dostarczania większych ilości energii przy wyższych częstotliwościach drgań (rys. 2).

Tabela 1. Zawartość poszczególnych składników w badanych napowietrzonych serkach
Table 1. Content of ingredients in investigated aerated cheeses

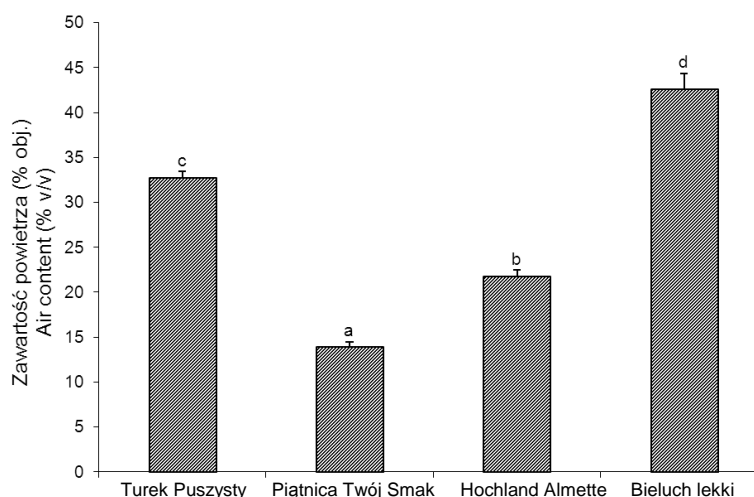
Napowietrzony ser Aerated cheese	Zawartość składników (% wag.) Content of ingredients (% w/w)			Wartość energetyczna Energetic value (kcal/ 100 g)
	białko protein	węglowodany carbohydrates	tłuszcz fat	
Turek Puszysty (1)	8	4,0	25,2	269
Piątnica Twój Smak (2)	6	4,3	22,3	239
Hochland Almette (3)	7	4,1	21,0	233
Bieluch lekki (4)	9	4,5	3,0	81

Tabela 2. Lepkość i parametry tekstury napowietrzonych serków
Table 2. Viscosity and TPA texture parameters of aerated cheeses

Napowietrzony ser Aerated cheese	Parametry tekstury TPA parameters			Lepkość × gęstość Viscosity × density (mPas·gcm ⁻³)
	Twardość (G) Hardness (g-force)	Adhezyjność (G s) Adhesiveness (g-force s)	Spoistość Cohesiveness	
Turek Puszysty (1)	117 ^b (15)	-448 ^b (12)	0,46 ^a (0,01)	245 ^b (12)
Piątnica Twój Smak (2)	113 ^b (17)	-512 ^d (11)	0,52 ^b (0,02)	470 ^d (15)
Hochland Almette (3)	199 ^c (22)	-480 ^c (10)	0,49 ^{ab} (0,03)	330 ^c (10)
Bieluch lekki (4)	45,6 ^a (3,7)	-327 ^a (12)	0,44 ^a (0,02)	148 ^a (8)

Wartości średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie ($P < 0,05$) (w nawiasach – odchylenie standardowe).

Means within the columns with the same letter are not significantly different from each other ($P < 0.05$) (in parentheses – standard deviation).

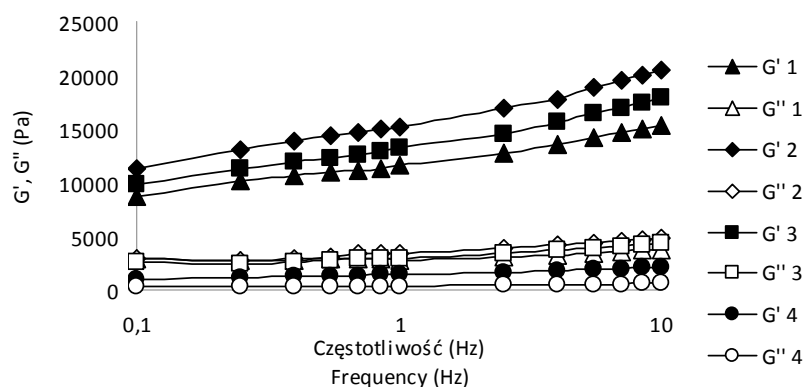


Rys. 1. Zawartość powietrza w badanych napowietrzonych serkach. Wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się statystycznie ($P < 0,05$)

Fig. 1. Air content in investigated aerated chesses. Means with the same letter are not significantly different from each other ($P < 0.05$)

Analizowane właściwości reologiczne skorelowano z zawartością powietrza w serkach. Zaobserwowano ujemną liniową korelację pomiędzy wartościami modułu zachowawczego G' mierzonymi przy częstotliwości 10 Hz a zawartością powietrza ($R^2 = 0,85$) (rys. 3). Serki o większej zawartości powietrza charakteryzowały się mniejszymi wartościami G' , co świadczy o tym, że były mniej sprężyste. Napowietrzanie sprawia, że serek jest mniej stały niż twaróg. Podczas procesu napowietrzania następuje zniszczenie żelu

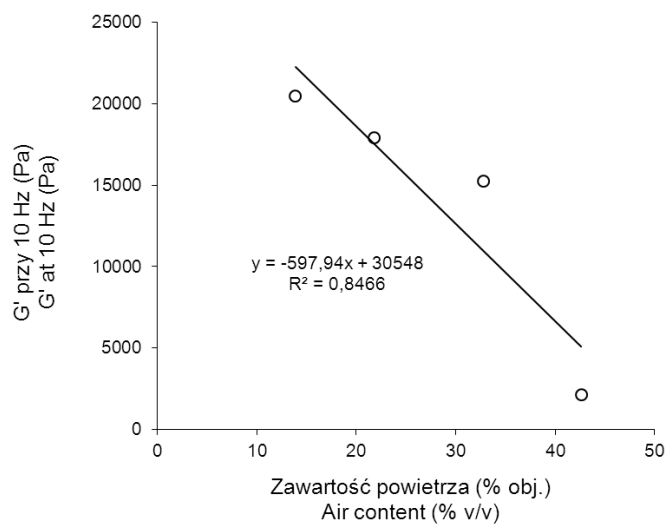
kazeinowego. Oddziaływania pomiędzy banieczkami powietrza a matrycą sera są słabe, natomiast oddziaływania pomiędzy samymi banieczkami powietrza nie istnieją ze względu na małą zawartość powietrza [Thakur i in. 2008]. W tabeli 2 przedstawiono wartości iloczynu lepkości i gęstości mierzone lepkościomierzem ultradźwiękowym. Zaobserwowano korelację pomiędzy zawartością powietrza w serkach a iloczynem lepkości i gęstości ($R^2 = 0,97$) (rys. 4). Im większa jest zawartość powietrza w serkach, tym mniejsza ich lepkość, co jest zrozumiałe, gdyż to frakcja serowa jest odpowiedzialna za lepkość produktów. Z powyższych korelacji wynika, iż wartości lepkości oraz modułu zachowawczego są również skorelowane ($R^2 = 0,78$) (rys. 5).



Rys. 2. Zależność pomiędzy częstotliwością drgań a wartościami modułu zachowawczego (G') i stratności (G'') dla badanych napowietrzonych serków

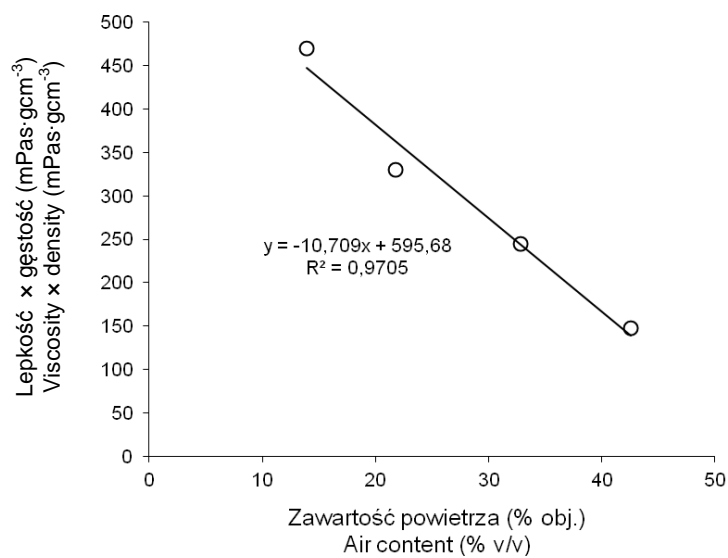
Fig. 2. Relationship between frequency and storage modulus (G') and loss modulus (G'') for investigated aerated cheeses

Tabela 2 przedstawia wyniki analizy tekstury napowietrzonych serków. W przypadku badań przy użyciu profilowej analizy tekstury stwierdzono istnienie ujemnych korelacji liniowych pomiędzy spoistością serków a zawartością powietrza oraz adhezyjnością i zawartością powietrza (odpowiednio $R^2 = 0,98$ oraz $0,89$) (rys. 6 i 7). Tak więc serki o większej zawartości powietrza były mniej spoiste. Banieczki powietrza znajdujące się w serkach zmniejszają spoistość matrycy żelowej sera. Podobne zjawisko zaobserwowano w przypadku napowietrzonych żeli otrzymywanych z białek serwatkowych [Tomczyńska-Mleko i in. 2014]. Podobnie serki o większej zawartości powietrza charakteryzują się mniejszą adhezyjnością. Zjawisko adhezji ma duże znaczenie w procesie produkcyjnym, gdyż produkt o wyższej adhezyjności przywiera do powierzchni opakowania, co może utrudniać jego użytkowanie przez konsumenta. Zjawisko to obserwuje się zwłaszcza w przypadku serów topionych [Sołowiej 2013, Sołowiej i in. 2014]. Nie stwierdzono korelacji pomiędzy zawartością powietrza a twardością serków. Może to wynikać z zasadniczych różnic w składzie chemicznym.



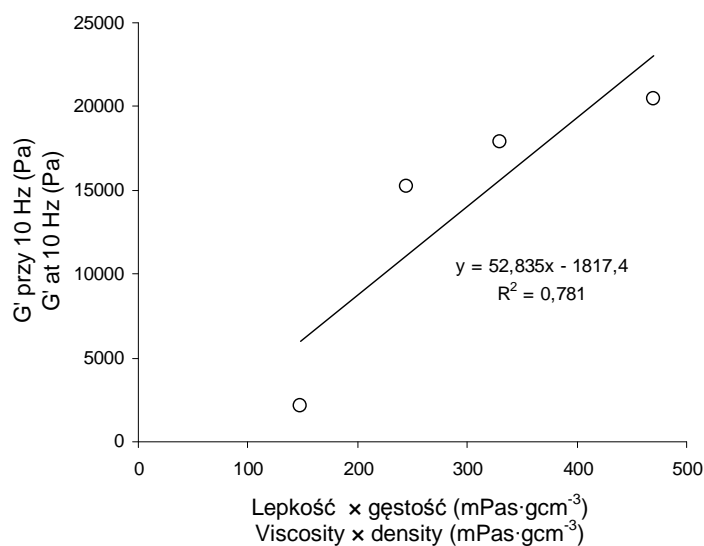
Rys. 3. Korelacja pomiędzy zawartością powietrza a wartościami modułu zachowawczego mierzonymi przy 10 Hz dla badanych napowietrzonych serków

Fig. 3. Correlation between air content and storage moduli values measured at 10 Hz for investigated aerated cheeses



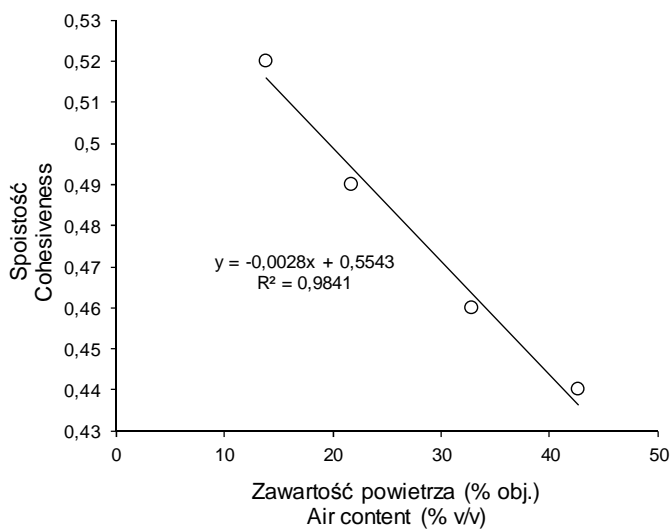
Rys. 4. Korelacja pomiędzy zawartością powietrza a iloczynem lepkości i gęstości dla badanych napowietrzonych serków

Fig. 4. Correlation between air content and viscosity \times density for investigated aerated chesses



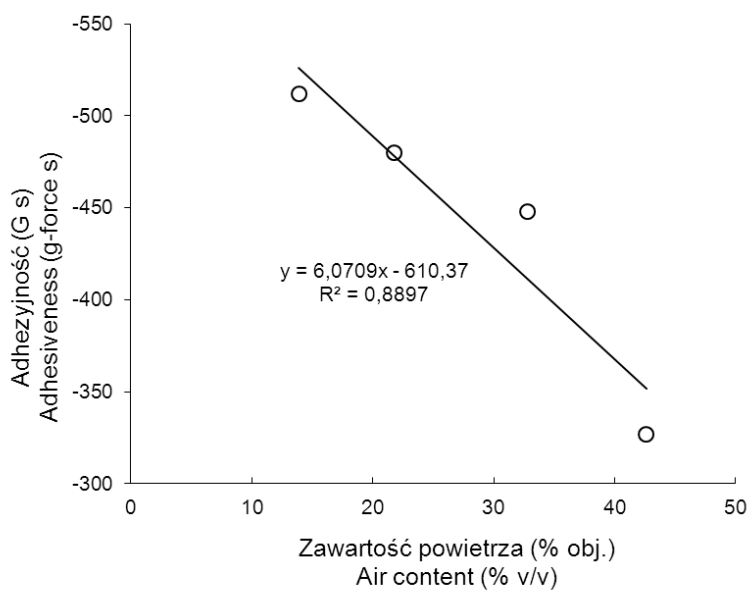
Rys. 5. Korelacja pomiędzy iloczynem lepkości i gęstości oraz wartościami modułu zachowawczego mierzonymi przy 10 Hz dla badanych napowietrzonych serków

Fig. 5. Correlation between viscosity x density and storage moduli values measured at 10 Hz for investigated aerated cheeses



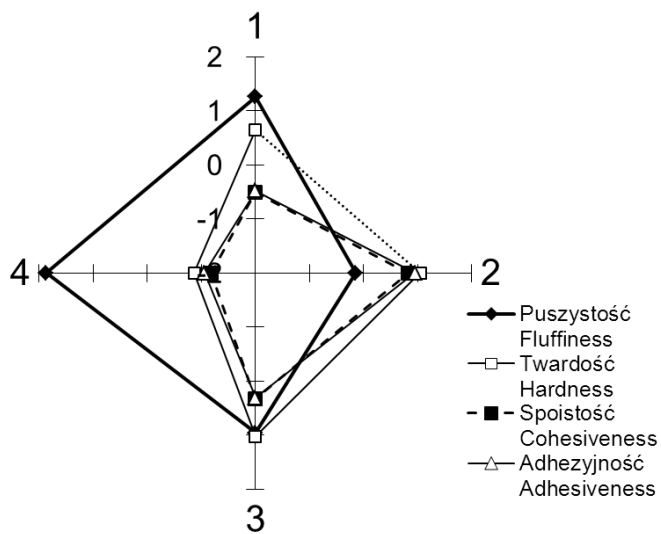
Rys. 6. Korelacja pomiędzy zawartością powietrza a spoistością dla badanych napowietrzonych serków

Fig. 6. Correlation between air content and cohesiveness for investigated aerated chesses



Rys. 7. Korelacja pomiędzy zawartością powietrza a adhezyjnością dla badanych napowietrzonych serków

Fig. 7. Correlation between air content and adhesiveness for investigated aerated chesses



Rys. 8. Parametry oceny sensorycznej napowietrzonych serków

Fig. 8. Sensory analysis parameters for aerated cheeses

Przeprowadzono analizę sensoryczną napowietrzonych serków (rys. 8). Scharakteryzowano takie cechy, jak puszystość, twardość, spoistość i adhezyjność. Wyniki analizy sensorycznej charakteryzowały się podobnymi tendencjami zmian jak wyniki analiz instrumentalnych. Serki o większej zawartości powietrza były bardziej puszyste. Zaobserwowano również, iż serki charakteryzujące się większą spoistością i adhezyjnością określonymi przy użyciu profilowej analizy tekstury były również sensorycznie bardziej spoiste i bardziej przylegały do podniebienia.

Zastosowana analiza lepkości przy użyciu lepkościomierza ultradźwiękowego oraz pomiary wartości modułów przy użyciu reometru oscylacyjnego okazały się wartościowymi metodami oceny właściwości reologicznych tych produktów.

WNIOSKI

1. Napowietrzane serki twarogowe pod względem właściwości reologicznych zachowywały się jak słabe żele.
2. Wraz ze wzrostem zawartości powietrza zaobserwowano zmniejszanie się lepkości, modułu zachowawczego oraz spoistości i adhezyjności serków. Wszystkie te wielkości były ujemnie liniowo skorelowane z zawartością powietrza. Stwierdzono korelację liniową pomiędzy lepkością serków mierzoną przy użyciu lepkościomierza ultradźwiękowego a wielkościami modułu zachowawczego.
3. Wyniki analizy sensorycznej charakteryzowały się podobnymi tendencjami zmian jak wyniki analiz instrumentalnych.
4. Zarówno badania przy użyciu lepkościomierza ultradźwiękowego, jak i reometru oscylacyjnego stanowią wartościową metodę oceny właściwości reologicznych napowietrzonych serków twarogowych.

PIŚMIENNICTWO

- PN-67/A-86430. Mleko, przetwory mleczarskie. Lody. Metody badań.
- Sikorski Z.E., 2007. Białka – budowa i właściwości. W: Chemia żywności. WNT, Warszawa.
- Sołowiej, B., 2013. Wpływ preparatów serwatkowych na przylegalność analogów serów topionych do różnych materiałów opakowaniowych. *Żyw. Nauka Technol. Jakość* 87, 80–91.
- Sołowiej B., Dylewska A., Tomczyńska-Mleko M., Mleko S., 2014. Wpływ skrobi modyfikowanych na teksturę i topliwosć analogów serów topionych. *Żyw. Nauka Technol. Jakość* 92, 52–65.
- Thakur R K., Vial C., Djelveh G., 2003. Foaming of commercial grade food products in a continuous stirred column. *Trans. I. Chem. E.*, 81, 1083–1089.
- Thakur R K., Vial C., Djelveh G., 2008. Effect of composition and process parameters on elasticity and solidity of foamed food. *Chem. Eng. Process.* 47, 474–483.
- Tomczyńska-Mleko M., 2013. Structure and stability of iron induced whey protein aerated gels. *Czech J. Food Sci.*, 31, 211–216.
- Tomczyńska-Mleko M., Gustaw W., Piersiak T., Terpiłowski K., Sołowiej B., Wesołowska-Trojanowska M., Mleko S., 2014. Whey protein aerated gels as a new product obtained using ambient temperature magnesium and iron(II) induced gelation process. *Acta Alim.* 43, 465–472.

Vial C., Thakur R.K., Djelveh G., Picgirard L., 2006. Continuous manufacturing of a light-textured fresh cheese by dispersion of a gas phase. I. Influence of process parameters. *J. Food Eng.* 77, 1–13.

Summary. The aim of the study was to determine the rheological, textural and sensory properties of aerated tvarog cheeses. The content of the air fraction and viscosity determined using an ultrasound viscometer were evaluated. Small-strain rheology, texture profile analysis and sensory analysis were performed. Aerated tvarog cheeses behaved like weak gels. More aerated cheese was characterized by lower viscosity, lower values of storage modulus and these values were correlated. The increase in the air content caused a decrease in cohesiveness and adhesiveness measured by texture profile analysis. Texture parameters determined using the texture profile analysis were consistent with the parameters obtained using the sensory analysis.

Key words: cheese, tvarog, rheology, texture, sensory analysis