

RYSZARD ŻYWICA, JOANNA K. BANACH, DOROTA G. CHARZYŃSKA,
BOGUSŁAW STANIEWSKI

WPLYW DODATKU OLEJU SŁONECZNIKOWEGO NA WŁAŚCIWOŚCI PRZEWODNOŚCIOWE MIKSÓW TŁUSZCZOWYCH

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań, których celem było określenie wpływu dodatku oleju słonecznikowego (10, 20, 30, 40 %) i częstotliwości napięcia pomiarowego (20 Hz - 2 MHz) na zmiany przewodnictwa elektrycznego masła i miksów tłuszczowych.

Największe tempo zmian parametrów przewodnościowych (admitancji, konduktancji, impedancji, rezystancji) masła oraz miksów tłuszczowych stwierdzono w zakresie częstotliwości od 20 do 100 Hz. Wartości tych parametrów zmieniały się w zakresie od ok. 5,5 do ok. 107 % wraz ze wzrostem udziału oleju słonecznikowego. Największy zakres zmian, w wyżej wymienionym przedziale częstotliwości, dotyczył konduktancji i admitancji. Wraz ze zwiększaniem udziału oleju w maśle wartość konduktancji miksów zmieniała się od ok. 7 do ok. 107 %, a admitancji od ok. 5,5 do ok. 40 %. Uzyskano również statystycznie istotne różnice ($p \leq 0,01$, $p \leq 0,05$) między wartościami admitancji miksów o różnej zawartości oleju słonecznikowego oraz masła. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że dalsze badania nad określaniem zawartości oleju słonecznikowego w miksach tłuszczowych i wykrywaniem ich zafałszowań powinny koncentrować się na pomiarach admitancji i konduktancji.

Słowa kluczowe: masło, olej słonecznikowy, miksy tłuszczowe, parametry przewodnościowe

Wprowadzenie

Masło jest jednym z ważniejszych produktów mleczarskich. Zgodnie z wymaganiami Komisji Kodeksu Żywnościowego FAO/WHO, masło jest produktem wysokotłuszczowym otrzymywanym wyłącznie z mleka krowiego. Skład masła charakteryzuje się takim samym składem jak mleko, tylko występującym w innych proporcjach. W porównaniu z mlekiem, w maśle występuje większa koncentracja tłuszczu mleko-

Prof. dr hab. inż. R. Żywica, dr inż. J. K. Banach, mgr inż. D. G. Charzyńska, Katedra Towaroznawstwa Przemysłowego, Podstaw Techniki oraz Gospodarki Energią, pl. Cieszyński 1, dr hab. inż. B. Staniewski, prof. UWM, Katedra Mleczarstwa i Zarządzania Jakością, Wydz. Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Oczapowskiego 7, 10-719 Olsztyn

wego (ok. 85 %) i zawartych w nim witamin oraz mniejsza zawartość takich składników, jak: woda, białko, laktoza i sole mineralne. Pod względem fizycznym masło jest emulsją typu woda w oleju, składającym się z trzech faz: tłuszczowej, wodnej i gazowej. Fazę ciągłą stanowi tłuszcz mleczny, rozproszoną: kuleczki tłuszczowe, krople fazy wodnej oraz pęcherzyki powietrza [20].

Masło jest cennym źródłem rozpuszczalnych w tłuszczach, najlepiej przyswajalnych form witamin A i E oraz przyswajalnej w niewielkim stopniu witaminy D. Jest również źródłem łatwo dostępnej energii, potrzebnej do prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka [3]. Równocześnie ze względu na dużą zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych i małą zawartość kwasów nienasyconych oraz wysoki poziom cholesterolu w tłuszczu mlekowym, uważa się, że masło jest czynnikiem ryzyka w chorobach układu sercowo-naczyniowego [4, 15]. Do niekorzystnych cech masła zalicza się stosunkowo dużą twardość w niskiej temperaturze, co jest przyczyną słabej smarowności bezpośrednio po jego wyjęciu z chłodziarki [7, 16]. Dlatego zakłady mleczarskie zaczęły produkować produkty masłopodobne o zmodyfikowanej fazie tłuszczowej. Zawartość tłuszczu mlekowego jest zmniejszana przez dodatek olejów roślinnych (np. słonecznikowego, rzepakowego, sojowego, palmowego) [19]. Dodatek olejów roślinnych w procesie produkcji masła prowadzi do zmian w proporcji kwasów nasyconych do niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT) oraz wpływa na poprawę jego smarowności [15, 20]. Zastępowanie tłuszczu mlekowego tłuszczami roślinnymi nie zawsze jest związane z poprawą walorów smakowych, zdrowotnych czy użytkowych masła, podyktowane jest często względami ekonomicznymi. Producenci i przetwórcy wykorzystując fakt, że cena tłuszczu roślinnego jest kilkakrotnie niższa od tłuszczu mlekowego zaczęli coraz częściej zastępować tłuszcz mlekowy tłuszczem roślinnym, wprowadzając w błąd konsumenta co do autentyczności składu produktu [8, 12].

Do tradycyjnych metod analitycznych oceny zawartości poszczególnych rodzajów tłuszczów występujących w produktach spożywczych jest stosowana chromatografia gazowa i cieczowa [5, 12]. Ze względu na duży koszt odczynników oraz czasochłonność i pracochłonność zaczęto poszukiwać szybszych i tańszych metod z zachowaniem powtarzalności i dokładności wyników. W ostatnich latach coraz częściej do badań produktów żywnościowych wykorzystuje się ich właściwości elektryczne. Badania właściwości elektrycznych tych produktów polegają głównie na pomiarach takich parametrów, jak: impedancja, rezystancja, admitancja i konduktancja [23, 24].

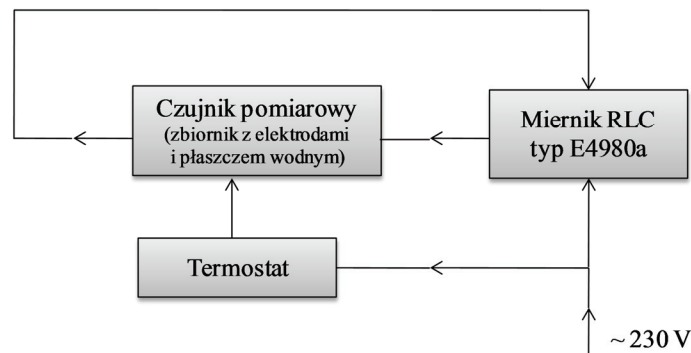
Wyżej wymienione parametry elektryczne pozwalają na: odróżnienie mleka pełnego od mleka odtłuszczonego [11], określenie stopnia zmian składników mleka podczas procesu homogenizacji [1], wykrywanie zafałszowań mleka wodą [2, 10, 21] lub olejem rafinowanym [14] oraz określania składu chemicznego, świeżości i jakości mleka w procesach przechowywania [10, 22, 23]. Metody polegające na pomiarach

parametrów elektrycznych pozwalają również na wykrywanie obecności drobnoustrojów chorobotwórczych, w tym wykrywanie mleka pochodzącego od krów chorych na *mastitis* [13] czy substancji hamujących w mleku [9]. Stosowane są także do badań nad stopniem ukwaszenia mlecznych napojów fermentowanych [17] oraz do oceny jakości dodawanego koncentratu partykułowanych białek serwatkowych do mleka serowarskiego [18].

Na podstawie wyników badań zamieszczonych w dostępnym piśmiennictwie i wyników badań własnych założono, że obecność oleju roślinnego w mleku i produktach mleczarskich powoduje zmianę ich składu chemicznego oraz zmianę koncentracji poszczególnych składników przewodzących prąd elektryczny i postawiono hipotezę, że obecność oleju roślinnego w miksach tłuszczowych wpływa na ich właściwości elektryczne. Biorąc zatem pod uwagę powyższą hipotezę przeprowadzono badania mające na celu określenie wpływu dodatku oleju słonecznikowego i częstotliwości napięcia pomiarowego na zmiany przewodnictwa elektrycznego masła i miksów tłuszczowych, charakteryzowane za pomocą najczęściej stosowanych do tego celu parametrów: impedancji, admitancji, rezystancji oraz konduktancji.

Material i metody badań

Material do badań stanowiło masło i olej słonecznikowy zakupione w placówkach handlu detalicznego. Miksy tłuszczowe ($n = 3$) uzyskano w procesie miksowania masła z olejem słonecznikowym, odpowiednio w następujących proporcjach masowych [%]: 90/10, 80/20, 70/30 i 60/40. Próbę kontrolną stanowiło masło o zawartości tłuszczu mlekowego 82 %. Masło i miksy tłuszczowe po doprowadzeniu do postaci płynnej (ok. 40 °C) nalewano do zbiorników szklanych (własnej konstrukcji) z dwiema elektrodami płytkowymi, wykonanymi ze stali kwasoodpornej, zamontowanymi przylegająco do dwóch przeciwległych (o większej powierzchni) ścian zbiornika, w ilości ok. 300 g. Powierzchnia elektrod wynosiła 67,5 cm², odległość między nimi wynosiła 5 cm. Zbiorniki z próbkami wstawiano do komory klimatyzacyjnej firmy Memmert o temperaturze powietrza 40 °C na 24 h. Pomiary parametrów elektrycznych masła i miksów tłuszczowych wykonywano za pomocą miernika LCR firmy Agilent typu E4980a. Badane próby umieszczano w zbiorniku z płaszczem wodnym o obiegu zamkniętym, który był podłączony do termostatu o temperaturze wody 40 °C. Układ miernik – termostat łączono za pomocą przystawki pomiarowej będącej na wyposażeniu miernika (rys. 1). Pomiary parametrów elektrycznych wykonywano w układzie równoległym: admitancji (Y) i konduktancji (G) oraz w układzie szeregowym: impedancji (Z) i rezystancji (R) w zakresie częstotliwości od 20 Hz do 2 MHz, przy napięciu pomiarowym 200 mV. Pomiary parametrów elektrycznych każdej próby wykonano w trzech powtórzeniach.



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego do badania przewodnictwa elektrycznego masła i miksów tłuszczowych.

Fig. 1. Diagram of measurement system to examine electric conductivity of butter and fat mixes.

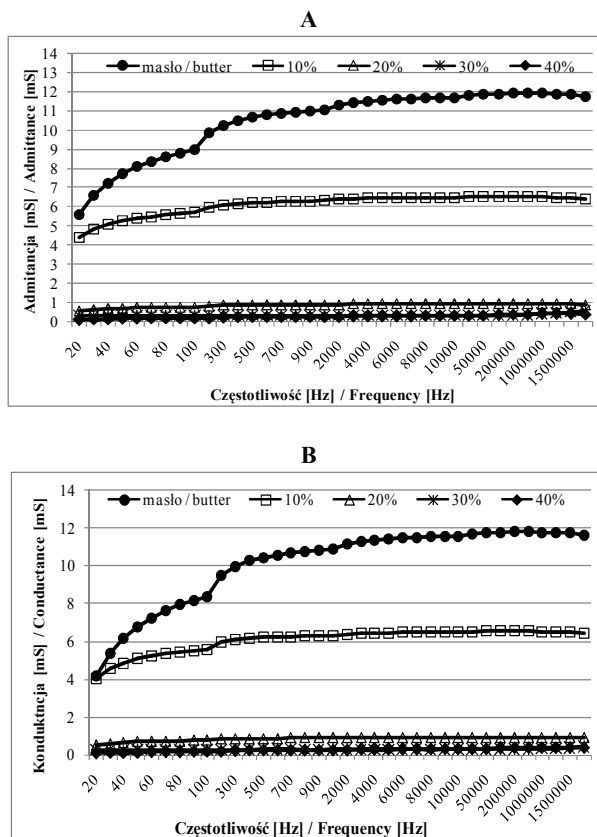
Analizę statystyczną uzyskanych wyników pomiarów parametrów elektrycznych masła i miksów tłuszczowych przeprowadzono za pomocą programu Statistica 8.0., wykonując 1- i 2-czynnikową analizę wariacji ANOVA.

Wyniki i dyskusja

Wyniki pomiarów parametrów elektrycznych w równoległym i szeregowym układzie pomiarowym w zależności od częstotliwości napięcia pomiarowego wykazały, że ich wartości uzyskane w wyniku pomiarów zarówno masła, jak i miksów tłuszczowych zmieniały się wraz ze wzrostem częstotliwości. Największe tempo zmian mierzonych parametrów zaobserwowano w zakresie częstotliwości od 20 do 100 Hz.

Równoległy układ pomiarowy

W zakresie częstotliwości od 20 do 100 Hz średnie wartości admitancji (Y) oraz konduktancji (G) masła były największe i zwiększały się wraz ze wzrostem częstotliwości napięcia pomiarowego odpowiednio: od 5,59 do 8,99 mS, tj. o ok. 61 % oraz od 4,20 do 8,39 mS, tj. o ok. 99 %. Średnie wartości Y oraz G miksów tłuszczowych z dodatkiem 10 % oleju słonecznikowego również zwiększały się odpowiednio: od 4,41 do 5,70 mS, tj. o ok. 29 % oraz od 4,04 do 5,60 mS, tj. o ok. 38 %. W przypadku próby z dodatkiem 20 % oleju średnie wartości Y oraz G zwiększyły się od 0,60 do 0,79 mS, tj. o ok. 32 % oraz od 0,55 do 0,77 mS, tj. o ok. 41 %. Średnie wartości Y oraz G prób z dodatkiem 30 i 40 % oleju zwiększyły się od 0,30 do 0,33 mS, tj. o ok. 9 % oraz od 0,26 do 0,27 mS, tj. o ok. 7 % i od 0,12 do 0,20 mS, tj. o ok. 67 % oraz od 0,09 do 0,19 mS, tj. o ok. 107 % (rys. 2A, 2B).



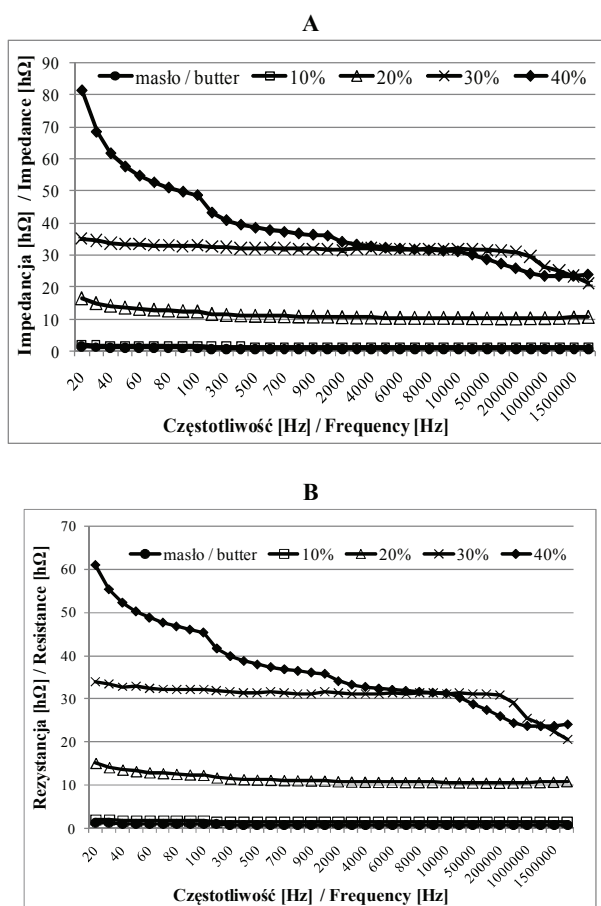
Rys. 2. Zmiany wartości admitancji (A) i konduktancji (B) masła i miks tłuszczowego z dodatkiem oleju słonecznikowego w funkcji częstotliwości napięcia pomiarowego.

Fig. 2. Changes in admittance (A) and conductance (B) values of butter and fat mix with addition of sunflower oil as a function of changes in frequency of measuring (rated) voltage.

Szeregowy układ pomiarowy

W zakresie częstotliwości od 20 do 100 Hz największym tempem zmian impedancji (Z) oraz rezystancji (R) charakteryzował się miks tłuszczowy z dodatkiem 40 % oleju słonecznikowego. Wartości średnie wyżej wymienionych parametrów były również największe i wraz ze wzrostem częstotliwości napięcia pomiarowego zmniejszały się odpowiednio od 81,52 do 48,87 $\text{h}\Omega$, tj. o ok. 40 % oraz od 60,89 do 45,29 $\text{h}\Omega$, tj. o ok. 26 %. Najmniejszymi wartościami średnimi Z oraz R w tym przedziale częstotliwości charakteryzowało się masło, przy czym tempo zmian Z oraz R masła było mniejsze od tempa zmian próby z dodatkiem 40 % oleju o ok. 3 %. Wartości średnie Z oraz R masła zmniejszyły się od 1,77 do 1,10 $\text{h}\Omega$, tj. o ok. 38 % oraz od 1,34 do 1,04 $\text{h}\Omega$, tj. o ok. 23 %. Najmniejszym tempem zmian w zakresie częstotliwości od

20 do 100 Hz, charakteryzowała się próba z dodatkiem 30 % oleju słonecznikowego. Wartości średnie Z i R zmniejszyły się od 35,14 do 33,19 $h\Omega$, tj. o ok. 5,5 % i od 34,02 do 32,09 $h\Omega$, tj. o ok. 6 % . Wartości średnie Z i R prób z dodatkiem 10 oraz 20 % oleju zmniejszyły się odpowiednio: od 2,26 do 1,75 $h\Omega$, tj. o ok. 22 % i od 2,08 do 1,72 $h\Omega$, tj. o ok. 17 % oraz od 16,56 do 12,57 $h\Omega$, tj. o ok. 24 % i od 15,15 do 12,31 $h\Omega$, tj. o ok. 19 % (rys. 3A, 3B).



Rys. 3. Zmiany wartości impedancji (A) i rezystancji (B) masła i miksów tłuszczowych z dodatkiem oleju słonecznikowego w funkcji częstotliwości napięcia pomiarowego

Fig. 3. Changes in impedance (A) and resistance (B) values of butter and fat mix with addition of sunflower oil as a function of changes in frequency of measuring (rated) voltage

Wyniki pomiarów parametrów przewodnościowych (Y , G , Z , R) masła oraz miksów tłuszczowych wykazały, że ich wartości zmieniały się w zakresie od ok. 5,5 % do ok. 107 %, w tym wartości admitancji zmieniały się w zakresie od ok. 9 % do ok. 67 %

(rys. 2A), wartości konduktancji w zakresie od ok. 7 % do ok. 107 % (rys. 2B), wartości impedancji w zakresie od ok. 5,5 % do ok. 40 % (rys. 3A), a wartości rezystancji w zakresie od ok. 6 % do ok. 26 % (rys. 3B). Największa zmiana dotyczyła wartości konduktancji miksu z dodatkiem 40 % oleju słonecznikowego, która wynosiła ok. 107 %. Najmniejsza natomiast (ok. 5,5 %) odnosiła się do impedancji miksu z dodatkiem 30 % oleju.

Analiza statystyczna wyników pomiarów parametrów elektrycznych masła oraz mieszków tłuszczowych w zależności od procentowego udziału w nich oleju słonecznikowego w zakresie częstotliwości od 300 Hz do 2 MHz wykazała, że na poziomie istotności $p \leq 0,01$ istnieją statystyczne różnice między wartościami impedancji, rezystancji, admitancji i konduktancji masła a wartościami tych parametrów mieszków tłuszczowych o zawartości 10 % oleju słonecznikowego oraz między wartościami wymienionych wyżej parametrów mieszków o zawartości 10 i 20 oraz 20 i 30 % oleju słonecznikowego. Istotne różnice ($p \leq 0,05$) między wartościami analizowanych parametrów mieszków o zawartości 30 i 40 % oleju stwierdzono tylko w przypadku admitancji (tab. 1, 2).

W dostępnym piśmiennictwie brak jest wyników badań z zakresu wpływu dodatku oleju roślinnego na zmiany właściwości elektrycznych mieszków tłuszczowych, więc nie można przeprowadzić analizy porównawczej uzyskanych wyników z wynikami badań innych autorów. Przeprowadzona analiza wewnętrzna zamieszczonych w pracy wyników badań wykazała wyraźnie, że największe różnice uzyskano między wartościami admitancji i konduktancji masła, a wartościami tych parametrów mieszków o zawartości 10 % oleju słonecznikowego oraz między wartościami admitancji i konduktancji mieszków o zawartości 10 % oleju, a wartościami tych parametrów mieszków o zawartości 20 % oleju słonecznikowego. Dalszy wzrost zawartości oleju w mieszkach nie powodował już tak dużego wzrostu wartości ich admitancji i konduktancji. Różnice powyższe uwidoczniły się najbardziej przy częstotliwościach wyższych od 300 Hz (rys. 2A, 2B).

Wyniki pomiarów impedancji i rezystancji wykazały natomiast, że największe różnice uzyskano między wartościami tych parametrów miksu o zawartości 40 % oleju a wartościami impedancji i rezystancji miksu o zawartości 30 % oleju oraz między próbkami o 30 a 20 % i 20 a 10 % zawartości oleju słonecznikowego. Najmniejsze różnice stwierdzono między wartościami impedancji i rezystancji miksu o 10 % udziale oleju a wartościami impedancji i rezystancji masła. Różnice powyższe najbardziej uwidoczniły się w zakresie częstotliwości od 20 do 300 Hz.

T a b e l a 1

Analiza statystyczna wyników pomiarów admittance i konduktancji masła oraz miksów tłuszczowych z dodatkiem oleju słonecznikowego, w funkcji częstotliwości napięcia pomiarowego.
 Statistical analysis of measurement results of admittance and conductance of butter and fat mixes with addition of sunflower oil as a function of measuring (rated) voltage frequency.

Materiał doświadczalny / Miry statystyczne Experimental group / Statistical measures	Admittance [mS] / Admittance [mS]						Konduktancja [mS] / Conductance [mS]													
	masło		10 %	20 %	30 %	40 %	masło		10 %	20 %	30 %	40 %								
	\bar{x}	s SD	\bar{x}	s SD	\bar{x}	s SD	\bar{x}	s SD	\bar{x}	s SD	\bar{x}	s SD								
	11,43	0,50	6,42	0,12	0,92	0,02	0,36	0,06	0,32	0,06	11,26	0,53	6,41	0,13	0,92	0,03	0,30	0,03	0,32	0,059
Masło Butter	-	-	**	**	**	**	**	**	**	**	-	-	**	**	**	**	**	**	**	**
10 %	-	-	-	-	**	**	**	**	**	**	-	-	-	-	**	**	**	**	**	**
20 %	-	-	-	-	-	-	**	**	**	**	-	-	-	-	-	-	**	**	**	**
30 %	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NS

Objaśnienia: / Explanatory notes:

\bar{x} – wartość średnia / mean value; s – odchylenie standardowe / SD – standard deviation; ** – różnice statystycznie istotne na poziomie $p \leq 0,01$ / statistically significant differences at $p \leq 0,01$; * – różnice statystycznie istotne na poziomie $p \leq 0,05$ / statistically significant differences at $p \leq 0,05$; NS – brak istotnych różnic / no significant differences.

Tabela 2

Analiza statystyczna wyników pomiarów impedancji i rezystancji masła oraz miksów tłuszczowych z dodatkiem oleju słonecznikowego, w funkcji częstotliwości napięcia pomiarowego.
 Statistical analysis of measurement results of impedance and resistance of butter and fat mixes with addition of sunflower oil as a function of measuring (rated) voltage frequency.

Materiał doświadczalny / Miary statystyczne Experimental group / Statistical measure	Impedancja [hΩ] / Impedance [hΩ]												Rezystancja [hΩ] / Resistance [hΩ]																	
	masło/butter			10 %			20 %			30 %			40 %			masło/butter			10 %			20 %			30 %			40 %		
	\bar{x}	s SD		\bar{x}	s SD		\bar{x}	s SD		\bar{x}	s SD		\bar{x}	s SD		\bar{x}	s SD		\bar{x}	s SD		\bar{x}	s SD		\bar{x}	s SD				
Masło Butter	0,86	0,04		1,56	0,03		10,82	0,30		30,66	2,99		31,85	5,36		0,86	0,03		1,56	0,03		10,80	0,28		30,00	3,09		31,55	5,09	
10 %	-			**			**			**			**			-			**			**			**			**		
20 %	-			-			**			**			**			-			-			**			**			**		
30 %	-			-			-			-			-			-			-			-			-			-	NS	

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

Częściowym wyjaśnieniem tak dużej różnicy w wartościach admitancji i konduktancji miksów o zawartości 10 i 20 % oleju, a także w wartościach impedancji i rezystancji miksów o zawartości 40, 30 i 20 % oleju w porównaniu z wartościami tych parametrów miksów o innym udziale oleju słonecznikowego jest prawdopodobnie występujący przy tego typu mieszaninach brak ścisłej proporcjonalności zmian badanych różnych właściwości fizycznych przy praktycznie proporcjonalnych zmianach składu kwasów tłuszczowych (np. proporcjonalny wzrost udziału kwasów nienasyconych przy wzroście udziału oleju słonecznikowego w mieszaninie) oraz składu triacylogliceroli. Z prowadzonych w tym zakresie badań wynika również, że największe zmiany właściwości fizycznych mieszanin tłuszczu mlekowego z olejami roślinnymi występują najczęściej między 10 i 20 % udziałem olejów [6].

W celu pełnego wyjaśnienia różnic między wartościami parametrów elektrycznych należy przeprowadzić dalsze badania nad określeniem wpływu dodatku oleju słonecznikowego, przede wszystkim na zmiany admitancji i konduktancji masła oraz miksów tłuszczowych przy zmniejszonym zakresie udziału oleju słonecznikowego (np. do 20 %) i zwiększonej liczbie próbek (co 5, a nawet co 3 %).

Wnioski

1. Największe tempo zmian parametrów elektrycznych uzyskano w wyniku pomiarów admitancji i konduktancji masła bez dodatku oleju oraz w wyniku pomiarów impedancji i rezystancji miksów tłuszczowych z dodatkiem 40 % oleju słonecznikowego, w przedziale częstotliwości od 20 do 100 Hz.
2. Największe zmiany admitancji i konduktancji miksów tłuszczowych wraz ze wzrostem procentowego udziału oleju słonecznikowego oraz największe różnice między wartościami tych parametrów miksów o zawartości 10 i 20 % oleju wskazują na największą przydatność admitancji i konduktancji do dalszych badań nad określeniem zawartości oleju słonecznikowego w miksach tłuszczowych i wykrywaniem ewentualnych zafałszowań masła, zwłaszcza przy zróżnicowanym dodatku oleju (do 20 %).

Literatura

- [1] Banach J., K., Żywica R., Kielczewska K.: Effect of homogenization on milk conductance properties. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2008, **58**, 107-111.
- [2] Banach J.K., Żywica R., Szpendowski J., Kielczewska K.: Possibilities of using electrical parameters of milk for assessing its adulteration with water. *Int. J. Food Prop.*, 2012, w druku.
- [3] Cichosz G.: Prozdrowotne właściwości tłuszczu mlekowego. *Przegl. Mlecz.*, 2007, **5**, 4-8.
- [4] Cichosz G.: Zdrowotne skutki substytucji tłuszczu mlekowego olejami roślinnymi. *Przegl. Mlecz.*, 2007, **12**, 4-9.

- [5] Destailats F., Wispelaere M., Joffre F., Golay P., Huga B., Giuffrida F., Fauconnot L., Dionisi F.: Authenticity of milk fat by fast analysis of triacylglycerols. Application to the detection of partially hydrogenated vegetable oils. *J. Chromatogr.*, 2006, **1131**, 227-234.
- [6] Fox P.F., McSweeney P.L.H.: *Advanced Dairy Chemistry – 2. Lipids*. Springer Science-Business Media, Inc., New York, USA, 2006.
- [7] Juśkiewicz M., Kiszka J., Staniewski B.: Wybrane cechy fizykochemiczne mieszanin tłuszczu mlekowego z olejami roślinnymi. *Acta Acad. Agric. Techn. Olst.*, 1993, **25**, 37-49.
- [8] Koca N., Kocaoglu-Vurma N.A., Harper W.J., Rodriguez-Saona L.E.: Application of temperature-controlled attenuated total reflectance-mid-infrared (ATR-MIR) spectroscopy for rapid estimation of butter adulteration. *Food Chem.*, 2010, **121**, 778-782.
- [9] Łobacz A., Kowalik J., Ziajka S.: Wykorzystanie zjawiska impedancji w mikrobiologii i higienie żywności. *Med. Wet.*, 2008, **68 (8)**, 966-968.
- [10] Mabrook M. F., Petty M.C.: A novel technique for the detection of added water to full fat milk using single frequency admittance measurements. *Sensor Actuator B*, 2003, **96**, 215-218.
- [11] Marcinowska M., Żywica R., Kielczewska K., Czerniewicz M.: Study of conductivity and capacity properties of full fat and skim milk. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2004, **2 Supp.**, 129-134.
- [12] Nogala-Kałucka M., Pikul J., Siger A.: Zastosowanie chromatografii cieczowej w badaniach autentyczności masła. *Żywność. Nauka. Technologia Jakość*, 2008, **3 (58)**, 47-56.
- [13] Norberg E.: Electrical conductivity of milk as phenotypic and genetic indicator of bovine mastitis: A review. *Livestock Production Science*, 2005, **96**, 129-139.
- [14] Sadat A., Mustajab P., Khan I.A.: Determining the adulteration of natural milk with synthetic milk using ac conductance measurement. *J. Food Eng.*, 2006, **77**, 472-477.
- [15] Smoczyński S., Borejszo Z., Żegarska Z., Paszczyk B.: Tłuszcze roślinne i zwierzęce. W: *Innowacyjność w kształtowaniu jakości wyrobów i usług*. Red. J. Żuchowski. Inst. Technol. Eksploatacji PIB, Radom 2006, ss. 762-763.
- [16] Staniewska K., Staniewski B.: Towaroznawcza ocena autentyczności wybranej grupy tłuszczów stołowych dostępnych na rynku Olsztyńskim. Red. J. Żuchowski. Inst. Technol. Eksploatacji PIB, Radom 2008, ss. 94-101.
- [17] ST-Gelais D., Champagne C. P.: The use of electrical conductivity to follow acidification of dairy blends. *Int. Dairy J.*, 1995, **5**, 427-438.
- [18] Szymański E., Szpendowski J., Żywica R., Banach J.K.: Wpływ dodatku koncentratu partykułowanych białek serwatkowych do mleka serowarskiego na jego właściwości elektryczne. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **1 (68)**, 58 - 70.
- [19] Zander Z., Zander L., Wasilewski R.: Technika i technologia wyrobu masła z dodatkiem oleju roślinnego. *Przegl. Mlecz.*, 2000, **3**, 75-77.
- [20] Ziajka S.: *Mleczarstwo – zagadnienia wybrane*. Wyd. ART, Olsztyn 1997, ss. 106-112.
- [21] Żywica R., Banach J.K., Szpendowski J., Kielczewska K.: Application of conductance properties of raw milk for the evaluation of the degree of its dilution. In: *Current Trends In Commodity Science. Food Safety – pod red. M. Małecka i U. Samotyja*. Zesz. Nauk. UE Poznań, 2010, **147**, 71-78.
- [22] Żywica R., Budny J.: Changes of selected physical and chemical parameters of raw milk during storage. *Czech J. Food Sci.*, 2000, **245**, 241-242.
- [23] Żywica R., Kielczewska K., Kruk A., Marcinowska M.: Wpływ temperatury i czasu przechowywania na zmiany właściwości elektrycznych mleka surowego. *Przegl. Mlecz.*, 2002, **6**, 268-271.
- [24] Żywica R.: Zjawiska elektryczne w produkcji i towaroznawczej ocenie jakości mięsa. Wyd. UWM w Olsztynie, 2010, ss. 54-56.

EFFECT OF SUNFLOWER OIL ADDITION ON CONDUCTANCE PROPERTIES OF FAT MIXES

S u m m a r y

In the paper, the results were presented of a research the objective of which was to determine the effect of sunflower oil addition (10, 20, 30, 40 %) and measuring (rated) voltage frequency (20 Hz – 2 MHz) on the electric conductivity changes in butter and fat mixes.

The highest rate of changes in the conductance parameters (admittance, conductance, impedance, and resistance) of butter and fat mixes were found in the frequency range from 20 to 100 Hz. The values of those parameters varied in the range from ca. 5.5. to 107 % along with the increasing content of sunflower oil. The highest changes in the above named frequency range referred to the conductance and admittance. With the increasing content of oil in butter, the conductance values of fat mixes varied from ca. 7 to 107%, and the admittance values from ca. 5.5 to 40%. Also, statistically significant differences ($\alpha \leq 0.01$; $\alpha \leq 0.05$) were found between the admittance values of fat mixes with various contents of sunflower oil and of butter. On the basis of the results obtained, it was concluded that further analyses to determine the sunflower oil content in fat mixes and to detect adulteration thereof should be focused on the measurements of admittance and conductance.

Key words: butter, sunflower oil, fat mixes, conductance parameters ☒