

doi:10.15199/48.2025.02.10

## Wpływ oddziaływania PEF na ilość fotonów w wybranych olejach spożywczych

**Streszczenie.** Pulsacyjne pole elektryczne (PEF) jest coraz powszechniej stosowane w badaniach nad rozwojem nowych technologii przemysłu spożywczego. PEF ma zastosowanie m.in. do: wspomaganie procesów ekstrakcji, suszenia, zamrażania oraz inaktywacji szkodliwych mikroorganizmów. Celem pracy była analiza wpływu oddziaływań pulsacyjnego pola elektrycznego o różnych parametrach na emisję fotonów z oleju rzepakowego i słonecznikowego. Ultra słaba luminescencja wydaje się być uzupełniającą metodą oceny jakości produktów spożywczych. Zawartość fotonów według różnych hipotez badawczych łączyć można z lepszym porządkowaniem przez taką żywność struktur i procesów w organizmie co przekłada się w efekcie na jej wyższą jakość.

**Abstract.** Pulsed Electric Field (PEF) technology is increasingly being utilized in the development of new food industry technologies. PEF is applied, among others, in assisting processes such as extraction, drying, freezing, and inactivating harmful microorganisms. The aim of this study was to analyze the effects of pulsed electric fields with different parameters on photon emission from rapeseed and sunflower oils. Ultra-weak luminescence appears to be a complementary method for assessing the quality of food products, as photon content, according to various research hypotheses, may be linked to enhanced structuring and processes within the human body, ultimately translating to higher food quality (**The effect of PEF on photon content in selected edible oils**).

**Słowa kluczowe:** Pulsacyjne pole elektryczne (PEF), ultra słaba luminescencja, ilość fotonów, jakość żywności.

**Keywords:** Pulsacyjne pole elektryczne (PEF), ultra słaba luminescencja, ilość fotonów, jakość żywności.

### Wstęp

Oddziaływanie na produkty wykorzystujące (PEF) pulsacyjne pole elektryczne jest techniką przyjazną dla środowiska, która może być skutecznie stosowana w wielu aplikacjach związanych z przetwarzaniem żywności, takich jak inaktywacja mikroorganizmów czy enzymów, odzyskiwanie związków bioaktywnych, odwadnianie i zamrażanie i poprawianie jakości oraz wiele innych [1-5].

Człowiek potrzebuje 49 składników odżywczych (wody, białka składającego się z aminokwasów, kwasów tłuszczowych, mikro- i makroelementów oraz witamin) do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Niedostateczne spożywanie co najmniej jednego składnika prowadzi do poważnych zaburzeń metabolicznych, złego stanu zdrowia, zahamowania rozwoju u dzieci i generuje wysokie koszty ekonomiczne dla całego społeczeństwa [6]. Odpowiedzią na ten problem może być produkcja żywności funkcjonalnej uzupełnionej o składniki pokarmowe. Wzbogacanie żywności o składniki odżywcze dozwolone jest we wszystkich krajach Unii Europejskiej [7].

Tradycyjne metody przetwarzania żywności nie umożliwiają zachowania wymaganych cech organoleptycznych wraz ze składnikami odżywczymi. Producent żywności w chwili obecnej mają możliwość korzystania z szybkich metod obróbki, które ograniczają do minimum utratę wartości odżywczych produktów, do jednej z tych metod należy pulsujące pole elektryczne (PEF). Jest to technologia uważana za alternatywę dla tradycyjnych metod obróbki termicznej, zyskująca coraz bardziej na popularności [8]. Zastosowane napięcie (PEF) powoduje powstanie wysokiego pola elektrycznego, które doprowadza do rozbicia błon komórkowych produktu na które oddziałuje [9-10].

Przeprowadzone badania potwierdziły działanie PEF na rozbicie komórek olejów spożywczych, co powodowało uwalnianie fotonów zawartych w komórkach. Zwiększając napięcie oddziaływania i czas oddziaływania następowało zmniejszenie ilości emitowanych fotonów z próbek oleju rzepakowego i słonecznikowego.

Jedną z koncepcji badania jakości żywności ekologicznej jest pomiar emisji fotonów emitowanych z produktów spożywczych, która coraz bardziej zyskuje na popularności. Pomiar emisji fotonów stał się możliwy dzięki

temu, że wszystkie organizmy żywe stale emitują słabe światło zwane luminescencją, z tej przyczyny dowiedziono, że produkty o wyższej jakości mają większą zdolność do kumulowania światła. Zatem jakość żywności jest zależna od skumulowanej energii świetlnej w postaci fotonów [11-14]. Jest to nowa metoda pozwalająca na ocenę jakości żywności w szczególności po kątem jej stopnia przetworzenia.

Badania w pracy dotyczyły pomiaru emisji fotonów z oleju słonecznikowego oraz oleju rzepakowego poddanego wcześniej oddziaływaniu PEF w różnych konfiguracjach. Zmianom ulegało wartość napięcia oddziaływania, czas trwania pojedynczego impulsu jak również ilość impulsów w czasie. Urządzenia wykorzystane do badań znajdują się na wyposażeniu Katedry Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie na Wydziale Inżynierii Produkcji i Energetyki oraz Centrum Innowacji oraz Badań Prozdrowotnej i Bezpiecznej Żywności, Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.

### Materiały i metody

Każdy olej został poddany oddziaływaniom PEF o różnych zakresach napięć, ilości impulsów oraz ich szerokości. Ostatecznie otrzymano 28 próbek oleju rzepakowego oraz 28 próbek oleju słonecznikowego, gdzie próbki „0” były próbkami kontrolnymi, niepoddanymi oddziaływaniu. Napięcia, jakim próbki były poddawane wynosiły kolejno: 5 kV, 15 kV oraz 20 kV. Szerokości impulsów wynosiły 1  $\mu$ s, 5  $\mu$ s lub 10  $\mu$ s, a ich ilość równała się 100, 150 lub 200 impulsów. Każda próbka charakteryzowała się zmianą przynajmniej jednego parametru, dzięki czemu otrzymano 27 próbek każdego oleju poddanego oddziaływaniom PEF.

Podstawową zasadą oddziaływania PEF (Pulsed Electric Field) jest stosowanie krótkich impulsów pól elektrycznych o wysokim potencjale rzędu 10-80 kV/cm (na omawianym stanowisku do 56 kV) z czasem trwania od mikrosekund do milisekund. Proces jest oparty na oddziaływaniu elektrycznych impulsowych prądów dostarczanych do produktu wprowadzanego między zestaw elektrod; gdzie odległość między elektrodami jest określana jako obszar roboczy komory PEF (rys. 1). Stosowane napięcie powoduje powstanie wysokiego pola

elektrycznego. Kształt impulsu podczas oddziaływań PEF. Techniczne parametry urządzenia ScandiNova M100 będącego na wyposażeniu laboratorium fizycznych modyfikacji w Centrum Innowacji oraz Badań Prozdrowotnej i Bezpiecznej Żywności, Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie:

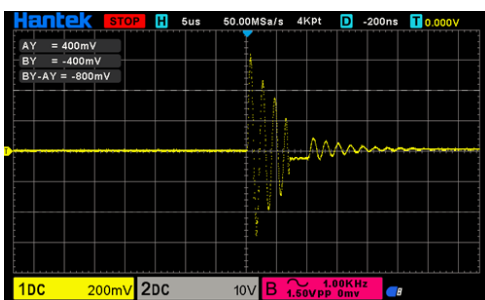
- szerokość impulsu oddziaływania od 1  $\mu$ s do 10  $\mu$ s.
- zakres napięcia oddziaływania od 2 kV do 56 kV
- częstotliwość podawania impulsów od 0.2 Hz do 100 Hz
- ilość impulsów od 1 do 1000 szt.
- maksymalna częstotliwość impulsów równa 1Hz.
- celka sterylizacyjna stacjonarna o pojemności 200 ml,



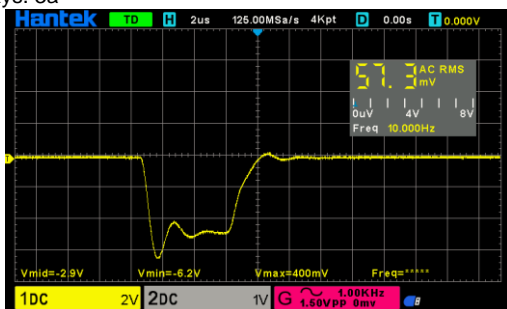
Rys. 1. Widok komory oddziaływania PEF wraz z rejestracją impulsu na oscyloskopie



Rys. 2. Widok Modulatora PEF

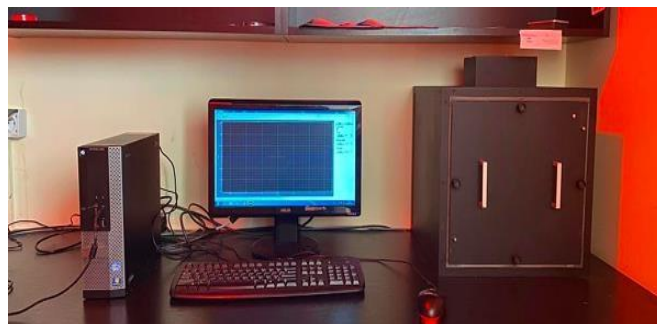


Rys. 3a



Rys. 3. a,b. Przebieg napięcia oddziaływań w różnych wariantach ustawień urządzenia ScandiNova M100

Celem badań była ocena zastosowania oddziaływania PEF na olei w odniesieniu do emisji fotonów rejestrowanych przez laboratoryjne stanowisko do pomiarów ultrasłabej luminescencji wtórnej. Badania przeprowadzono w laboratorium posiadającym akredytację PCA na stanowisku do badań ultrasłabej emisji fotonowej (rys. 4) w zakresie 20-500 szt./min znajdującego się na wyposażeniu Laboratorium Eksperymentalnych Technik Badawczych Surowców i Produktów Biologicznych. Laboratorium w oparciu o własną procedurę badawczą uzyskało na metodę akredytację PCA AB 1698.



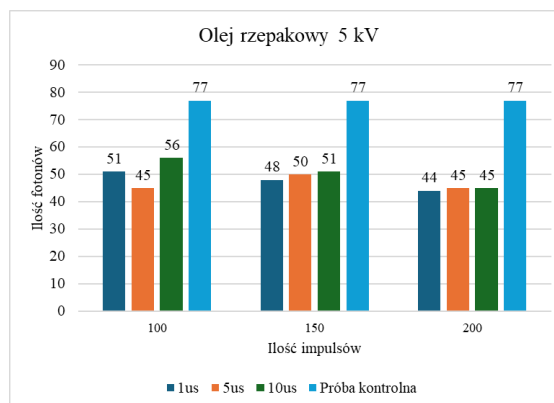
Rys. 4. Stanowisko pomiarowe do badania ultrasłabej emisji fotonowej

Jednym z etapów badań był pomiar poziomu klarowności olejów za pomocą Densytometru DEN-1B, specjalistycznego urządzenia pozwalającego określić stopień zmętnienia zawiesin holowi komórkowych w cieczach. Jednostką stosowaną przy tych pomiarach są McFarlandy [McF], a ich zakres obejmuje 0,00-15,00McF (od 0 do  $1,80 \times 10^9$  komórek  $ml^{-1}$ ). Zalecana wartość zmętnienia powinna zawierać się w przedziale od 0,00 do 6,00 McF.

Przykładowe wykresy uzyskane w trakcie pomiarów dla napięcia 15 kV na przestawiono rys. 11 i rys. 12. Wnioski z tych badań zostały zaprezentowane w podsumowaniu

## Wyniki

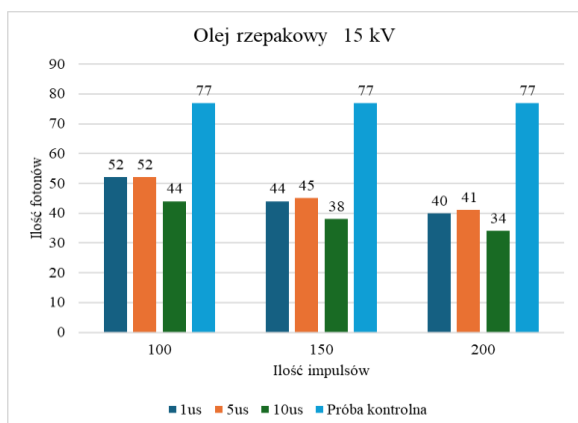
Zbadano wpływ oddziaływania pulsacyjnego pola elektrycznego o różnych wartościach napięcia elektrycznego i różnej liczbie impulsów elektrycznych na próbki oleju rzepakowego i słonecznikowego. Uzyskane wyniki zaprezentowano na kolejnych rysunkach



Rysunek 5. Ilość fotonów emitowanych w oleju rzepakowym przy napięciu PEF 5 kV

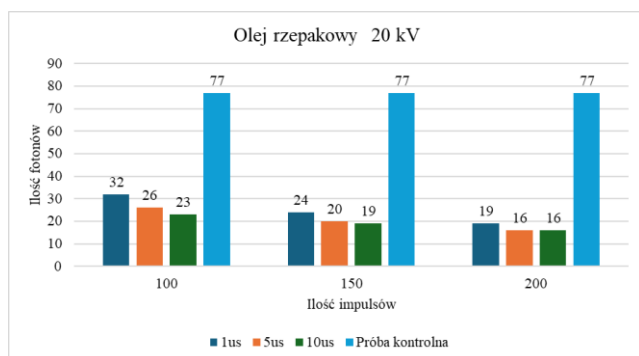
Z analizy danych przedstawionych na wykresie (rys.5) wynika, że największą liczbę fotonów emituje olej rzepakowy poddany oddziaływaniu PEF (przy napięciu 5 kV), gdzie liczba impulsów wynosiła 100, a ich szerokość

10  $\mu$ s. Przy tych parametrach wskazana próbka emitowała o 27% mniej fotonów, niż próbka niepoddana oddziaływaniom Pulsacyjnego Pola Elektrycznego. Natomiast próbką wykazującą największy spadek emisji fotonowej po oddziaływaniu PEF jest próbka z następującymi parametrami: 200 impulsów oraz 1  $\mu$ s. Liczba fotonów w porównaniu do próbki kontrolnej zmalała o 43%.



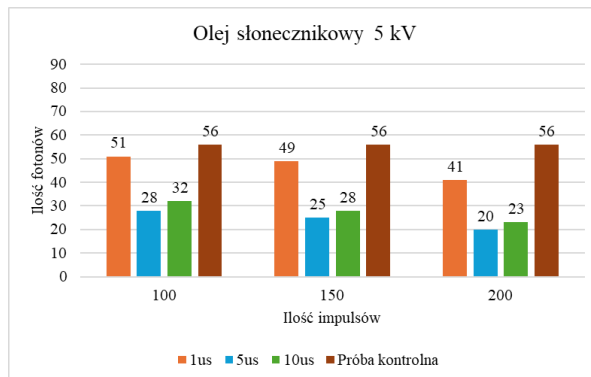
Rysunek 6. Ilość fotonów emitowanych w oleju rzepakowym przy napięciu PEF 15 kV

Na wykresie rys. 6 gdzie przedstawiono wyniki badań dla oddziaływania napięcia PEF 15 kV próbek oleju rzepakowego, gdzie zastosowano 100 impulsów oraz 1 i 5  $\mu$ s wykazały największą liczbę emitowanych fotonów, a ich spadek wynosił 32% w stosunku do próby kontrolnej. Najmniejszą liczbą fotonów z 56% spadkiem charakteryzowała się próbka z 200 impulsami oraz szerokością impulsu wynoszącą 10  $\mu$ s.



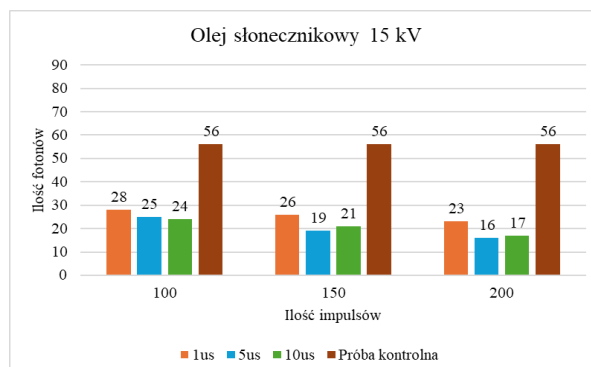
Rysunek 7. Ilość fotonów emitowanych w oleju rzepakowym przy napięciu PEF 20 kV

W przypadku oleju rzepakowego poddanego oddziaływaniom PEF pod napięciem wynoszącym 20 kV (rys. 7) największą ilość fotonów emitowała próbka ze 100 impulsami, każdy o szerokości 1  $\mu$ s. próbka charakteryzowała się 58% spadkiem ilości fotonów w stosunku do próbki kontrolnej. Natomiast najmniejszą liczbą fotonów po zastosowaniu PEF odznaczały się 2 próbki, gdzie liczba ich impulsów wynosiła 200, a ich szerokości kolejno: 1  $\mu$ s oraz 5  $\mu$ s. Porównując z próbą kontrolną, liczba fotonów w tych próbkach zmalała aż o 79%.



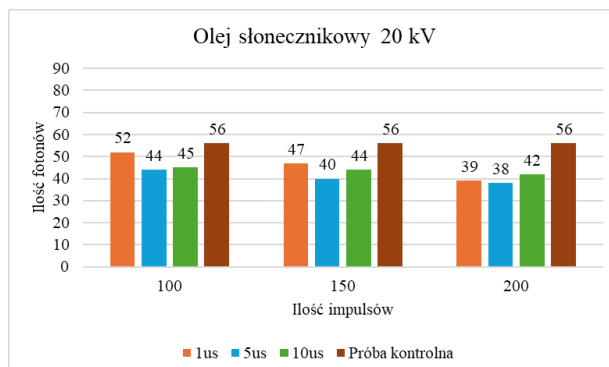
Rysunek 8. Ilość fotonów emitowanych w oleju słonecznikowym przy napięciu PEF 5 kV

Interpretacja danych zamieszczonych na rysunku 8 pokazuje, że oddziaływanie Pulsacyjnego Pola Elektrycznego o parametrach 5 kV, 100 impulsów oraz 1  $\mu$ s skutkowało uzyskaniem próbki charakteryzującej się zaledwie 9% spadkiem liczby fotonów w stosunku do liczby fotonów emitowanych przez próbę kontrolną. Największym spadkiem liczby fotonów wynoszącym 63% charakteryzowała się próbka o napięciu 5kV, 200 impulsach oraz szerokości impulsu wynoszącej 5  $\mu$ s.



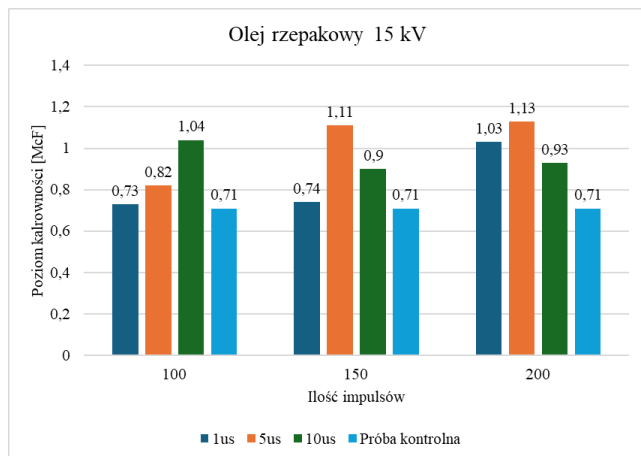
Rysunek 9. Ilość fotonów emitowanych w oleju słonecznikowym przy napięciu PEF 15 kV

Analizując dane zamieszczone na wykresie (rys. 9) przedstawiającym próbki oleju słonecznikowego poddane oddziaływaniom PEF przy napięciu 15 kV można stwierdzić, że próbką o najwyższej liczbie fotonów jest próbka poddana 100 impulsom o szerokości 1  $\mu$ s. Próbka ta emitowała dokładnie 50% mniej fotonów, niż próbka kontrolna. Najmniejszą ilością fotonów charakteryzowała się próbka o parametrach 5  $\mu$ s i 200 impulsów. Generowała ona spadek liczby fotonów o 71%.

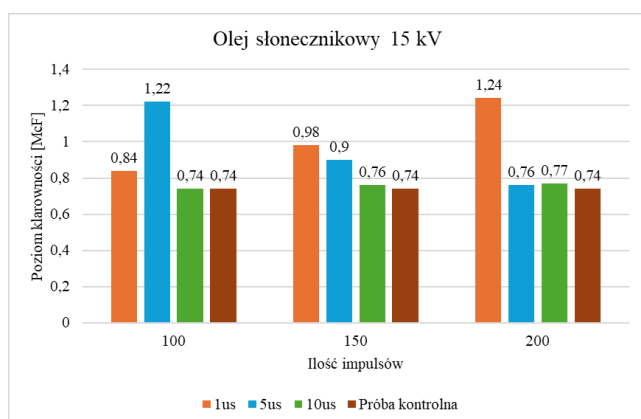


Rysunek 10. Ilość fotonów emitowanych w oleju słonecznikowym przy napięciu PEF 20 kV

Wykres (rys. 10) przedstawia wyniki uzyskane po poddaniu próbek oleju słonecznikowego oddziaływaniom PEF o napięciu 20 kV. Próbką wyróżniającą się największą liczbą emitowanych fotonów była próbka, dla której zastosowano 100 impulsów przy szerokości impulsu wynoszącej 1  $\mu$ s. W tym przypadku spadek fotonów w porównaniu do próby kontrolnej wynosił 7%. Natomiast próbką emitującą najmniej fotonów była próbka poddana 200 impulsom o szerokości 5  $\mu$ s, spadek wyniósł 32%.



Rysunek 11. Poziom klarowności dla oleju rzepakowego przy napięciu PEF 15 kV



Rysunek 12. Poziom klarowności dla oleju słonecznikowego przy napięciu PEF 15 kV

## Podsumowanie

Olej rzepakowy niepoddany oddziaływaniu PEF charakteryzuje się większą ilością zawartości fotonów w stosunku do oleju słonecznikowego. W oleju rzepakowym jest większa zawartość kwasów Omega-3 niż w oleju słonecznikowym. Porównując zawartość witamin, olej słonecznikowy ma w sobie więcej witaminy E, olej rzepakowy zaś o wiele więcej witaminy A i K.

Zastosowanie PEF powoduje zmniejszenie ilości fotonów zarówno w oleju rzepakowym, jak również w słonecznikowym, co jest zgodne z założeniami teoretycznymi emisji fotonów. Wynika to z faktu, że PEF stabilizuje oleje poprzez ograniczenie reakcji oksydacyjnych, które są głównym źródłem emisji fotonów. Poprzez inaktywację enzymów i stabilizację struktury olejów, zmniejsza intensywność tych reakcji, co skutkuje mniejszą emisją fotonów.

Oddziaływanie na olej PEF powoduje zwiększenie jego klarowności. W oleju rzepakowym największe zwiększenie

poziomu klarowności zmierzono w próbce poddanej oddziaływaniu napięcia 15 kV, gdzie szerokość impulsu wynosiła 5  $\mu$ s, a ich liczba równała się 200.

Badanie klarowności oleju słonecznikowego wykazało że zwiększeniem wzrostu poziomu klarowności charakteryzowały się próbka oleju słonecznikowego poddana 200 impulsom, przy napięciu 15 kV i szerokości impulsu 1  $\mu$ s.

**Autor:** dr inż. Tomasz Drózd, prof. URK Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Balicka 116B, 30-149 Kraków, E-mail: tomasz.drozd@urk.edu.pl; dr inż.

## LITERATURA

- [1] Arshad, R. N., Abdul-Malek, Z., Munir, A., Buntat, Z., Ahmad, M. H., Jusoh, Y. M. M., ... Aadil, R. M. (2020). Electrical systems for pulsed electric field applications in the food industry: An engineering perspective. *Trends in Food Science & Technology*. doi:10.1016/j.tifs.2020.07.008
- [2] Jabłońska, B., Kielbasa, P., Korenko, M., & Drózd, T. (2019). Physical and Chemical Properties of Waste from PET Bottles Washing as A Component of Solid Fuels. *Energies*, 12(11), 2197. doi:10.3390/en12112197
- [3] Oziębłowski, M., Drozd, M., Kielbasa, P., Drozd, T., Gliniak, M., Nawara, P., Ostafin, M. (2017). Impact of pulsed electric field on the quality of unpasteurized beer. 2017 Progress in Applied Electrical Engineering (PAEE). doi:10.1109/paee.2017.8009011
- [4] Oziębłowski, M., Drozd, T., Nawara, P., Nęcka K., Lis S., Kielbasa P., Tomasik M., Ostafin M. Synergiczne oddziaływanie Pulsacyjnych Pól Elektrycznych (PEF) oraz innych metod na płynne produkty spożywcze, *Przegląd Elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097, R. 92 NR 12/2016, 121-124
- [5] Korzeniewska, E., Szczęsny, A., Lipiński, P., Drózd, T., Kielbasa, P., & Miernik, A. (2020). Prototype of a Textronic Sensor Created with a Physical Vacuum Deposition Process for *Staphylococcus aureus* Detection. *Sensors*, 21(1), 183
- [6] Welch, R.M, Graham, R.D. (2004). Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. *Journal of Experimental Botany*, 55 353-356.
- [7] Godfrey, D., Tennant, D., Davidson, J. (2004). The impact of fortified foods on total dietary consumption in Europe. *Nutrition Bulletin*, 29, 188-198.
- [8] Krzysztofik, B. (red.). (2015). *Metody zabezpieczania i utrwalania surowców oraz produktów żywnościowych – studium przypadku*. Kraków, Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej.
- [9] Gałązka-Czarnecka, I.; Korzeniewska, E.; Czarnecki, A.; Kielbasa, P.; Drózd, T. Modelling of Carotenoids Content in Red Clover Sprouts Using Light of Different Wavelength and Pulsed Electric Field. *Appl. Sci.* **2020**, *10*, 4143. <https://doi.org/10.3390/app10124143>
- [10] Gałązka-Czarnecka, I.; Korzeniewska, E.; Politowski, K. Modification of polyphenol content in wines using pulsed electric field, *Przegląd Elektrotechniczny* 2019, 95 (1) 89-92, doi: 10.15199/48.2019.01.23
- [11] Trzyniec, K., Popardowski, E., Juliszewski, T., Baran, D., Miernik, A., (2019). Wykorzystanie ultrasłabej emisji fotonowej do klasyfikacji i oceny jakości czekolad. *Przegląd Elektrotechniczny*. ISSN 0033-2097, R. 95 Nr 12/2019
- [12] Oziębłowski, M., Drózd, M., Kielbasa, P., Drózd, T., Gąsior, A., Nawara, P., Tabor, S. (2017). Ultra słaba luminescencja (USL) jako potencjalna metoda oceny jakości żywności tradycyjnej. *Przegląd Elektrotechniczny*, R. 93, Nr 12/2017.
- [13] Oziębłowski, M., Drózd, T., Kurytnik, I. P., Bobak, Ł., (2014). Effect of Pulsed Electric Field strength and number of pulses on fatty acid profile of liquid whole egg.
- [14] Oziębłowski, M., Maksimowski, D., Miernik, A., Tabor, S., Nawirska-Olszańska, A., Trenka, M. (2020). Wpływ pulsacyjnego pola elektrycznego (PEF) na parametry ultrasłabej luminescencji oraz redukcję liczby komórek wybranych drobnoustrojów w ekstraktach kawy typu cold brew. *Przegląd Elektrotechniczny*, R. 96, Nr 1/2020.