

ELEKTRYCZNE WŁAŚCIWOŚCI PRZEWODNOŚCIOWE TŁUSZCZÓW ROŚLINNYCH

Celem badań było określenie właściwości przewodnościowych (impedancji i admitancji) wybranych tłuszczów roślinnych (1 oliwa, 13 olejów) dostępnych na rynku lokalnym oraz obliczenie na ich podstawie wielkości właściwych. Uzyskane różnice między wartościami impedancji badanych tłuszczów – rzędu $10^3 \Omega$, pozwoliły na wyodrębnienie dwóch grup tłuszczów pod względem ich właściwości przewodnościowych. Największymi i istotnie różniącymi się wartościami impedancji, w porównaniu do pozostałych 11 olejów, charakteryzowały się: oliwa z oliwek, olej ryżowy oraz olej z pestek winogron. W ramach drugiej grupy olejów istotne różnice uzyskano między wartościami impedancji oleju sezamowego w porównaniu do impedancji większości (7/10) badanych olejów.

Słowa kluczowe: oleje roślinne, właściwości elektryczne, różnicowanie olejów.

WSTĘP

Oleje roślinne, ze względu na dużą zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych oraz rozpuszczalnych w nich witamin, stanowią ważną grupę produktów codziennej diety człowieka. Wzrost świadomości społeczeństwa w zakresie zdrowego żywienia spowodował wzrost spożycia tłuszczów roślinnych, czego konsekwencją było zwiększenie ich produkcji oraz rozszerzenie asortymentu. Do najczęściej spożywanych olejów roślinnych w Polsce należą: olej rzepakowy, słonecznikowy i lniany, a także oliwa z oliwek, która jest najczęściej fałszowana w tej grupie produktów spożywczych. Zastępowanie części oliwy olejem tańszym bądź gorszej jakości niż deklarowana są to dość częste praktyki producentów. Stanowią one nie tylko nieuczciwą konkurencję, ale również wprowadzają w błąd konsumenta, który kupuje produkt za cenę nieadekwatną do jego wartości [3, 4, 15].

Wykrywanie zafałszowań produktów spożywczych wymaga często wielu nakładów finansowych, wykwalifikowanej kadry oraz czasu i specjalistycznego sprzętu. Do metod sprawdzania autentyczności olejów zalicza się metody fizykochemiczne, immunologiczne, biologiczne, chromatograficzne, izotopowe, spektralne, a także metody z zastosowaniem elektronicznego nosa [4, 10]. Pomimo tak szerokiego wachlarza metod wykrywania zafałszowań olejów uzasadnione jest poszukiwanie kolejnych innowacyjnych, szybszych, mniej kosztownych i jeszcze bardziej precyzyjnych metod o szerokim spektrum stosowania.

W literaturze przedmiotu coraz częściej dostrzec można badania, dotyczące właściwości elektrycznych produktów spożywczych i wykorzystania ich do oceny: zafałszowań mleka wodą [2] oraz mleka naturalnego mlekiem syntetycznym [13], rozróżniania mleka pełnego od odtłuszczonego [11], wykrywania mleka pochodzącego od krów chorych na mastitis [12], a także do określenia jakości i świeżości mleka w procesach przechowywania [9]. Właściwości elektryczne znalazły swoje zastosowanie również do szybkiego rozróżniania miódów, jak i wykrywania ich zafałszowań [8]. Ponadto, stosując metodę dielektrycznej spektroskopii, można określić zafałszowania oliwy z oliwek olejami z soi, kukurydzy, rzepaku i sezamu [6]. Wyniki badań własnych wskazują na możliwość wykorzystania pomiarów parametrów elektrycznych do wykrywania dodatku olejów roślinnych w miksach tłuszczowych [1, 16].

Szerokie zastosowanie właściwości elektrycznych w różnych branżach przemysłu spożywczego oraz brak w dostępnej literaturze przedmiotu danych, dotyczących elektrycznych właściwości przewodnościowych olejów roślinnych, stanowiły podstawę do przeprowadzenia badań w tym zakresie.

1. CEL BADAŃ

Celem badań było określenie właściwości przewodnościowych (impedancji i admitancji) wybranych tłuszczów roślinnych dostępnych na rynku lokalnym oraz obliczenie na ich podstawie wielkości właściwych.

2. MATERIAŁ DOŚWIADCZALNY I METODYKA BADAŃ

Materiał do badań stanowiły tłuszcze roślinne dostępne na rynku lokalnym: oliwa z oliwek extra virgine oraz 13 olejów: sojowy „Valsoia”; rzepakowy „Kujawski”; rzepakowy z olejami z siemienia lnianego i pszenicy „Kujawski 3 ziarna”; z rzepaku canola i owoców czerwonej palmy „Carotino”; słonecznikowy „Brölio”; sezamowy „Tao Tao”; kokosowy „House of Asia”; z pestek winogron; ryżowy „Olitalia” oraz z pestek dyni; kukurydziany; lniany; arachidowy „Oleofarm”.

Oleje nalewano do zbiorników szklanych z dwiema elektrodami płytkowymi, zamontowanymi przylegająco do dwóch przeciwległych ścian zbiornika. Zbiorniki z próbami wstawiano do komory klimatyzacyjnej firmy Memmert o temperaturze powietrza ok. 20°C na 24 h. Badane próby umieszczano w zbiorniku z płaszczem wodnym, podłączonym do termostatu o temperaturze wody 20 ± 0,1°C. Pomiarów parametrów elektrycznych impedancji (Z) i admitancji (Y) wykonywano miernikiem LCR firmy Agilent Technologies typu E4980a, w zakresie częstotliwości 20 Hz–2 MHz przy napięciu 200 mV. Na podstawie wyników pomiarów Z i Y, uzyskanych przy częstotliwościach pomiarowych 1 i 100 kHz, wykonano obliczenia impedancji właściwej (Z_w). Analizę statystyczną przeprowadzono za pomocą

programu MS Excel, wykonując analizę wariancji jednoczynnikowej przy poziomach istotności $p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$.

3. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Wyniki pomiarów i obliczeń olejów roślinnych (tab.1) wykazały, że impedancja właściwa oliwy z oliwek, oleju ryżowego i oleju z pestek winogron była zdecydowanie większa od impedancji właściwej pozostałych olejów, zmierzonej przy częstotliwościach 1 i 100 kHz. Największe (bardzo zbliżone) wartości impedancji uzyskano dla oleju ryżowego $6,27 \cdot 10^6 \Omega \cdot m$ i oleju z pestek winogron $6,26 \cdot 10^6 \Omega \cdot m$ przy częstotliwości 1 kHz oraz odpowiednio $6,29 \cdot 10^4$ i $6,28 \cdot 10^4 \Omega \cdot m$ przy częstotliwości 100 kHz.

W grupie olejów, w której uzyskano mniejsze wartości impedancji właściwej, największą jej wartość ($5,77 \cdot 10^5 \Omega \cdot m$) uzyskano dla oleju rzepakowego z olejami z siemienia lnianego i pszenicy, przy częstotliwości 1 kHz. Natomiast przy częstotliwości 100 kHz największą wartość impedancji właściwej w tej grupie charakteryzował się olej arachidowy – $1,72 \cdot 10^3 \Omega \cdot m$. Najmniejszymi wartościami impedancji charakteryzował się olej z pestek dyni zarówno przy częstotliwości 1 kHz ($1,56 \cdot 10^4 \Omega \cdot m$), jak i przy częstotliwości 100 kHz ($1,32 \cdot 10^3 \Omega \cdot m$).

Tabela 1. Wartości impedancji właściwej badanych tłuszczów roślinnych

Table 1. Values of specific impedance of the analyzed vegetable oils

Badany tłuszcz	Impedancja właściwa [$\Omega \cdot m$]			
	1 kHz		100 kHz	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
Oliwa z oliwek	$6,19 \cdot 10^6$	$2,65 \cdot 10^5$	$6,02 \cdot 10^4$	$5,57 \cdot 10^3$
Olej ryżowy	$6,27 \cdot 10^6$	$3,79 \cdot 10^4$	$6,29 \cdot 10^4$	$3,97 \cdot 10^2$
Olej z pestek winogron	$6,26 \cdot 10^6$	$1,59 \cdot 10^4$	$6,28 \cdot 10^4$	$1,63 \cdot 10^2$
Olej rzepakowy z olejami z siemienia lnianego i pszenicy	$5,77 \cdot 10^5$	$6,20 \cdot 10^5$	$1,61 \cdot 10^3$	$1,49 \cdot 10^2$
Olej arachidowy	$3,97 \cdot 10^5$	$4,13 \cdot 10^5$	$1,72 \cdot 10^3$	$3,79 \cdot 10^1$
Olej rzepakowy	$1,92 \cdot 10^4$	$1,84 \cdot 10^3$	$1,61 \cdot 10^3$	$1,49 \cdot 10^2$
Olej z pestek dyni	$1,56 \cdot 10^4$	$3,25 \cdot 10^3$	$1,32 \cdot 10^3$	$2,65 \cdot 10^2$
Olej z rzepaku canola i owoców czerwonej palmy	$1,80 \cdot 10^4$	$2,00 \cdot 10^3$	$1,56 \cdot 10^3$	$3,59 \cdot 10^2$
Olej sojowy	$2,02 \cdot 10^4$	$1,44 \cdot 10^3$	$1,41 \cdot 10^3$	$3,53 \cdot 10^2$
Olej lniany	$2,30 \cdot 10^4$	$2,99 \cdot 10^3$	$1,54 \cdot 10^3$	$6,27 \cdot 10^2$
Olej kukurydziany	$1,95 \cdot 10^4$	$5,57 \cdot 10^3$	$1,53 \cdot 10^3$	$3,07 \cdot 10^2$
Olej sezamowy	$2,29 \cdot 10^4$	$2,06 \cdot 10^3$	$1,86 \cdot 10^3$	$1,85 \cdot 10^2$
Olej słonecznikowy	$2,28 \cdot 10^4$	$3,44 \cdot 10^3$	$1,89 \cdot 10^3$	$2,71 \cdot 10^2$
Olej kokosowy	$2,28 \cdot 10^4$	$4,48 \cdot 10^3$	$1,49 \cdot 10^3$	$2,24 \cdot 10^2$

Objaśnienia: /Explanatory notes: $\bar{x}$ – wartość średnia (mean value); SD – odchylenie standardowe (standard deviation).

Tabela 2. Analiza statystyczna wyników pomiarów impedancji tłuszczów roślinnych zmierzonej przy częstotliwości 1 i 100 kHz

Table 2. Statistical analysis of results of specific impedance measurements of oils at frequencies of 1 and 100 kHz

Częstotliwość pomiarowa 1 kHz/100 kHz	Oliwa z oliwek	Olej ryżowy	Olej z pestek winogron	Olej słonecznikowy	Olej kokosowy	Olej rzepakowy + siemienia lnianego + pszenicy	Olej arachidowy	Olej rzepakowy	Olej z pestek dyni	Olej z rzepaku canola i owoców czerwonnej palmy	Olej sojowy	Olej lniany	Olej kukurydziany	Olej sezamowy
Oliwa z oliwek		NS	NS	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Olej ryżowy	NS		NS	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Olej z pestek winogron	NS	NS		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Olej słonecznikowy	**	**	**		NS	*	*	*	**	**	NS	NS	NS	NS
Olej kokosowy	**	**	**	**		*	*	NS	**	*	NS	NS	NS	NS
Olej rzepakowy + siemienia lnianego + pszenicy	**	**	**	NS	NS		NS	NS	NS	NS	NS	*	*	*
Olej arachidowy	**	**	**	NS	*	NS		*	*	*	*	NS	*	*
Olej rzepakowy	**	**	**	*	NS	NS	NS		*	NS	NS	*	NS	**
Olej z pestek dyni	**	**	**	**	NS	NS	**	*		NS	*	**	NS	**
Olej rzepaku canola i owoców czerwonnej palmy	**	**	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS		NS	**	NS	**
Olej sojowy	**	**	**	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS		*	NS	*
Olej lniany	**	**	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		NS	NS
Olej kukurydziany	**	**	**	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		NS
Olej sezamowy	**	**	**	NS	**	*	NS	*	**	*	**	NS	*	

Objaśnienia: / Explanatory notes:

** 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).

Analiza statystyczna wyników badań (tab. 2) wykazała, że istnieją istotne różnice na poziomie $p \leq 0,01$ między oliwą z oliwek, olejem ryżowym i olejem z pestek winogron a pozostałą grupą badanych olejów przy częstotliwości 1 i 100 kHz. Istotne różnice ($p \leq 0,01$ lub $p \leq 0,05$) uzyskano również między olejem sezamowym a większością pozostałych badanych olejów.

Oleje roślinne pod względem elektrycznym są dielektrykami polarnymi, w związku z czym do identyfikacji, oceny i kontroli jakości oraz zafałszowań tłuszczów jadalnych wykorzystywane są najczęściej takie parametry jak stała dielektryczna (ϵ') i współczynnik strat ϵ'' [5, 6, 14]. Lizhi i inni [7] stwierdzili, że ϵ' kwasów tłuszczowych zwiększa się ze wzrostem liczby podwójnych wiązań i długości łańcucha molekularnego, a na ϵ'' i ϵ' olejów największy wpływ mają głównie nienasycone kwasy tłuszczowe C_{18} . W dostępnej literaturze przedmiotowej nie znaleziono prac na temat wykorzystania właściwości elektrycznych przewodnościowych do identyfikacji i oceny jakości olejów roślinnych.

PODSUMOWANIE

Uzyskane różnice między wartościami impedancji badanych olejów – rzędu $10^3 \Omega$ – pozwoliły na wyodrębnienie dwóch grup olejów pod względem ich właściwości przewodnościowych. Największymi i istotnie różniącymi się wartościami impedancji, w porównaniu do pozostałych 11 olejów, charakteryzowały się: oliwa z oliwek, olej ryżowy oraz olej z pestek winogron. W ramach drugiej grupy olejów istotne różnice uzyskano między wartościami impedancji oleju sezamowego a wartościami impedancji większości (7/10) badanych olejów. Uzyskane wyniki badań wskazują, że na podstawie parametrów elektrycznych, impedancji i admittancji, można różnicować wybrane tłuszcze roślinne.

LITERATURA

1. Banach J.K., Żywica R., Nieradko I., Staniewski B., *Studies on determination of mathematical relationships between rapeseed oil content and electrical properties of butter and fat mixes*, Journal of Food Engineering, 2012, 112, s. 346–351.
2. Banach J.K., Żywica R., Szpendowski J., Kielczewska K., *Possibilities of using electrical parameters of milk for assessing its adulteration with water*, International Journal of Food Properties, 2012a, 15(2), s. 274–280.
3. Bartuzi K., *Oleje roślinne, charakterystyka i technologia wytwarzania*, Journal of NutriLife, 2012, 09, url:<http://www.NutriLife.pl/index.php?art=52> [dostęp: 06.05.2014].
4. Borowiec M., *Badanie autentyczności olejów roślinnych*, Journal of NutriLife, 2013, 05, url:<http://www.NutriLife.pl/index.php?art=103> [dostęp: 09.05.2014].
5. Carey A.A., Hayzen A.J., *The Dielectric Constant and Oil Analysis*, http://www.noria.com/learning_center/category_article.asp?articleid=226&relatedbookgroup=OilAnalysis, 2008, [dostęp: 24.11.2014].

6. Lizhi H., Toyada K., Ihara I., *Discrimination of olive oil adulterated with vegetable oils using dielectric spectroscopy*, Journal of Food Engineering, 2010, 96, s. 167–171.
7. Lizhi H.K., Toyoda I., Ihara I., *Dielectric properties of edible oils and fatty acids as a function of frequency, temperature, moisture and composition*, Journal of Food Engineering, 2008, 88, s. 151–158.
8. Łuczycza D., Szewczyk A., Pruski K., *Elektryczne techniki wykrywania zafałszowań miodu*, „Inżynieria Rolnicza”, 2011, nr 5(130), s. 165–169.
9. Mabrook M.F., Petty M.C., *Application of electrical admittance measurements to the quality control of milk*, Sensors and Actuators B, 2002, 84, s. 136–141.
10. Man Che Y.B., Gan H.L., NorAini I., Nazimah S.A.H., Tan C.P., *Detection of lard adulteration in RBD palm olein using an electronic nose*, Food Chemistry, 2005, 90, s. 829–835.
11. Marcinowska M., Żywica R., Kielczewska K., Czerniewicz M., *Study of conductivity and capacity properties of full fat and skim milk*, Polish Journal of Natural Sciences, 2004, 2, s. 129–134.
12. Norberg E., *Electrical conductivity of milk as phenotypic and genetic indicator of bovine mastitis*, Livestock Prod. Sci., 2005, 96, s. 129–139.
13. Sadat A., Mustajab P., Khan I.A., *Determining the adulteration of natural milk with synthetic milk using Ac conductance measurement*, Journal of Food Engineering, 2006, 77, s. 472–477.
14. Stier R.F., *Tests to monitor quality of deep-frying fats and oils*, European Journal of Lipid Science and Technology, 2004, 106, s. 766–771.
15. Śmiechowska M., *Selected problems of authentication and traceability of organic food*, Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2007, vol. 52(4), s. 80–88.
16. Żywica R., Zadroga I., Banach J.K., *Rozwój i bariery. Techniki elektryczne w wykrywaniu zafałszowań masła. Towaroznawstwo w XXI w., [w:] Rola innowacyjności w kształtowaniu jakości*, red. J. Żuchowski, R. Zieliński, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2012.

ELECTRICAL CONDUCTANCE PROPERTIES OF VEGETABLE OILS

Summary

This study was aimed at determining conductance properties (impedance and admittance) of selected vegetable oils (1 olive oil, 13 oils) available on the local market and at calculating specific values on their basis. Differences obtained in impedance values between the analyzed oils (in the order of $10^3 \Omega$) enabled discriminating 2 groups of oils according to their conductance properties. The highest and significantly different values of impedance were determined for olive oil, rice oil and grape stone oil, compared with the remaining 11 oils. In the second group of oils, significant differences were achieved in impedance values between sesame oil and most of the other examined oils (7/10).

Keywords: vegetable oils, electrical properties, differentiation of oils.